



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

---

Fakultät Bauingenieurwesen Institut für Stahl- und Holzbau

Professur für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen

---

Peer Haller

Christoph Helmbach

Yu-hsiang Yeh

## **BAUWEISEN - KONSTRUKTIONEN - TRAGWERKE UND VERBINDUNGSKONZEPTE**

Abschlussunterlagen zum Forschungsprojekt,  
gefördert unter dem Az: 28213-25 und 28213/02-25  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Dresden, 2013

*gefördert durch*



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)





06/02		<b>Projektkenblatt</b>		<b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>			
Az	<b>28213-25</b> <b>28213/02-25</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme		<b>124.800,00 €</b>	
				Nachbewilligung		<b>25.000,00 €</b>	
<b>Antragstitel</b>		<b>Analyse verschiedener Bauweisen, Konstruktions- und Tragwerkstypen sowie deren Detail- und Verbindungskonzepte an ausgewählten Bauwerken</b>					
<b>Stichworte</b>							
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende		Projektphase(n)	
<b>2 Jahre + 6 Monate</b>		<b>01.06.2010</b>		<b>31.01.2013</b>			
1. Zwischenbericht		2. Zwischenbericht		3. Zwischenbericht		Verlängerungsantrag	
Dezember 2010		Juni 2011		Dezember 2011		Mai 2012	
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Technische Universität Dresden					Tel 0351 – 463 36305	
	Institut für Stahl- und Holzbau					Fax 0351 – 463 36306	
	Professur für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen					Projektleitung	
	01062 Dresden					Prof. Dr.-Ing. Peer Haller	
						Dipl.-Ing. Christoph Helmbach	
<b>Kooperationspartner</b>	BCN – Bois Consult Natterer SA		Route de la Gare 10				
	Prof. Julius Natterer		CH-1163 Etoy				
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>							
<p>Der nachwachsende Rohstoff Holz ist bei einer an Nachhaltigkeit orientierten Betrachtungsweise der einzige der im Rohbau üblicherweise verwendeten Baustoffe mit einer neutralen CO<sub>2</sub> – Bilanz. Das verpflichtet uns, ihn verstärkt als Baustoff einzusetzen und somit einen Beitrag zur Erhaltung und nachhaltigen Gestaltung unserer Umwelt zu leisten. Der Anteil des Holzers als tragendes Baumaterial am gesamten Bauvolumen ist derzeit äußerst gering, zugleich wird aber nur ein Teil des jährlichen Holzzuwachses genutzt. Entsprechende Kapazitäten für eine verstärkte Nutzung sind also vorhanden. Mit dem Vorhaben sollen verschiedene Bauweisen, Konstruktions- und Tragwerkstypen sowie deren Anschluss- und Verbindungstechniken an ausgewählten bereits realisierten Bauwerken untersucht werden, um geeignete Lösungen aufzuzeigen, die eine breitere und umfangreichere Anwendung des Baustoffes Holz unterstützen. Dafür ist es notwendig, entsprechende Daten zu erfassen, zu systematisieren und auszuwerten. So werden Grundlagen geschaffen, Kenntnisse und Informationen aus bereits realisierten Bauvorhaben für zukünftige Planungsaufgaben praktisch tätiger Architekten und Ingenieure zur Verfügung zu stellen.</p>							
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>							
<p>An ausgewählten Ingenieurholzbauwerken sollen verschiedene Bauweisen, Konstruktions- und Tragwerkstypen und die darin angewendeten Anschluss- und Verbindungskonzepte aufgezeigt werden. Weiterführend soll der vorhandene heutige Bauwerkszustand untersucht, beurteilt und soweit möglich mit den Planungsunterlagen und dem Zustand bei der Errichtung verglichen werden. Wichtiges Kriterium ist dabei die Dauerhaftigkeit und Robustheit einer ganzen Konstruktion und seiner Detailausbildung. Projekte und zugehörige Projektunterlagen werden aus dem Archiv von Bois Consult Natterer SA erfasst und für die Untersuchungen geeignete Projekte ausgewählt und aufgenommen (Aufnahme von Projektdaten; teilweise erforderliche statische Untersuchung der Tragkonstruktion und seiner Verbindungen; Aufarbeitung und Neuerstellung unzureichend vorhandener Konstruktions- und Detailpläne; Bearbeitung von Foto- und Bildmaterial). Weiterhin sollen die aufgenommenen Daten systematisiert und strukturiert werden. Als besonders wichtig sind auch die durchzuführenden Besichtigungen und Ortsbegehungen der ausgewählten Projekte anzusehen, um den Ist-Zustand zu erfassen.</p>							
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a>							

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Anwendung verschiedener Konstruktions- und Tragwerkstypen und der darin angewendeten Anschluss- und Verbindungskonzepte sollte an ausgewählten Holzbauwerken verschiedener Arten aufgezeigt werden.

Im Rahmen der Projektbearbeitung konnten alle Arbeitspositionen bearbeitet werden. Infolge der Menge und Art der vorhandenen Unterlagen (größtenteils in Form von Dias und Papierunterlagen) ließen sich die einzelnen Arbeitspositionen nicht umfassend bis ins Detail bearbeiten. Andererseits wurden die Ausarbeitungen in anderen Punkten umfangreicher erfolgen.

Es erfolgte eine Gliederung zu unterschiedlichen Tragwerkstypen im Holzbau. Diese Gliederung bzw. Strukturierung diente der Auswahl und Einteilung der aufgenommenen Holzbauwerke. So konnten 100 Bauwerke in einer Tabelle übersichtlich zusammengestellt werden. Zu jedem Bauwerk sind die wichtigen Informationen kurz und prägnant notiert (Standort, Zweck, Tragwerk und eingesetzte Verbindungsmittel). 50 dieser zusammengetragenen Bauwerke sind durch Bauwerksbeschreibungen mit Bild und Text hinsichtlich Konstruktion und Verbindungen detaillierter beschrieben.

In Feldstudien wurden etwa 30 Bauwerke besichtigt und ihr momentaner Zustand erfasst. Die besichtigten Bauwerke befanden sich z.T. in sehr gutem aber auch weniger gutem Zustand oder mussten sogar in den vergangenen Jahren saniert und instand gesetzt werden. Die Informationen hierzu wurden im Rahmen der Besichtigung und in Gesprächen mit den Bauwerksbetreibern zusammengetragen. Zu den Bauwerksbesichtigungen wurde eine entsprechende Dokumentation (Text und Bild) erstellt.

Ein Feld in dem Holzkonstruktionen derzeit kaum eine Rolle spielen, die aber großes Potenzial für eine verstärkte Anwendung bietet, ist der Bereich des mehrgeschossigen urbanen Bauens. Der Anteil des Holzes ist hier verschwindend gering, die Möglichkeiten nicht erneuerbare Ressourcen bzw. Baustoffe zu substituieren und auch umweltbelastende Herstellungsverfahren von Baustoffen zu reduzieren (z.B. Stahl, Beton) sind groß. Das mehrgeschossige Bauen im städtischen Bereich stellt dabei einen der größten Bausektoren. Dieses Thema wird in einem Abschnitt in den Abschlussunterlagen ebenfalls aufgegriffen. Der Wohnungsbau, ob nun im Bereich der Einfamilienhäuser oder der Mehrgeschosser, bietet ein Anwendungsgebiet für Holz im Bauwesen mit hohem Wiederholungsgrad.

Mit diesem Forschungsprojekt wurden wie geplant Grundlagen geschaffen, Ergebnisse aus bautechnischer Forschung und vor allem aus bereits baupraktisch Angewendetem für weitere Bereiche und eine breitere Anwendung in der Praxis zur Verfügung zu stellen. Die Unterlagen zeigen verschiedene für den Holzbau geeignete Bau- und Konstruktionsweisen sowie deren Anschluss- und Verbindungslösungen. Gestaltungs- und Leistungsmöglichkeiten von Konstruktionen aus Holz werden verdeutlicht.

Die geschaffenen Grundlagen ließen sich noch erweitern und sehr viel umfangreichere Auswertungen hinsichtlich Robustheit, Dauerhaftigkeit und Eignung von Bauwerken aus Holz durchführen, womit potenzielle Einsatzgebiete für den nachwachsenden Roh- und Baustoff Holz gezielter und effektiver abgesteckt werden können. Auf dieser Arbeit aufbauend, lässt sich hier mit weiterführenden Forschungsarbeiten ansetzen

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Über entsprechende Wege wie Publikationen oder auch eine Ausstellung wird versucht die erarbeiteten Unterlagen und Ergebnisse zu veröffentlichen und zu verbreiten.

### **Fazit**

Das Forschungsprojekt ist aus unserer Sicht als sehr wichtig einzustufen. Möchte man schonend mit unserer Umwelt umgehen und einen nachhaltigen und umweltschonenden Weg beschreiten, so muss der Bausektor seinen Anteil dazu beisteuern. Hierzu müssen umweltschonendere Verfahren und Materialien eingesetzt werden und nicht erneuerbare Ressourcen oder Materialien soweit möglich substituiert werden. Hier sehen wir große Chancen für den Baustoff Holz, dessen Möglichkeiten derzeit bei weitem nicht ausgeschöpft sind und der zu Stahl oder Beton eine alternative darstellt. Entwicklungen hierzu müssen vorangetrieben werden und bereits entwickelte Lösungen müssen intensiver genutzt werden. Holz bietet die Möglichkeiten hierfür.





## Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt .....	I
Inhaltsverzeichnis .....	V
1 Systematisches Konstruieren mit Holz: Material und Technik .....	1
1.1 Julius Natterer und seine Zeit .....	2
1.2 Wandel und Tendenz im Holzbau .....	2
1.2.1 Material.....	2
1.2.2 Werkzeuge.....	3
1.2.3 Hilfsmittel.....	4
1.3 Rahmenbedingungen: Umwelt und Markt.....	4
1.4 Persönlichkeit .....	6
2 Material .....	7
2.1 Allgemein.....	7
2.2 Rund- und Schnittholz .....	7
2.3 Brettschichtholz .....	7
3 Querschnitt .....	9
4 Verbindung .....	10
4.1 Grundsätze.....	10
4.2 Geschichtlicher Rückblick.....	10
4.3 Die Entwicklung der Verbindung .....	12
4.3.1 Kraftübertragung über Kontakt .....	12
4.3.2 Kraftübertragung über Scherung.....	12
5 Bauweisen .....	14
5.1 Brettstapelbauweise .....	14
5.2 Verbundbauweisen .....	14
5.2.1 Holz-Beton-Verbund.....	15
5.2.2 Holz-Glas-Verbund .....	15
5.2.3 Holz-Faser-Verstärkung.....	16
5.3 Brettstapelschalen .....	18
6 Beispiele .....	20
6.1 Eingeleimte Gewindestange.....	20
6.2 Gelenkbolzen .....	20
6.3 Druckknoten Beton und Sperrholz .....	21

6.4 Mechanische Verbunde .....	22
6.5 Holz-Beton-Verbund .....	23
6.6 Sortierung.....	24
6.7 Brettschichtholz und Keilzinkung.....	25
6.8 Systematisches Konstruieren Expertensysteme.....	25
6.9 Holz-Glasbauweisen neue Energiekonzepte.....	26
6.10 Brettstapelbauweise .....	27
6.11 Leichtbeton .....	28
6.12 Flächentragwerke .....	29
6.13 Faserbewehrung.....	30
7 Bauwerksliste.....	32
7.1 Gebäude Wohnungsbau, hölzerne Dachtragwerke von Gebäuden .....	34
7.2 Hallen.....	43
7.3 Brücken.....	51
7.4 Sonderbauwerke.....	54
8 Bauwerke im Beschrieb.....	57
8.1 Gebäude: Wohnungsbau, Hausbau, Häuser in Holzbauweise.....	57
8.1.1 Holzfachschule in Bad Wildungen.....	57
8.1.2 Ferienhaus für geistig behinderte Menschen in Genolier.....	58
8.1.3 Umbau eines Stadts zum Wohnhaus in Etoy .....	60
8.1.4 Neubau eines Wohnhauses in Clarens.....	61
8.1.5 Sonderschule Blumenhaus in Kyburg - Buchegg .....	62
8.1.6 Mehrfamilien-Wohnanlage in Schaanwald .....	64
8.1.7 Primarschule in Triesenberg .....	65
8.1.8 Schule in Wildpoldsried .....	67
8.1.9 Mehrgeschossiges Wohnhaus in Freiburg - Rieselfeld .....	68
8.1.10 Reihenhäuser Obere Widen in Arlesheim .....	69
8.1.11 Einfamilienhaus Guisan in La Tour-de-Peilz.....	70
8.1.12 Eine-Welt-Kirche in Schneverdingen.....	71
8.1.13 Wildniscamp am Falkenstein im Bayerischen Wald .....	73
8.1.14 Hotel Palafitte in Monruz .....	76
8.1.15 Kirche in Heiligenstadt.....	77
8.1.16 Haus der Nachhaltigkeit in Johanniskreuz .....	78
8.1.17 CHAMPINI Sport – und Kindertagesstätte mit Turnhalle in Mögeldorf .....	79
8.1.18 Mehrgeschossiges Wohnhaus in Berlin - Prenzlauer Berg .....	80

8.1.19 Anbau Brüder-Grimm-Schule in Brakel.....	82
8.1.20 Anbau Einfamilienhaus der Familie Zinth in Windberg.....	83
8.2 Gebäude: hölzerne Dachtragwerke .....	85
8.2.1 Dach der Mensa der TU – München.....	85
8.2.2 Dach der Mensa der Universität Bayreuth.....	86
8.2.3 Truppenunterkunft in La Lécherette.....	87
8.2.4 Dach der Autobahnraststätte in Niederurnen .....	88
8.2.5 „Haus des Handwerks“ in Ober - Ramstadt.....	89
8.2.6 Kindergarten in Triesen.....	91
8.3 Hallen.....	93
8.3.1 Eissporthalle in Grefrath .....	93
8.3.2 Hängedach der Recyclinganlage in Wien.....	94
8.3.3 Sportanlagen in Verbier – Eissporthalle und Schwimmhalle .....	97
8.3.4 Sporthalle in Eching / Deutschland.....	99
8.3.5 Kurfürstenbad in Amberg.....	100
8.3.6 Dach der Streusalzlagerhalle in Lausanne.....	101
8.3.7 „Polydôme“ in Lausanne.....	102
8.3.8 Turnhalle in Arlesheim .....	103
8.3.9 Reithalle Mehrow-Trappenfelde .....	104
8.3.10 Einfache Turnhalle in Sisikon .....	105
8.3.11 Werfthalle zum Bau einer Galeere in Morges .....	107
8.3.12 Therapiehalle des „Health Balance“ in Oberuzwil .....	108
8.3.13 Konzerthalle „Zénith“ in Limoges .....	109
8.4 Brücken.....	111
8.4.1 Fußgängerbrücke über die Dranse bei Martigny .....	111
8.4.2 Brücke über den Doubs bei Ravines .....	112
8.4.3 Fußgängerbrücke über die N9 bei Vallorbe.....	113
8.4.4 Brücke über die Simme bei Wimmis.....	114
8.4.5 Schwerlastbrücke in Le Sentier .....	116
8.4.6 Fischbrücke Neutraubling bei Regensburg.....	117
8.4.7 Naturbeobachtungssteg in Wiesenfelden .....	118
8.5 Sonderbauwerke .....	120
8.5.1 Schale zur Bau68 in München.....	120
8.5.2 Pavillon für die Gartenschau in Dortmund .....	121
8.5.3 Freilichttribüne Altusried .....	122

8.5.4 EXPO – Dach auf dem Messegelände Hannover .....	123
8.5.5 Aussichtsturm Sauvabelin in Lausanne .....	125
8.5.6 Aussichtsturm in Wil .....	126
8.5.7 Wisentbeobachtungsturm Hammerhof im Kreis Höxter .....	127
9 Dokumentation Bauwerksbesichtigungen .....	129
9.1 Wohnungsbau / Hausbau .....	130
9.1.1 Etoy – Umbau eines Stadels 1988-1989 CH.....	130
9.1.2 Genolier - Ferienhaus für behinderte Menschen 1988 CH .....	131
9.1.3 Monruz - Hotel Palafitte 2002 CH .....	134
9.1.4 Bayreuth - Dach der TU Mensa 1981 D.....	135
9.1.5 Zwiesel - Jugendcamp am Falkenstein 2001 D .....	136
9.1.6 Dießen - Bootshaus und Segelclubgebäude 1978 D.....	142
9.1.7 Johanniskreuz - Haus der Nachhaltigkeit 2003/04 D.....	145
9.1.8 Ober-Ramstadt - Haus des Handwerks 1996 D .....	148
9.2 Hallen.....	149
9.2.1 Selb - Eissporthalle 1978 D.....	149
9.2.2 Deggendorf - Eissporthalle 1973 D.....	150
9.2.3 Verbier – Eislaufhalle 1983 CH .....	152
9.2.4 Verbier – Schwimmhalle 1983 CH .....	154
9.2.5 Nürnberg – Messehallen 1974 D.....	156
9.2.6 Amberg – Schwimmbad 1989 D.....	157
9.2.7 Lausanne Salzlagerhalle CH .....	160
9.2.8 Mehrow-Trappenfelde Reithalle 1997 D .....	161
9.2.9 Kleinmachnow – Sporthalle Steinweg-Grundschule 1997 D .....	164
9.2.10 Lausanne – Polydome 1991 CH .....	167
9.3 Brücken/Stege .....	169
9.3.1 Martigny – Brücke über die Dranse 1983 CH.....	169
9.3.2 Wimmis – Brücke über die Simme 1989 CH.....	171
9.3.3 Vallorbe – Brücke über die Bundesstraße N9 1989 CH .....	173
9.3.4 Amberg – Lederersteg 1978 D .....	176
9.3.5 Neutraubling – Fischbrücke über die Ortsumgehungstraße 2001 D .....	177
9.3.6 Wiesenfelden – Naturbeobachtungssteg (2002 D) .....	180
9.3.7 Kerzers – Holz-Beton-Verbundbrücken über die Erli (1991 CH).....	182
9.3.8 Le Sentier – Holz-Beton-Verbundbrücke über die L’Orbe (1991 CH).....	185
9.3.9 Ravines – Brücke über die Doubs (1989 CH).....	188

9.4 Sonderkonstruktionen .....	191
9.4.1 Lausanne – Turm Sauvabelin (2003 CH) .....	191
9.4.2 Wil – Turm (2004 CH) .....	194
9.4.3 Altusried – Tribünenüberdachung (1999 D) .....	196
9.4.4 Hannover – EXPO-Dach auf der Messe Hannover D.....	199
10 Anpassungsfähigkeit und Nachhaltigkeit mehrgeschossiger Holzgebäude .....	203
10.1 Holz als tragend Baumaterial.....	203
10.2 Holz als ökologisches Material .....	207
10.2.1 Klimawandel .....	208
10.2.2 Energie .....	212
10.3 Holz als angenehmes Material .....	215
10.3.1 Akustisch.....	215
10.3.2 Thermische Behaglichkeit .....	217
10.4 Holz als Baumaterial .....	217
10.4.1 Einteilung von mehrgeschossigen Holzbauten.....	218
10.4.2 Repräsentative Holzgebäude .....	222
10.4.2.1 Siedlung in Arlesheim, Basel, CH.....	222
10.4.2.2 Kantonschule, Wil, CH.....	223
10.4.2.3 Mehrfamilienhaus am Finkenweg, Köniz, CH.....	225
10.4.2.4 Sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus, Steinhausen, CH .....	227
10.4.2.5 Casa Montarina, Lugano, CH.....	229
10.4.2.6 Neubau Primarschulhaus mit Turnhalle, Ossingen, CH .....	231
10.4.2.7 Sekundarschulhaus Seymaz, CheneChêne-Bourg, CH .....	233
10.4.2.8 Verwaltungs- und Wohngebäude Sagérime SA, Bulle, CH.....	234
10.4.2.9 Verwaltungsgebäude Swissgenetics, Zollikofen, CH .....	236
10.4.2.10 Green Offices, Givisiez, CH .....	237
10.4.2.11 Support Office Marché International, Kempththal, CH.....	239
10.4.2.12 7-Geschosser in Berlin, D.....	241
11 Quellenverzeichnis.....	XI
Anhang .....	XV
Curriculum Vitae .....	XVII



# 1 Systematisches Konstruieren mit Holz: Material und Technik

[39-49]

Im Jahre 1978 wurde das Institut für Holzkonstruktionen – IBOIS an der Ecole Fédérale Polytechnique de Lausanne ins Leben gerufen. Nach den Erwartungen der damaligen Hochschulleitung sollte dieses Institut eine Antriebsrolle bei der Verwendung von Holz im Bauwesen spielen. Aus heutiger Sicht erfüllte das IBOIS diese Erwartungen in vollem Umfang.

In seinen wichtigsten Veröffentlichungen, den drei Holzbauatlanten, verdeutlicht Julius Natterer (1978, 1991, 2003) die eigene Sicht der Tragwerksplanung, welche sich durch eine systematische Ordnung der Konstruktion auszeichnet, die immer wieder variiert und kombiniert wird. Für gut ein Drittel der darin enthaltenen Beispiele zeichnet er selbst als Tragwerksplaner verantwortlich. In Zusammenarbeit mit Architekten führt er den Holzbau allmählich aus dem Landwirtschafts- und Industriebau heraus und schlägt eine neue Richtung ein, die anspruchsvolle Hallen, Versammlungsstätten und Wohnbauten hervorbringt. Seine (2003) konstruktive Handschrift lässt sich im Holzbauatlas über die Jahre ablesen. Das Werk hat sich immer wieder neu erfunden und zeigt heute einen Facettenreichtum, der sich deutlich von tradierten Vorbildern absetzt. Wer sich eingehender mit den Tragwerken Julius Natterers beschäftigt, erkennt aber auch feste Prinzipien darin.

Die Projekte dieser Dokumentation geben die gesamte Schaffensperiode wieder. Es fällt nicht leicht, die einzelnen Entwicklungslinien zu verdeutlichen und zu erklären, aber beim Vergleich der Werke aus verschiedenen Schaffensphasen werden Brüche sichtbar, deren Teile sich letztlich wieder zu einfachen aber originellen Konstruktionen fügen.

Evolutionäre Prozesse in Biologie und Technik verlaufen vom Einfachen zum Komplexen. Julius Natterer scheint gegen Ende seines beruflichen Wirkens den Weg in umgekehrter Richtung beschritten zu haben. Seine Konstruktionen werden zusehends einfacher und sparsamer. Er reduziert Material und Mittel und setzt durch diese Art der Beschränkung das Schöpferische frei. Das Einfache ist zwar nicht immer das Beste, aber das Beste ist immer einfach, um es in den Worten Heinrich Tessenows auszudrücken. Die bis dato unbekannte Konstellation von akademischen und praktischen Neigungen in einer Person erwies sich dabei als außerordentlich fruchtbar. Im Büro Natterer Bois Consult, das sich ausschließlich dem Holzbau widmet, muss sich das Holz im Wettbewerb mit Stahl und Stahlbeton behaupten, indem man seine Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit unter Beweis stellt und in Strategien denkt. Im Labor an der Hochschule werden diese untersucht, weiterentwickelt und schließlich wieder in die Praxis überführt. Ohne dieses Wechselspiel hätte die Dynamik, die das IBOIS in den ersten zwei Jahrzehnten seines Bestehens entwickelt hat, nicht entfacht werden können.

## **1.1 Julius Natterer und seine Zeit**

Julius Natterer gehört dem Jahrgang 1938 an. Das Diplom im Studiengang Bauingenieurwesen der Technischen Universität München erwirbt er im Jahre 1965. Er beginnt sich für den Holzbau zu interessieren und realisiert als Assistent erste Projekte, die ihn zum gefragten Berater und zum Co-Autor zahlreicher Standardwerke machen: Holzbautaschenbuch und Holzbauatlas, den er als Hochschullehrer in zwei weiteren Ausgaben grundlegend überarbeitet.

Geht man davon aus, dass auch kreative Menschen Anregungen bedürfen und Einflüssen unterliegen, lohnt es der Mühe, den Holzbau in jener Zeit zu umreißen, die Veränderungen, die in ihm stattfinden herauszuarbeiten und diese im Werk des Julius Natterer zu reflektieren. Wo findet eine Angleichung statt? Wer oder was gleicht sich an? Wo divergieren die Entwicklungen? Die Antworten auf diese Fragen bringen seine Haltungen und Entwicklungen ans Licht.

Betrachtet man die Periode von 1970 bis zu seinem Ausscheiden aus der Hochschule 2004 - also einen Zeitraum von über dreißig Jahren -, erkennt man, dass der Baustoff Holz und seine Verwendung enorme Fortschritte gemacht haben. Die Prozesse werden im folgenden dargestellt und gegliedert nach: Material, Werkzeug und Hilfsmittel.

## **1.2 Wandel und Tendenz im Holzbau**

### **1.2.1 Material**

Bis in die siebziger Jahre herrscht bei den Ingenieuren ausschließlich das Brettschichtholz vor. Die Leimbaubetriebe haben sich mit der Verklebung tragender Bauteile vom Zimmererbetrieb abgesetzt. Sie dringen in Maßstäbe vor, die bis dato unumschränkte Domäne des Stahl- und Massivbaus sind und greifen dadurch in den Wettbewerb ein. Es werden die Potenziale des Brettschichtholzes in Bezug auf die Spannweite und Form ausgelotet. Man überwindet die Grenzen des Handwerks stößt auf neue: Große Querschnitte und Längen beschwören Größeneffekte herauf – je größer das Volumen, desto spröder und geringer die Festigkeit -, hohe Träger müssen gegen Biegedrillknicken ausgesteift werden, außerdem können gekrümmte Träger hergestellt werden. Dabei werden Kräfte umgelenkt, was zu Querspannungen insbesondere Querspannungen führt. Diese Besonderheit hat eine Reihe akademischer Nachweise hervorgebracht. Mit der rechnerischen Beherrschung ist es Julius Natterer nicht getan. Sein Credo lautet, durch geschickte Konzeption die Probleme im Vorfeld zu vermeiden. Nichts erscheint ihm dabei so grundlegend, als dass kein Weg daran vorbei führe.

Es entstehen Hallen und Industriebauten, die ihre Zeit durch Spannweite beeindrucken. Ihre Berechnung fordert Praxis und Forschung heraus. Ansprüche bezüglich der Gestaltung spielen im Industriebau eine untergeordnete Rolle. Die Verbindungstechnik wird von Ingenieuren neu erfunden.

Der Einschnitt der Stämme im Sägewerk ist erster und wichtigster Schritt vom Baum zum Bau. Ausbeute und Produktivität sind gefragt, das heißt hoher Anteil Schnittholz bei wenigen Nebenprodukten wie Seitenware, Spreißel und Schwarten sowie Hobel- oder Sägespäne.

Es wird immer notwendiger, forstliche Ressourcen zu mobilisieren und diese effizient zu verarbeiten. Ressourcen zu Reservieren erheben bedeutet, geringe Rohholzqualitäten zu nutzen. Dies betrifft die Baumaße wie Durchmesser, Länge, Abholzigkeit und Wuchs. Ob Ressource oder Reserve entscheidet letztlich die Technologie.

Das Brett ist ein elementares und vielfältiges Produkt. In die Höhe geschichtet wird es zu Brettschichtholz, in mehreren Lagen zur Fläche angeordnet entstehen Plattenwerkstoffe. Damit verlässt der Holzbau die Stabförmigkeit. Als Beispiele gelten: Kämpfstegplatte, Wolf- und Poppensieker-Platte, wobei die Brettlagen schräg verleimt oder vernagelt werden. Dadurch steigt die Schub- und Querkraftfestigkeit. Diese Produkte sind im Holzbauatlas erwähnt und dürfen als Vorläufer des heutigen Brettsperrholzes angesehen werden.

Im Hausbau dominiert der Holzrahmenbau. In den neunziger Jahren treten Brettstapel-elemente, Hohlkastendecken, Lignotrend und Brettsperrholz hinzu. Diese Produkte stehen in Konkurrenz untereinander. Eines ist ihnen gemein: die Verwendung von Keil und Kleber. Diese beiden grundlegenden Technologien bestimmen die Dimension des Bauens mit Holz.

Schwachholz wird im Sägewerk nicht verarbeitet, so dass es als Industrieholz einen anderen Weg der stofflichen Nutzung geht. Geringe Rohholzabmessungen zerlegt man in kleinere Bestandteile. Neben Sperrholz und Spanplatte treten neue Werkstoffe auf den Plan: Furnierschichtholz, Furnierstreifenholz, Mikrolam und Oriented Strand Boards. Deren flächige Formate ebnet der Konstruktion neue Wege.

Weitere Reservieren erschließt die Sortierung nach der Festigkeit, die auch in der Forschung am IBOIS eine zentrale Rolle spielt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den Berufsjahren des Julius Natterer ein Aufschwung neuer Materialien einsetzt, die über das Versuchsstadium hinaus kommerziell verfügbar sind. Julius Natterer betreibt selbst die Entwicklung genagelter Brettstapelplatten und stößt deren Herstellung an, während die aufgeführten Industrieprodukte wenig Zuspruch bei ihm finden und nur hin und wieder in seinen Konstruktionen auftauchen.

### **1.2.2 Werkzeuge**

Nicht weniger bedeutsam sind die Umwälzungen bei den Werkzeugen. Jene des Zimmerers sind nach wie vor in Gebrauch; ihre Handhabung wird noch erlernt und in der Denkmalpflege angewandt. Auch kommen kleine Handmaschinen zum Einsatz. Allerdings werden diese Techniken immer häufiger durch neue Anlagen und Methoden ersetzt.

Die Zimmerei wird von der Abbundanlage beherrscht, die elementare Operationen rasch und präzise durchführt. Die Verknüpfung mit dem computergestützten Zeichnen erhöht die Wirtschaftlichkeit. Oft wird der Abbund vergeben, was den Transport der Bauteile erzwingt.

Die Abbundanlage findet ihre Fortsetzung in numerisch- und computergesteuerte Werkzeugmaschinen sowie Robotern, mit denen beliebige Formen der Losgröße Eins hergestellt werden können. Der Holzbau profitiert wie kein zweiter Baustoff von der Automatisierungs- und Produktionstechnik.

Mit der Informationstechnik verändert sich nicht nur die Fertigung sondern auch der Planung. Mit dem computer aided design entsteht ein neues Werkzeug der zeichnerischen

Darstellung, mit dem beliebig komplexe Strukturen dargestellt, aufgefunden und wiederholt werden können. Dies vereinfacht und beschleunigt den Planungsprozess. Auf die Schnittstelle zur Fertigung wurde bereits hingewiesen, auf jene zur Berechnung und Bemessung noch nicht. Hier profitiert der Holzbau in besonderem Maße von der Finite-Element-Methode, mit deren Hilfe sich anisotrope Bauteile für beliebige Formen und Lasten rechnerisch nachweisen lassen. Damit kehrt methodische Routine beim Bau komplexer Strukturen ein, die zusehends originelle Bauten hervorbringt.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind dies die Trends, die sichtbare Spuren beim Bauen mit Holz hinterlassen. Zahlreiche Verbesserungen, denen sich Ingenieure und Techniker in ihrer täglichen Arbeit widmen, bleiben den Augen der Öffentlichkeit verborgen, obwohl sie grundlegende Veränderungen bewirken.

### **1.2.3 Hilfsmittel**

Hilfsmittel sind Zutaten – meist Industrieprodukte -, die Konzepte und Konstrukte maßgeblich prägen. Hohe Bedeutung genießen Verbindungsmittel. Während in der alten Norm DIN 1052 nur Nägel, Schrauben und Dübel ausgewiesen sind, gibt es weitere zugelassene Bauprodukte, die nicht genormt sind. Blechformteile, eingeleimte Gewindestangen, Verbindungsmittel für den Holz-Beton-Verbund etc.. Der Erfolg von Verbindungsmittelanbietern, die es in einer Generation vom Kleinbetrieb zum Konzern gebracht haben, spricht für sich. Eingeleimte Gewindestangen sind zu Beginn wichtige Technologie. Erste persönliche Erfolge stehen damit in Verbindung.

Die Verbindungsmittel schaffen Freiheiten in der Konstruktion und beschleunigen Abläufe in Fertigung und Montage. Selbstbohrende Schrauben in ungeahnten Längen werden ohne Vorbohren eingedreht. Polymerbeton in Kombination mit computergesteuerter Fertigung mündet in eine neue Verbindungstechnik. Auch hierzu gibt der Holzbauatlas bereits Anstoß zu Sonderlösungen, für die der Boden zur industriellen Produktion noch nicht bereit ist.

Zahlreiche Neuerungen befinden sich in Forschung und Entwicklung. Inwieweit die Praxis sie aufgreift, hängt vom Markt sowie der Markstellung und der Strategie des Unternehmens ab. Eine Konsolidierung des Holzbaus in naher Zukunft ist nicht in Sicht. Die Anstrengungen dürften bis weit ins 21. Jahrhundert andauern, getragen vom technischen Fortschritt und den Erfordernissen des nachhaltigen Bauens.

## **1.3 Rahmenbedingungen: Umwelt und Markt**

Wie haben sich die Anforderungen an das Bauen verändert? Wie stehen ihnen die Ingenieure gegenüber? Welche beruflichen Schlussfolgerungen zog Julius Natterer daraus? Dies sind sicherlich komplexe und schwierige Fragen.

Der Schutz der Lebensgrundlagen und der Umwelt sind seit 1994 im Grundgesetz verankert. Dem war ein langer Prozess vorausgegangen. Der Begriff der Nachhaltigkeit wurde zwar von Carl von Carlowitz in seinem Werk über die Forstwirtschaft bereits 1713 geprägt, jedoch erst von der Brundtlandkommission im Jahre 1987 wieder entdeckt und zur Handlungsmaxime der globalen Wirtschaft erhoben.

Mit der Entlehnung des Begriffes der Nachhaltigkeit aus der Forstwirtschaft meldet sich der Holzbau wieder zu Wort. Verglichen mit energieintensiven Industrien, denen man unterstellt, dass sie Ressourcen und Umwelt verbrauchen und zerstören, versteht sich die Forst- und Holzwirtschaft als Gegenentwurf. Alle Argumente sprechen für das Holz und man fragt sich, weshalb es nicht weit stärker zum Zug kommt, weshalb bereits die Hälfte wieder verheizt wird und weshalb sich Vorbehalte und Vorurteile so zählebig halten?

Dabei wird häufig vergessen, wie begrenzt die Ressource ist, dass die Biosphäre nur eine dünne Schicht ausmacht und dass Eingriffe in diesen Lebensraum mit Umsicht erfolgen müssen, während nach Mineralien und Erzen beliebig tief in der Erde geschürft werden darf; dass in der Relation das Vorkommen von Holz weit geringer ist, und dass auch noch die Ressource universeller genutzt wird als alle anderen: als Brennstoff, Kraftstoff, Dämmstoff, Baustoff, Werkstoff, Chemierohstoff, Faserstoff und Papier. Wohingegen Kunststoff nur als Werkstoff, Stahl als Werk- und Baustoff eingesetzt werden; und den Beton gar macht niemand dem Bauwesen streitig.

Dennoch, der Nachhaltigkeitsgedanke hat an Fahrt gewonnen. Die Nachfrage nach ökologischen und nachhaltigen Bauten steigt.

Ein tief greifender Wandel hat auch in der Wahrnehmung stattgefunden, die stark am Bild – genauer am Foto – ausgerichtet ist. Holz und seine Architektur sind fotogen, innen wie außen! Es ist sinnlich und bietet gestalterischen Spielraum wie kein zweites Material. Das Foto nimmt nur die Oberfläche wahr und dennoch verändert es das Bauen bis in die Konstruktion. Zahlreiche Werkberichte guter Holzbauten schaffen Nachahmer. Auch Julius Natterer ist ein Bilderstürmer; seine Vorträge leben vom gebauten Beispiel, die zunächst als Diaprojektion später digital erfolgen.

Julius Natterer ist Hochschullehrer und Tragwerksplaner. Er unterhält Büros in Deutschland und Frankreich; der Hauptsitz jedoch liegt in der Schweiz. Die Büros bauen ausschließlich in Holz. Ohne die Instanzen des Prüfeningenieurs und der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geht in diesem Land manches rascher vonstatten. Holz ist ein Teil schweizerischer Identität und genießt höchsten Stellenwert, unterliegt aber auch Fixierungen durch die Tradition wie das Chalet. Der Schweizer Wald ist als Gebirgswald besonderen wirtschaftlichen und ökologischen Zwängen unterworfen.

Die Einsparung fossiler Energie fordert Anstrengungen beim Wärmeschutz. Auch hier hat der Holzbau eine Stärke. Holz ist ein passabler Dämmstoff, aber nicht gut genug um die gestiegenen Wärmeschutzverordnungen zu erfüllen und den wachsenden Dämmschichtdicken Einhalt zu gebieten, die Julius Natterers Argwohn erregen. Ganz seinem Naturell entsprechend wendet er sich von passiven Maßnahmen (Dämmung!) ab und geht den Energieverbrauch aktiv an: mit Glas und Fotovoltaik.

Auch die Novellierung der Musterbauordnung für mehrgeschossige Bauten bringt einen Stein ins Rollen. Zuvor realisiert Julius Natterer in den neunziger Jahren Gilamont, einen fünfgeschossigen sozialen Wohnungsbau. Holz kehrt zurück in die Stadt. Eng verbunden damit ist der Brandschutz, für den er mit den Holz-Beton-Verbunddecken ein wichtiges Rezept parat hält.

Unser technisches Können schreitet dynamisch voran. Hochschulen wie die EPF Lausanne bieten die neuesten Technologien und ein Experimentierfeld für Innovationen. Teils öffnet sich der Holzbau der Hochtechnologie, teils pocht er auf seine Tradition. Dennoch erleidet

die Holzforschung vor dem Hintergrund neuer und vermeintlich zukunftsweisender Disziplinen schleichende Verluste, so dass die Gefahr besteht, dass die Wirtschaft ihre wissenschaftliche Basis verliert.

Das wirtschaftliche Umfeld ist geprägt von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Große, weltweit agierende Konzerne sind im Bereich der Holzwerkstoffe auf dem Plan. Die Zimmerei mit durchschnittlich fünf Beschäftigten stellt das Gros der Betriebe. Die wenigen Leimholzhersteller sind mittelständisch. Große Bauträger sind im Holzbau nicht vorhanden. Anzeichen von Veränderungen gibt es aber auch hier.

Das wissenschaftliche Umfeld vom politischen Wunsch wird getragen, den beschäftigungsintensiven Mittelstand zu fördern. Die Förderinstrumente werden in zunehmendem Maße darauf angepasst. Im Holzbau trifft es eine Branche, die im Bereich der Forschung wenig Erfahrung hat. Oftmals fehlen akademisch ausgebildete Personen. Kooperationspartner für öffentlich geförderte Verbundprojekte sind dennoch nicht leicht zu gewinnen.

#### **1.4 Persönlichkeit**

Wie operiert Julius Natterer in diesem komplexen Umfeld? Welche Technologien macht er sich zunutze? Welche lässt er außer Acht? Welche Überzeugungen kristallisieren sich heraus? Was motiviert ihn und welche Triebfedern seiner Persönlichkeit wirken? Welche Konstanten, welche Veränderungen gibt es? Wie ist seine Arbeitsweise? Wie geht er an Projekte heran? Wer sind seine Partner? Mit welchen wissenschaftlichen Disziplinen lässt er sich ein? Wie ist das Verhältnis zu anderen Berufen? Wie speziell zu Architekten? Wie ist sein Führungsstil? Welche Botschaften vermitteln seine Vorträge? Wo lassen sich Wirkungen erkennen? Wer ahmt was nach? Wie beeinflusst er die Praxis? Wie die Forschung? Welche Rolle spielen sie für einander? Wie nimmt er sich selbst war? Was fasziniert ihn? Wie bringt er seine Gedanken zum Ausdruck? Welche chronologischen Entwicklungen erfolgen am Institut? Wie gibt er sein Wissen weiter? Wie setzt er Forschungsergebnisse um? Welche Dissertationen betreut er? Welchen Hirschfaktor erzielt er? Weiß er überhaupt, was das ist? Wie verhält er sich im Team? Was ist in seinen Augen eine gute Konstruktion? Wie steht er zu Normen und Ordnungen?

## **2 Material**

[39-49]

### **2.1 Allgemein**

Die Wahl des Materials sollte früh erfolgen. Beim Entwurf steht diese Entscheidung ganz am Anfang. Nach welchen Kriterien werden Materialien im Holzbau ausgesucht?

Hier ist zunächst der Preis zu nennen. Er steigt entlang der Wertschöpfungskette an. Die Erzeugnisse erhalten durch die weitere Verarbeitung aber auch Eigenschaften, die das Bauen einfacher und besser machen, und somit in Summe Kosten sparen und die Qualität steigern. So geben Abmessungen und Formate, in denen die Materialien erhältlich sind, oder deren Kennwerte bei der Wahl den Ausschlag.

Julius Natterer wägt bei der Entscheidung Eingangs- und Ausgangsgröße von Prozessen ab. Dabei richtet er sein Augenmerk nicht nur auf die Wertschöpfung sondern auch auf jene großen stofflichen Mengen, die technologisch bedingt eine Wertminderung in Bezug auf das Rohholz erfahren haben, wie zum Beispiel Bretter, Seitenbretter oder Späne.

### **2.2 Rund- und Schnittholz**

Aus seiner Sicht ist Rundholz die erste Wahl in der Konstruktion gefolgt von Schnittholz und den Materialien, die sich am Ende der Wertschöpfungskette angliedern. Technologisch gesehen beruht das Bauen mit Holz auf zwei Grundprozessen: dem Trennen sowie dem späteren Fügen mittels synthetischer und mechanischer Binde- bzw. Verbindungsmittel. Alle Konstruktionen ohne Ausnahme werden auf dieser Grundlage erstellt. Man vergegenwärtige sich die konstruktiven Freiheiten, die mit jedem dieser Prozesse und deren Kombination einhergehen, wie das Bauen ohne Keil und Kleber aussah, und welche uns mit der Beherrschung weiterer Grundprozesse zuwüchsen...

Rund- und Schnittholz sind durch die Baummaße begrenzt und damit sind auch der Spannweite Grenzen gesetzt. Diese Einschränkung hat zu Verbundbalken geführt, dessen Teile anfangs handwerklich verzahnt und schließlich mit mechanischen Verbindungsmitteln gefügt wurden. Die Vorteile dieses Holz-Holz-Verbundes liegen darin, dass das Holz nicht technisch getrocknet sondern nur gelagert sein muss und jede Zimmerei den Verbund einfach und preiswert ausführen kann. Teilquerschnitte können sowohl in der Höhe als auch in der Breite zu flächigen Bauteilen verbunden werden. Die Spannweiten mechanisch gefügter Verbunde sind wegen der geringen Fugensteifigkeit jedoch begrenzt.

### **2.3 Brettschichtholz**

Das Brettschichtholz ist in seinen Abmessungen nur noch durch Transport und Montage begrenzt. Durch die Biegsamkeit der Lamellen kann die Form des Tragwerks optimal der Nutzung oder der Last angepasst werden. Die Leimfuge führt zu einem starren Verbund. In gekrümmten Bauteilen treten jedoch häufig Querspannungen auf, welche die Tragfähigkeit entscheidend vermindern. Ferner erfordern große Leimholzkonstruktion schwere Verbindungen, welche in Planung und Ausführung sehr aufwändig sind.

Da die Festigkeit von Rund-, Kant- und Brettschichtholz erhebliche Streuungen aufweist, wird es in Festigkeitsklassen sortiert. Früher erfolgte die Sortierung visuell, heute apparativ und maschinell. Das IBOIS befasste sich über viele Jahre mit der Ultraschall-Sortierung, die zur Entwicklung eines tragbaren Gerätes führte, das bei der Bewertung der Holzfestigkeit für stark beanspruchte Tragwerksteile und in der Sanierung zum Einsatz kam.

### 3 Querschnitt

[39-49]

Die Verarbeitung des Rohholzes im Sägewerk führt zu Haupt- und Nebenprodukten, welche zu etwa gleichen Teilen anfallen, jedoch am Markt sehr unterschiedliche Preise erzielen. Die Weiterverarbeitung von Brettern und Holzabfällen im Leimholzbetrieb bzw. in der Holzwerkstoffindustrie führt wieder zu Wertschöpfung, die den Preis des eingesetzten Holzes teilweise deutlich übersteigt. Hobel- und Sägespäne werden nur noch thermisch verwertet, sodass die stoffliche Nutzung dieses Sortiments für preiswerte Baustoffe nahe liegt.

Der Querschnitt ist ein elementarer Gegenstand der Konstruktion. Seine Fertigung gehört in die Industrie. Hieran und an der produzierten Menge lässt sich der Entwicklungsstand eines Baustoffes ablesen. So wurden noch in den Anfängen des Stahlbaus im gewerblichen Bereich Gitterstäbe aus gewalzten Flach- und Winkelprofilen genietet, was an Eisenkonstruktionen wie etwa dem Eiffelturm abgelesen werden kann. Die Beherrschung der Walztechnologie hat diesen Schritt in die Großindustrie verlagert, so dass der mittelständisch geprägte Stahlbau heute auf preiswerte kommerzielle Profile zurückgreifen kann, die er nur noch ablängt und verbindet. Im Ingenieurholzbau werden Querschnitte in der mittelständischen Industrie aus einzelnen Brettern verleimt. Der Vergleich der Produktionszahlen von Schnitt- und Brettschichtholz verdeutlicht, dass die größten Umsätze nach wie vor vom Handwerk und nicht von Ingenieuren realisiert werden.

Die Form des Querschnitts geht über Fläche oder Flächenmomente in die Bemessung ein. Bestimmte Querschnittsmaße tun dies sogar in der vierten Potenz, und damit weit wirksamer als die Materialeigenschaften, die nur einen linearen Einfluss haben.

Der Holzbau wird von runden und rechteckigen Querschnitten beherrscht. Der Tragwerksplaner kann in der Regel nur den Durchmesser in den engen Grenzen der Waldmaße bzw. nur Höhe und Breite festlegen. Dabei sind die Grenzen der Stabilität zu beachten, die sonst aufwändige Aussteifungen zur Folge hätten.

Im Holzbauatlas sind verschiedene Techniken zur Querschnittsbildung systematisch dargestellt, beginnend von einfachen Materialien und Füge-techniken bis hin zur Gestaltung komplizierter Formen im Leimbau.

## **4 Verbindung**

[39-49]

### **4.1 Grundsätze**

Tragwerke bestehen aus Teilen. Die Teile sind untereinander verbunden. Deren Abmessungen - meist die Längen – sind begrenzt durch Baummaße, Transport oder Handhabung.

Tragwerke übertragen Kräfte. Die Teile wirken in Haupt- und Nebentragwerk zusammen. Sie werden nach Art der Belastung unterschieden. Druck- und Biegung bedingen große Längen und Querschnitte. Zug erlaubt beliebige Schlankheiten und benötigt wenig Material.

Verbindungen bestehen aus zwei Teilen. Je kürzer die Teile, desto mehr Verbindungen. Je größer ihr Querschnitt, desto schwerer und teurer. Je mehr Biegung im Tragwerk, desto stärker die Verformung und desto höher der Materialverbrauch.

Verbindungen bestimmen die Tragsicherheit. Sie sind Schwachpunkte. Tragwerke versagen meist hier infolge Querzug und Schub. Seltener kommt es zu Brüchen der Bauteile selbst, und wenn, dann versagen sie auf Biegung.

Verbindungen entscheiden über die Effizienz. Bei Zug bricht nicht der Querschnitt sondern der Anschluss. Bei Druck ist die Knicklast geringer. Verbindungen sind teuer. Wirtschaftlichkeit und Realisierung entscheiden sich hier.

Tragwerk und Verbindung bringen einander hervor. Die Struktur führt zum Detail; das Detail zur Struktur. Ein innovatives Detail kreiert einen neuen Tragwerkstyp. Seine wirtschaftliche Ausführung erhöht die Chancen im Wettbewerb.

Die Struktur besteht aus Stäben, Platten oder Schalen. Teile können gerade, schräg oder senkrecht gestoßen werden sowie bündig, übereinander oder verkämmt angeordnet werden.

Die Wechselbeziehung Tragwerk-Detail erlaubt einen Zugang zur konstruktiven Entwicklung des Julius Natterer. Die Art und Weise wie man verbindet, hat weit reichende Konsequenzen bei der Entwicklung des Holzbaus in Hinblick auf Sicherheit, Struktur, Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Ästhetik.

### **4.2 Geschichtlicher Rückblick**

Wie die Evolution in der Biologie verläuft die Entwicklung der Konstruktion vom Einfachen zum Komplexen. Diese Tendenz schafft eine zeitliche Ordnung der Konstrukte. Die Bewertung wird wieder an folgenden Kategorien vorgenommen: Material, Werkzeug und Hilfsmittel.

Diese Kategorien sind im historischen Kontext zu verstehen. Unter Material fallen: Stangen, Rund- und Schnittholz, verleimtes Schichtholz, moderne Holzwerkstoffe. Zu den Werkzeugen zählen: Keil, Beil, Axt, Säge, Gatter, Handwerkzeuge, Handwerkermaschinen, Produktionsanlagen, numerisch- und computergesteuerte Maschinen. Hilfsmittel im weitesten Sinn sind: Fasern, Seile, Dollen, geschmiedete Nägel, Schmiedeeisen, heutige

Verbindungsmittel, Planungs-, Zeichnungs- und Berechnungssoftware, Informationsschnittstellen, Netze etc.

Beil und Faustkeil bringen archaische, intuitive Konstruktionen hervor. Mit diesen Werkzeugen werden Stangen abgelängt. Anstelle einer Verbindung liegt der First in einem Zwiesel über der Stütze und ist mit Stricken gesichert. Der Querschnitt wird nicht behauen, der dicke Stamm gemieden. Mit der Differenzierung eherner Handwerkszeuge und wachsender Erfahrung setzt die eigentliche konstruktive Entwicklung ein. Allmählich rücken Bäume und behauene Balken ins Blickfeld. Mit der Sägemühle erfolgt eine Spezialisierung. Der Zimmerer bringt eine reiche Fülle handwerklicher Verbindungen hervor. Im Ergebnis entsteht ein abgeschlossenes System tradierter Techniken, die im Fachwerk- und Brückenbau eindrucksvoll dokumentiert sind. Abmessungen der Tragwerke sind durch die Maße des Stammes vorgegeben. Kurze Spannweiten, rechteckige Querschnitte und handwerkliches Können bestimmen die Konstruktion. Mitteleuropa war zu diesem Zeitpunkt zu achtzig Prozent bewaldet. Rodungen sorgen für ein reiches Holzaufkommen. Dies sollte sich ändern.

Fortschritt und Umfeld bestimmen hinfert die Entwicklung des Holzbaus und dessen Verbindungen. Welche Gesetze liegen ihr zugrunde? Welche Kräfte treiben sie an? Welche Rollen spielen Anforderungen und Fortschritt? Welche Veränderungen soll man bewirken? Welchen Zweck müssen unsere Bauten erfüllen?

Mit der industriellen Massenproduktion des 19. Jahrhunderts verdrängen billige Drahtstifte die handgeschmiedeten Nägel und bewirken einen Preisverfall. Darüber hinaus ist die Ausbildung von Ingenieuren in vollem Gang und zeigt Wirkung. Das Verbindungsmittel bringt in dessen globale Unternehmen hervor. Die Innovationszyklen beschleunigen sich. Das Wissen nimmt zu und profane Lösungen richten sich gegen tradierte Formen des Handwerks.

Ingenieure entdecken neue Materialien und kommen mit ihren Konstruktionen erstmals dem Handwerk zuvor: Guss, Eisen, Eisenbeton, Stahl und Stahlbeton verändern das Bauen. Diese Materialien haben höhere Festigkeit und sind nicht auf Wachstum angewiesen. Unversehrbare Umwelt und unerschöpflich preiswerte Energie stellt niemand in Frage.

Nach dem Siegeszug von Stahl und Stahlbeton in den Anfängen des 20. Jahrhunderts war Holz auf das ländliche Bauen zurückgeworfen. Da die Landwirtschaft im Winter ruhte und die Waldwirtschaft jetzt Einkunft bot, ist es verständlich, dass für eigene Bauten Holz bevorzugt wurde. Landwirtschaftliche Gebäude konnten einfach ausgeführt werden. Gleiches trifft für den Industrie- und Hallenbau zu. Zum Ende des 20. Jahrhunderts werden die Bauten wieder vielfältiger: es entstehen Versammlungsbauten, öffentliche Bauten, mehrgeschossige Wohnbauten mit anspruchsvoller Architektur.

Der Holzbau ist in Rückstand geraten. Die Anforderungen sind gestiegen und mit ihnen die Spannweiten. Mit Schnittholz sind sie nicht annähernd zu erreichen. Der Holzbau setzt auf Brettschichtholz, wobei Bohlen zu hohen Querschnitten verleimt werden (Hetzer, Patent 1906). Der Holzleimbau grenzt sich später auch sprachlich durch den Begriff Ingenieurholzbau vom Zimmererhandwerk ab; die rechnerische Bemessung ersetzt hinfert die Erfahrung. Die Zimmermannsverbinding hat ausgedient.

Die Folge sind mechanische Verbindungen aus flächig angeordneten Bolzen mit Ring- oder Einpressdübel. Im Querschnitt ist nur geringfügig (Löcher) geschwächt. Die Kraft wird über Lochleibung und Scherflächen übertragen. Stahl hält Einzug in die Verbindung.

Bleche lenken den Kraftfluss im Knoten, und umgehen so die Nachteile der Anisotropie des Holzes. Die Schlitzte dafür schaffen zusätzliche Oberfläche. Das Tragverhalten der Verbindung wird systematisch untersucht. Es wird nun hinsichtlich der Kriterien Schlupf, Steifigkeit, Tragfähigkeit und Zähigkeit oder Duktilität bewertet. Fertigungstechnisch strebt man eine Rationalisierung an.

Eine Renaissance erfährt die Zimmermannsverbinding durch die Automatisierung, die rascher und präziser fertigt als das Handwerk. Die Forschung widmet der Verbindung große Aufmerksamkeit. Es kommen ganz neue Hilfsmittel wie faserverstärkte Kunststoffe auf.

### **4.3 Die Entwicklung der Verbindung**

Holzbauteile sind meist stabförmig. Stabförmige Bauteile können Normal-, Querkraft und Momente übertragen. Zwei Bauteile können gerade oder schräg bzw. rechtwinklig angeordnet werden. Bei Druck erfolgt die Übertragung der Kraft über Kontaktpressung, bei Zug über eine Scherfläche aus diskreten oder kontinuierlich wirkenden Verbindungsmitteln. Dies sind die beiden grundlegenden Mechanismen der Lastübertragung.

Der Kraftverlauf über der Scherfläche errechnet sich im linear elastischen Bereich nach der Theorie von Volkersen. Er ist symmetrisch, an den Enden am größten, in der Mitte am kleinsten. Sind Verbindungsmittel dicht auf der Scherfläche angeordnet, nehmen die äußeren Verbindungsmittel mehr Last auf als die inneren. Erst mit Bildung plastischer Gelenke gleichen sich die Unterschiede aus. Die Lastübertragung erfolgt über den Lochleibungsdruck am Verbindungsmittel – Kontaktpressung – der sich über die Scherfuge ausbreitet.

Neben Art der Beanspruchung - Normal-, Querkraft oder Moment - und Übertragungsrichtung in der Ebene – gerade, schräg oder rechtwinklig kann nach der vertikalen Anordnung der zu verbindenden Querschnitte unterschieden werden. Diese kann bündig, aufgesetzt oder verkämmt sein. Mit diesen Kriterien liegt ein vollständiges System zur Unterscheidung von Verbindung vor.

#### **4.3.1 Kraftübertragung über Kontakt**

Die zu übertragende Kraft ergibt sich aus der Kontaktfläche multipliziert mit einer zulässigen Spannung. Sie kann demnach erhöht werden, indem einerseits die Fläche oder andererseits die Festigkeit erhöht wird. Dies kann durch die Wahl einer Holzart mit höherer Festigkeit oder durch konstruktive Maßnahmen erfolgen, die auf eine Ertüchtigung abzielen. Die Spannungen über der Kontaktfläche sind meist homogen.

#### **4.3.2 Kraftübertragung über Scherung**

Die Kraft wird durch Schubfluss in der Scherfuge übertragen. Sie hängt ab von der Länge der Scherfuge, der Schnittigkeit sowie der Festigkeit der Fuge. Am nächsten kommt diesem Modell die Verklebung. Eine Fuge aus diskreten Verbindungsmitteln leitet die Kraft über

Lochleibung von einem über die Scherfuge zum nächsten. Die Spannungsverteilung am Bolzen sind von ebenso grundlegend wie jene in der Scherfuge und der Kontaktfläche.

Diese elementaren Mechanismen der Kraftübertragung in der Verbindungstechnik sind wesentlich für ihr Verständnis. Julius Natterer schöpft diese Prinzipien aus und variiert sie auf mannigfaltige Weise.

Auf die Bedeutung der Verbindung wurde eingangs bereits verwiesen. Die Wechselwirkung mit der Tragstruktur wurde erwähnt.

Julius Natterer betont in Gesprächen häufig, wie er durch die Arbeit am Detail insbesondere der Verbindung Anregung für neue Tragwerkslösungen erhält. Dabei wird der Begriff Verbindung auf den Verbund mehrteiliger Querschnitte auch aus unterschiedlichen Materialien erweitert.

## **5 Bauweisen**

[39-49]

### **5.1 Brettstapelbauweise**

Der Einsatz von qualitativ hochwertigem Holz darf nicht das einzige Ziel in der Holzkonstruktion sein. Es ist ebenso wichtig, den Gebrauch von Holz unter allen Gesichtspunkten zu fördern. So muss neben der selektiven Verwendung für die Ausführung von extrem beanspruchten High-Tech-Konstruktionen wie Hallen, Brücken, und Überdachungen auch die quantitative Anwendung für Wände, Decken und Dächer gefördert werden. Möglich sind dabei auch Kombinationen mit anderen Materialien im Verbund.

Bei der Verarbeitung des Rohholzes entsteht in großem Umfang Seitenware, die am Markt nur geringe Preise erzielt. Überlegungen zur Nutzung dieses Sortiments führten in den 90 er Jahren zur Entwicklung der Brettstapelbauweise, die heute vorzugsweise für Decken und Wände im Wohnungsbau eingesetzt wird. Dabei werden Bretter mit mechanischen Verbindungsmitteln – Nägel, Schrauben, Holzdübel - in geringen Abständen zu flächigen Elementen verbunden und in Wand, Decke und Dach tragend eingesetzt. Der Verbund mit Beton vergrößert die Spannweite und wirkt sich positiv auf das Schwingungsverhalten und die Brandwiderstandsdauer aus. Die Brettstapelbauweise hat sich als Alternative zu anderen Systemen erwiesen und die Entwicklung weiterer Massivbauweisen in Holz angeregt.

Die Massivbauweise erfüllt die Forderung nach quantitativ bezogener Verwendung in idealer Weise. Bei diesem System entsteht durch die Vernagelung eine Art „sozialer Verband“ in dem der Ausfall eines einzelnen Brettes eine Lastumlagerung bei gleichzeitiger Steigerung der Traglast bewirkt. Somit ist die Qualität des Holzes für diese Strukturen von geringerer Bedeutung, da die statistischen Streuungen der Festigkeitswerte sich ausgleichen und über den Querschnitt betrachtet nahe am Mittelwert liegen. Die Vorteile der Brettstapelbauweise sind vielfältig. Masse ist träge, was sich positiv auf das dynamische und thermische Verhalten auswirkt. Die Oberfläche ist ansprechend und kann durch Profilierung effektiv gestaltet werden.

Die stoffliche Nutzung aller Sortimente im Sägewerk wird gegen Ende der aktiven Laufbahn als Hochschullehrer noch den Holz-Leichtbeton hervorbringen. Bei diesem Verbundbaustoff werden Säge- und Hobelspäne mit Zement gebunden. Die Überlegungen gingen soweit, daraus leichte tragende Teile durch Einlegen von Glasfasern herzustellen und die thermischen Eigenschaften hinsichtlich der Wärmedämmung und der Wärmespeicherung zu nutzen.

### **5.2 Verbundbauweisen**

Verbunde schaffen Synergie. Die Verbundpartner bieten dem Holz Festigkeit und Steifigkeit, schützen es vor Brand oder verleihen ihm Leichtigkeit und Transparenz. Das Holz selbst bringt sich mit geringem Gewicht, mit gutem Aussehen und seinen ökologischen Vorzügen ein.

Erstellt man eine Matrix tragender Baustoffe, so wird deutlich, dass Holz wie kein zweites Material sinnvoll kombiniert werden kann. In vielen Bereichen des Holzbaus gehören Verbundbauweisen, wie das Brettschichtholz oder der Holz-Beton-Verbund, bereits zum

Stand der Technik. Weitere Verbünde befinden sich in der Entwicklung und zeigen große Potenziale.

Das IBOIS hat schon früh nach seiner Gründung den Verbund mit anderen Materialien angestrebt. Zunächst mit Beton, später mit faserverstärkten Kunststoffen und schließlich mit Glas.

### **5.2.1 Holz-Beton-Verbund**

Holz und Beton sind die beiden preiswertesten tragenden Baustoffe. Beton ist in dieser Hinsicht für die Übertragung von Druckkräften unerreichbar. Holz kann auf eine nicht ganz so unangefochtene Meisterschaft bei der Zugkraft verweisen.

Die Vorzüge des Verbundes liegen auf der Hand. Beton trägt ausschließlich auf Druck und benötigt hierzu keine Zugbewehrung, da das Holz diese Aufgabe übernimmt. Er ist mineralisch und brennt nicht. Seine Masse wirkt sich positiv auf das dynamische, akustische und thermische Verhalten der Decke aus. Das Holz überträgt die Zugkräfte. Es dämmt, kann sichtbar bleiben und verleiht dem Raum dadurch eine angenehme Atmosphäre. Der Verbund kann sowohl vor Ort als auch als Fertigteil ausgeführt werden. Von besonderem Interesse ist diese Technologie in der Sanierung, wo sich durch neue Nutzungsanforderungen hin und wieder höhere Lasten ergeben.

Mitte der 80 er Jahre befasste sich das IBOIS mit der Holz-Beton-Verbunddecke, die unter besonderer Berücksichtigung des nachgiebig geformten, mehrteiligen Verbundquerschnitts zu einer Dissertation (Hoeft) führte, der über die Jahre zahlreiche experimentelle Untersuchungen folgten. Die damaligen Überlegungen zum Schall- und Brandschutz nahmen den mehrgeschossigen Holzbau vorweg und im Ergebnis entstand in den 90 er Jahren in Gilamont ein imposanter Bau mit fünf Geschossen, dessen Holz-Beton-Verbunddecken über etwa 10 m spannen. Die Forschung am IBOIS gab Impulse für weiterführende Untersuchungen auf diesem Gebiet, die bis heute andauern. Mittlerweile wurden zahlreiche Projekte in dieser Bauweise realisiert. Jüngstes Beispiel ist das siebengeschossige Wohngebäude in Berlin Esmarchstraße.

Die stoffliche Nutzung von Säge- und Hobelspänen im Bauwesen führte zu einem zementgebundenen Verbundbaustoff, aus dem durch zusätzliche Bewehrung mit Glasfasern leichte, tragende Teile mit guten bauphysikalischen Eigenschaften entstanden. Die Arbeiten des IBOIS hierzu kamen allerdings nicht mehr das Stadium der Forschung hinaus.

In Verbindung mit Formholzrohren wurde in Haller (1999) erstmalig auch eine Holz-Beton-Verbundstütze beschrieben, die mit einer dünnen Schicht aus textilibewehrtem Beton versehen wurde.

### **5.2.2 Holz-Glas-Verbund**

Die Kombination von Holz und Glas ist beim Fenster selbstverständlich. Allerdings wird es ausschließlich im Ausbau und nicht tragend eingesetzt. Das Interesse der Forschung am Glas als Strukturwerkstoff hat in der Vergangenheit neue Bauweisen mit tragender und

aussteifender Funktion hervorgebracht, die häufig mit filigranen Stahlteilen einhergehen, um die Transparenz der Glaskonstruktion zu wahren.

Holz ist weniger fest und steif als Stahl, was zu größeren Abmessungen der Querschnitte und infolgedessen zu geringerer Transparenz führt. Dennoch genießt das Paar Holz - Glas eine hohe Akzeptanz wegen seiner ästhetischen Qualität, so dass hier ein großes bauliches Potenzial besteht.

In den letzten Jahren seines Wirkens an der Hochschule beschäftigte sich Julius Natterer mit tragenden Holz-Glas-Konstruktionen. Glas und Holz sind spröde Werkstoffe und lassen daher ein entsprechendes Verhalten im Verbund erwarten. Experimentelle Untersuchungen haben jedoch entgegen aller Erwartungen gezeigt, dass die Traglast selbst nach Entstehung der ersten Risse weiter gesteigert werden kann. Dieses Nachbruchverhalten schafft Tragreserven. Deckenträger in Holz-Glas-Verbundbauweise wurden erstmals im Hotel Palafitte am Neuenburger See eingesetzt. Der Verbundquerschnitt besteht aus einer Glasscheibe, die Schubkräfte übernimmt, und die zur Aussteifung und Übernahme der Druck- und Zugkräfte seitlich mit aufgeklebten Nadelholzgurten verstärkt ist. Die Träger wirken transparent und leicht. Bisher wurde nur dieses Projekt in der Holz-Glas-Verbundbauweise realisiert. Die Forschung steht noch am Anfang und wird von verschiedenen Teams vorangetrieben.

### **5.2.3 Holz-Faser-Verstärkung**

Die Festigkeit des Holzes ist von der Faserrichtung abhängig. Parallel zur Faser ist die Zugfestigkeit hoch, senkrecht jedoch sind sowohl die Zug- als auch die Druckfestigkeit niedrig. Das gleiche gilt für die Schubfestigkeiten. Die Tragwerksplanung sieht sich daher immer wieder mit der Situation konfrontiert die Einschränkungen infolge der Anisotropie mit neuen Technologien zu durchbrechen.

Dies hat mittlerweile eine Fülle von Lösungsansätzen und Nachweisen hervorgebracht und zu einem unübersichtlichen Spezialwissen geführt, das an der Hochschule kaum mehr vermittelbar ist. Es wäre daher wünschenswert, den in Zusammenhang mit der Anisotropie stehenden Problemen auch mit einer universellen Technologie zu begegnen wie dies im Stahlbetonbau der Fall ist, wo auf Beanspruchungen, Verbindungen sowie Ein- und Umleitung von Kräften stets mit ein und derselben Technik - nämlich Grad und Orientierung der Stahlbewehrung - reagiert wird.

In den Anfängen griff der Holzbau auf Holzarten höherer Festigkeit zurück. Diese können auch auf technologischem Wege erzeugt werden, indem wie beim kunstharzgebundenen Pressholz Furniere mit Tränkharzen unter Wärme und Druck zu einem Holzwerkstoff kompaktiert wurden, der herausragende Festigkeitswerte besitzt, auch quer zur Faser. Später als metallische und synthetische Verbindungs- bzw. Bindemittel zur Verfügung standen, kamen eingeleimte Gewindestangen zum Einsatz, womit die Lasteinleitung bei Querkzug- und Querkdruck auf kleiner Fläche realisiert werden kann. Heute erwächst der eingeleimten Gewindestange Konkurrenz in Form von langen selbst bohrenden Schrauben, die rasch eingedreht und sofort beansprucht werden können, wohingegen Kleber und Harze oft Stunden bis Tage aushärten müssen, bevor sie voll belastbar sind. Beide Verstärkungsarten sind linienförmig, was häufig auf die Anordnung mehrerer Verbindungsmittel hinausläuft.

Ein anderer Ansatz wird mit der Verstärkung durch Fasern und textile Flächengebilde besprochen. Hochleistungsfasern aus Glas, Kohle und Aramid weisen mechanische Eigenschaften auf, die diejenigen des Holzes und teilweise auch jene der hochfesten Stähle deutlich übersteigen. Die Textiltechnik ist in der Lage, die Orientierung der Fäden an Geometrie und Beanspruchung anzupassen. Außerdem eröffnet die sensorische Wirkung von Fasern zur Erfassung von Beanspruchungen und Schädigungen neue Perspektiven für intelligente Bauteile. Darüber hinaus schützen vollflächige Bewehrungsschichten vor der Witterung.

Auch wenn die Verwendung von Fasern, Textilien und faserverstärkten Kunststoffen im Holzbau bisher keine baupraktische Bedeutung erlangt haben, so gibt es dennoch gute Gründe die Forschung auf diesem Gebiet zu intensivieren.

Das Studium der Baupläne der Natur wäre lehrreich. Dort werden mechanische Beanspruchungen von einer optimal ausgerichteten Faser aufgenommen: im Baum, im Strohalm, im Muskel etc. In der Evolution hat sich die Faser gegenüber anderen Konzepten durchgesetzt. Dieses Vorbild hat schließlich die Technik zur Entwicklung faserverstärkter Kunststoffe veranlasst. Und diese orientiert sich weiter daran.

Die Analogie beider Materialien hat zu einheitlichen Ansätzen bei der rechnerischen Behandlung der Anisotropie und flächiger Mehrschichtenverbunde geführt, insbesondere gelten die Versagenskriterien auch für Holz und Holzwerkstoffe.

Mit Hilfe technischer Fasern und Textilien kann die geringe Querkzug- und Schubfestigkeit bereits mit geringen Flächengewichten sehr wirkungsvoll verstärkt werden. Dies ist besonders für Verbindungen von Bedeutung, da es in der Nähe stabförmiger Verbindungsmittel häufig zu spröden Querkzug- oder Schubbrüchen kommt, denen mit einer maßgeschneiderten textilen Bewehrung entgegengewirkt werden kann (Haller et al. 2006). Auch verhält sich die textilbewehrte Verbindung mit stabförmigen Verbindungsmitteln vor dem Bruch sehr zäh.

Ein Zugstab versagt stets in der Nähe der Verbindungsmittel und stets sind dort die geringen Querkzug- und Schubfestigkeiten ausschlaggebend, die von der maschinellen Sortierung nicht erfasst werden, so dass die höhere Festigkeitsklasse überhaupt nicht zum Tragen kommt. Dies sähe anders aus, wenn die Verbindung durch eine lokale Bewehrung so fest wäre, dass der Bruch im ungestörten Stabquerschnitt aufträte. Zugversuche an faserbewehrter Gelenkbolzenverbindungen zeigen, dass dies technisch möglich ist. (Haller et al.) Dieses Beispiel veranschaulicht die Bedeutung der Verbindung für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit.

Jüngste Forschungen (Haller 2007) rücken die Ressourceneffizienz des Holzbaus in den Mittelpunkt. Die geringe Ausbeute beim Einschnitt des Stammes und das schlechte Flächenmoment des Vollquerschnitts führen zu Wettbewerbnachteilen gegenüber alternativen Bau- und Werkstoffen. Mit dem Formen von Profilen nach dem eingangs beschriebenen Prinzip wird die Ressourcenproduktivität deutlich erhöht. Experimentelle Untersuchungen haben ergeben, dass die Tragfähigkeit druckbeanspruchter Formholzrohre bereits mit sehr geringen Bewehrungsgraden signifikant erhöht werden kann. Darüber hinaus bietet die textile Bewehrung einen konstruktiven Schutz gegenüber der Witterung.

### 5.3 Brettstapelschalen

Das Brett ist ein einfacher und preiswerter Baustoff. Seine geringe Abmessung in Höhe und Länge steht im Widerspruch zur großen Spannweite. Umso erstaunlicher muten Schalen aus wenigen, dicht angeordneten Brettlagen an, die in zwei Richtungen wechselweise übereinander gestapelt und gebogen werden. Im Fachjargon sind hierfür die Begriffe Gitter- oder Brettstapel- oder Brettstapelrippenschale üblich. Technologisch betrachtet gibt es kaum eine einfachere Bauweise. Als Material genügen einfache Bretter, zum Fügen elementare Verbindungsmittel und zum Montieren primitive Lehrgerüste oder Hebezeuge. Keine Bauweise erlangt eine derartige Wirkung mit so spärlichen Mitteln.

Schalen erzielen ihre Leichtigkeit durch die Form. Diese wurde von der Forschung vernachlässigt, da deren Augenmerk bisher auf das Material und die Festigkeit gerichtet war. Die Form jedoch birgt wirtschaftliche Potenziale, die nicht nur im Entwurf sondern auch bei der Gestaltung neuer Produkte zum Tragen kommen. Gegenwärtig ist unser Umgang mit Holz verschwenderisch, und es wird großen Anstrengungen bedürfen, diese Ressource so zu nutzen, dass sie einen größtmöglichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten kann. Zur Zeit bleibt sie aber weit hinter ihren Möglichkeiten zurück. Nur wenn es gelingt das Bauen mit Holz aus seiner Nische herauszuführen - und hier führt kein Weg an der Materialeffizienz vorbei - wird die Wald- und Holzwirtschaft in der Diskussion um Nachhaltigkeit Gehör finden können.

Im Jahre 1991 wurde erstmals der Bau einer Schale auf dem Campus der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne realisiert. Nach kurzer Planungs- und Bauzeit entstand eine sphärische Brettstapelkuppel, deren quadratischer Grundriss von 25 m zunächst mit einem Netz sich kreuzender Brettlamellen ausgelegt wurde. Die Baustelleneinrichtung beschränkte sich auf vier Gerüste mit Flaschenzügen, mit deren Hilfe die Kuppel schrittweise angehoben wurde, sodass sie in den Knotenpunkten mit Schraubenbolzen gefügt werden konnte. Auf diese Weise entstand ein filigranes Tragwerk aus nur zwei durchgehenden Brettlagen über den Größtkreisen, die abschließend mit kurzen Füllbrettern zu einem Verbundquerschnitt verschraubt wurden.

Dieses einfache Prinzip wurde in der Folge wiederholt ausgeführt, wie man an den entsprechenden Projektbeispielen erkennt. Die Montage erfolgte mit Hilfe von Lehrgerüsten oder einfachen Hebezeugen wie Flaschenzügen. Die äußere Brettschalung dient der Aussteifung.

Die Brettstapelbauweise ist keineswegs auf die Form der Kugel festgelegt. Auch einfach gekrümmte Tragwerke wie etwa Tonnen bieten sich an. Auch hier korrespondiert die Orientierung der Bretter mit dem Kraftfluss im Tragwerk. Die Werfthalle von Morges ist die erste Realisierung dieser Art, auch wenn sie durch ein äußeres Fachwerk ergänzt wird. Führt man die Tonne zu einem Ring zusammen ergibt sich ein Torus, der bei der Schwimmhalle St. Quentin zusätzlich mit einer Brettstapeldecke ausgesteift wurde.

Der bisherige Höhepunkt im Werk Julius Natterers ist das Dach zur Weltausstellung „Expo 2000“ in Hannover. Dieses Tragwerk stellte seiner Neuartigkeit und Größe wegen eine Herausforderung für die Tragwerksplanung und alle am Bau Beteiligten dar. Herzstück des Schirm-Projektes bilden vier elegante Brettstapelschalen mit je einer Abmessung von 20 × 20 m, die in die Kragträger über den Stützen eingehängt wurden. Es wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen, da es bereits an vielen anderen Stellen veröffentlicht ist. Es

sei aber erwähnt, dass seit dem Bau des Polydômes nicht einmal zehn Jahre vergangen waren.

## 6 Beispiele

[39-49]

### 6.1 Eingeleimte Gewindestange

Aus Gesprächen geht hervor, dass die eingeleimte Gewindestange am Auflager bei reduziertem Randabstand im Projekt Messehalle Nürnberg die grundlegende Innovation darstellte und Voraussetzung zur Realisierung des Projektes war. Die Funktionsfähigkeit wurde durch Traglastversuche an der Versuchsanstalt der Technischen Hochschule Karlsruhe bestätigt. Beim Tragwerk handelt es sich um einen Trägerrost.



Abb. 1: Messehallen Nürnberg [52]



Abb. 2: Messehallen Nürnberg [52]

### 6.2 Gelenkbolzen

Große Leimholzquerschnitte bewirken schwere Verbindungen, in denen hohe Kräfte übertragen werden. In Querrichtung kommt es infolge von Quellen und Schwinden zu erheblichen Deformationen, die im Falle von Zwängungen zu erheblichen Querspannungen führen. Querschnittsschwächungen und Beanspruchungen quer zur Faser sowie Exzentrizitäten vermindern die Tragfähigkeit.

All diese Überlegungen haben Julius Natterer zur Entwicklung des Gelenkbolzenanschlusses veranlasst, dessen Tragprinzip auf der Scherfuge beruht, die durch dichte Vernagelung auf großer Fläche als kontinuierlich betrachtet werden kann. Ein einzelner starker Bolzen vermeidet Versatzmomente, die Querkräfte zur Folge haben und wiederum zu kritischen Schubspannungen führen. Die Lochleibungsspannung wird durch einen aufgeschweißten Verstärkungsring reduziert. Der Gelenkbolzenanschluss wurde erstmals im Eisstadion Grefrath eingesetzt und seither in zahlreichen Projekten wiederholt.

In der Forschung am IBOIS werden verdichtete Nagelungen ausgeführt und untersucht. Auch die Lastspitzen am Ende des Stahlbleches werden durch Verjüngung reduziert. Die Verbindung ist ein kostspieliges Detail, das für die Sicherheit und die Wettbewerbsfähigkeit entscheidend ist. Es hat die Entwicklung der Tragwerke entscheidend geprägt, indem deren Anzahl reduziert wurde und deren Ausführung vereinfacht wurde.



Abb. 3: Gelenkbolzenverbindung [54]



Abb. 4: verdeckte Gelenkbolzenverbindung [54]



Abb. 5: Gelenkbolzenverbindung [54]



Abb. 6: Gelenkbolzenverbindung [52]

### 6.3 Druckknoten Beton und Sperrholz

Druckbeanspruchte Konstruktionen und Details sind einfach ausführbar. In Ermangelung zugfester Verbindungen werden sie im Handwerk bevorzugt. Die Kraft wird über Kontaktpressung übertragen. Auf Grund der Einfachheit und Robustheit wird er häufig ausgeführt. An seine Grenzen gerät er wegen der geringen Querdruckfestigkeit. Sieht man von der Vergrößerung der Kontaktfläche ab, die einen überdimensionierten Querschnitt des Bauteils zur Folge hat, bleibt nur die Erhöhung der Druckfestigkeit.

Julius Natterer wählt in seinen Projekten häufig Sperrholzknoten, deren Furnierlagen in Längsrichtung eine deutlich höhere Druckfestigkeit aufweisen. Alternativ kann ein Kern aus Beton oder Polymerbeton verwendet werden. In den verschiedenen Projekten kommen diese Lösungen zum Einsatz.

Die Vereinfachung des Verbindungsmittels nahm sich auch den Möbelbau zum Vorbild. So wurden Verbindungskonzepte des Bugholzmöbels auf den Bau übertragen, indem Ringe und Segmente daraus zu Trägern und Aussteifungen herangezogen wurden.

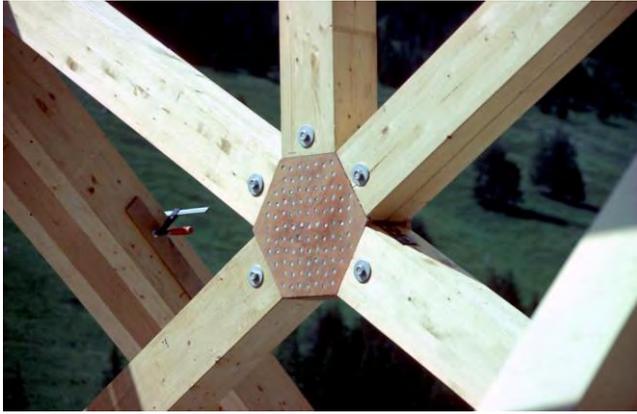


Abb. 7: Knotenblock [54]



Abb. 8: Knotenblock [52]

## 6.4 Mechanische Verbunde

Die Herstellung von Leimholz benötigt trockene und gehobelte Bretter. Dies ist aufwändig und teuer und nur wenige Betriebe verfügen über eine Genehmigung um tragende Bauteile zu verkleben. Einfacher für kleine und mittlere Spannweiten sind mechanische Verbunde ausführbar.

Im Projekt Autobahnsteg Vallorbe werden zwei Rundhölzer mit Stabdübeln zu einem Verbundquerschnitt zusammengesetzt, der während des Fügens überhöht werden können. Diese Vorgehensweise kommt auch bei der Brücke von Martigny zum Einsatz. Beim mechanischen Verbund, der seinen Vorläufer im sägeverzahnten Balken hat, kann auch Rund- und Schnittholz ohne vorherige Trocknung verbunden werden. Der Verbund erfolgt kraftschlüssig ohne zusätzlichen Formschluss. Im Zuge langer, selbstbohrender Schrauben erlangt dieser mechanische Verbund eine neue Aktualität.



Abb. 9: Brücke Martigny [54]

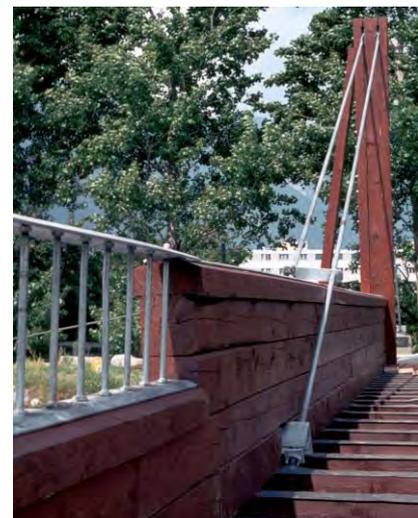


Abb. 10: Brücke Martigny [54]



Abb. 11: Brücke Vallorbe [52]



Abb. 12: Brücke Vallorbe [52]



Abb. 13: Überhöhung [54]

## 6.5 Holz-Beton-Verbund

Im Prinzip kann Holz mit allen tragenden Baustoffen Verbünde eingehen, seine Stärken einbringen und von jenen des Verbundpartners profitieren. Die erste Überlegung dieser Art ist der Holz-Beton-Verbund in Decken und Brücken. Diese Forschung beginnt seit Anfang der achtziger Jahre am IBOIS.

Das erste Projekt mit dieser Technologie, für die es schon vor der Zeit Veröffentlichungen gibt, sind die Straßenbrücken Le Sentier und Kerzers. Holz-Verbund-Decke in Schaanwald, Speicher Etoy sowie in der Schule Triesenberg im größeren Maßstab. Seither wurde eine Fülle einschlägiger wissenschaftlicher Arbeiten veröffentlicht.

Die Wirtschaft griff das Thema auf und konfigurierte spezielle Verbindungsmittel mit bauaufsichtlicher Zulassung. Dabei handelt es sich zumeist um Anpassungen vorhandener Produkte. Als Innovation im eigentlichen Sinne können sie nicht gelten. Dies liegt weniger in der Natur der Sache als am Markt, der noch zu klein ist, um teure Entwicklungen zu rechtfertigen.



Abb. 14: Schwerlastbrücke Le Sentier [54]

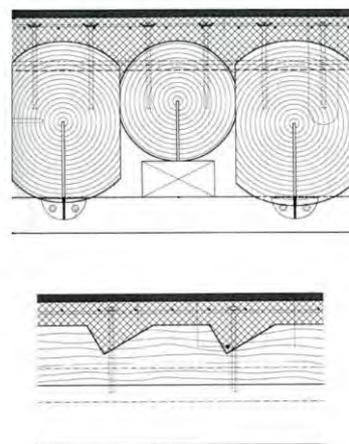


Abb. 15: Verbundquerschnitt [54]



Abb. 16: Triesenberg Holz-Beton-Verbunddecke [54]



Abb. 17: Triesenberg Brettstapel mit Kerbe [54]



Abb. 18: Holz-Beton-Verbund Versuchskörper [54]

## 6.6 Sortierung

Die natürliche Streuung der Eigenschaften des Holzes – vornehmlich der Festigkeiten und Steifigkeiten – erfordern eigene Überlegungen. Der Umgang mit diesem Phänomen fällt unterschiedlich aus. Die Industrie beschreitet den Weg der Homogenisierung, indem sie den Werkstoff in kleine Stücke oder Partikel auftrennt, heterogene Bestandteile eliminiert und mit synthetischen Bindemitteln zu einem Werkstoff zusammenfügt. Diese Vorgehensweise kann auch geringe Holzqualitäten mobilisieren, was zwar einerseits zu Kosteneinsparungen beim Rohstoff führt, andererseits aber hohe Kapital- und Prozesskosten nach sich zieht, was insgesamt gegenüber Schnitt- und Schichtholz zu höheren Preisen führt. So bleibt letzteres für viele Anwendungen die erste Wahl.

Angesichts der Unterschiede bei den Festigkeiten und den Beanspruchungen im Tragwerk, die nicht immer über die Dimensionierung des Querschnittes angeglichen werden können, ist ein anderer Ansatz geboten: die Sortierung.

Der Begriff festigkeitssortiertes Schnittholz impliziert, dass die Festigkeit am geschnittenen Holz ermittelt wird. Dies erfolgt selbstverständlich zerstörungsfrei. Das IBOIS hat über viele Jahre die Sortierung mit Ultraschall verfolgt, der über eine Laufzeitmessung mit dem E-Modul korreliert – je schneller die Laufzeit, desto höher die Steifigkeit – und dieser wiederum mit der Biegefestigkeit. Mit dieser einfachen Technik wird eine bessere Trennschärfe der Festigkeitsklassen erreicht als mit der visuellen Sortierung.

Im gleichen Zeitraum wurden mechanische Ansätze bei der Sortierung verfolgt, indem die Steifigkeit von Bohlen auf einer Sortiermaschine kontinuierlich ermittelt wurde. Dieses

Verfahren ist kapitalintensiver, hat sich aber gegenüber dem Ultraschall in der Normung durchgesetzt. In den meisten Fällen der Bemessung wird die Gebrauchstauglichkeit und somit der E-Modul maßgeblich, der mit guter Genauigkeit vom Ultraschall erfasst wird. Ferner sind beim Tragwerksversagen meistens die geringe Querkraft- und Schubfestigkeit entscheidend, die im Gegensatz zur Biegefestigkeit nicht mit der Rohdichte korrelieren, so dass zwischen diesen Festigkeiten auch kein Zusammenhang besteht, so dass sortiertes Holz nur in bestimmten konstruktiven Kontexten zum Tragen kommt.

## **6.7 Brettschichtholz und Keilzinkung**

Große Anstrengungen wurden im Bereich der Keilzinkenverbindung unternommen, die eine Schwachstelle im Schichtholz darstellt. Deren Festigkeit war Gegenstand umfassender statistischer Untersuchungen, die erhebliche Streuungen zutage förderten, sowohl innerhalb des Betriebs als auch unter den Herstellern. Die Anordnung der Keilzinkverbindung im Träger unterliegt keiner Kontrolle.

Überlegungen den schädlichen Einfluss der Keilzinkung zu verhindern hat am IBOIS zur Verleimung eines Sockels mit stehenden, in Längsrichtung versetzten Keilzinkverbindungen geführt, mit dem es wie erwartet gelang, die Streuung und Zuverlässigkeit zu steigern.

## **6.8 Systematisches Konstruieren Expertensysteme**

Konzipieren, Konstruieren und Detaillieren sind die Steckenpferde des Julius Natterer. Dabei geht es ihm auch um die Kommunikation zwischen den beiden Protagonisten: Architekt und Ingenieur. Diese Zusammenarbeit stellt er in der zweiten und dritten Auflage des Holzbauatlas in den Mittelpunkt.

Der Ingenieur übernimmt für ihn im Planungsprozess eine aktive Rolle. Er greift architektonische Leitbilder auf und setzt sie in Tragwerke um. Das Buch vermittelt die Grundlagen von Holz und Holzwerkstoffen, der Technologien sowie der Ausführung. Die Tragtypologie hat eine Vollständigkeit erreicht, die auch neue Konstruktionen einordnet oder anregt. Einen breiten Teil des Werkes nehmen die gebauten Beispiele ein, die als Wissensbasis aufgefasst werden können.

Der Holzbauatlas unterscheidet sich deutlich von anderen Fachbüchern, die sich an den Bedürfnissen der Ingenieure orientieren, sich auf die Bemessung beschränken und den Raum konstruktiver Lösungen gerne eingrenzen oder übersichtlich halten. Neue Konstruktionen erschöpfen sich im Gewohnten und in der Routine, was Julius Natterer den Zuspruch seitens der Architekten sicherte.

Der Holzbauatlas verrät viel über Haltung und Handschrift seines Verfassers. Julius Natterer ist ein leidenschaftlicher Sammler. Er orientiert sich an Beispielen, die er am Institut für die Vorlesung akribisch ordnet. Überhaupt ist Systematik ein Begriff, den er sowohl hinsichtlich des Konstruierens als auch der Konstrukte zum zentralen Begriff erhebt.

Die Frage nach dem systematischen Konstruieren hat Julius Natterer zeitlebens beschäftigt. Ihm ordnet er alles unter. Die Kreativität hält er als ureigenste Aufgabe der Ingenieure, die ihm in Lehre und Forschung gegenüber der Analyse eindeutig zu kurz kommt.

In der Informatik sieht er ein probates Instrumentarium, die Komplexität des Entwurfs- und Konstruktionsprozesses zu beherrschen. Mit der Weiterentwicklung der Software CAD-Work, mit dem die Zeichnungen des Holzbauatlas erstellt wurden, wurde ein erster Schritt in Richtung Bildschirm getan. In nachfolgenden Projekten wurden weitere Möglichkeiten digitalisierter Bilddatenbanken sowie Expertensysteme angeregt.

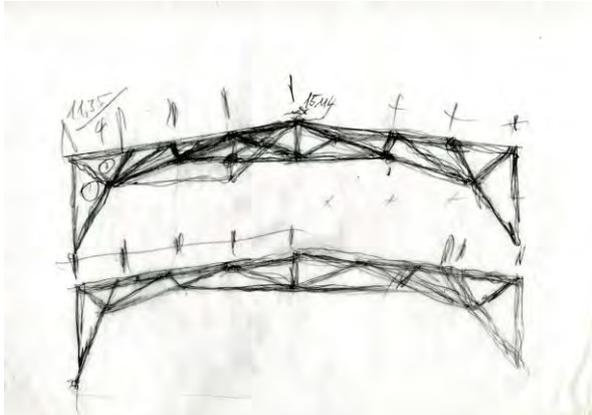


Abb. 19: Konstruktionsentwicklung [54]

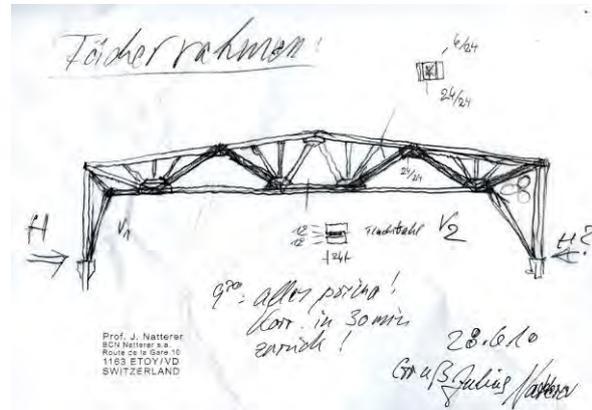


Abb. 20: Konstruktionsentwicklung [54]

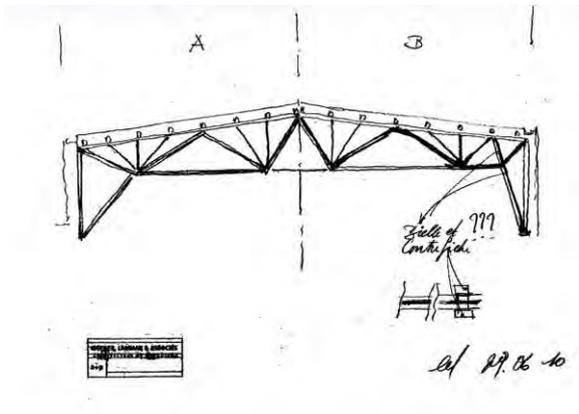


Abb. 21: Konstruktionsentwicklung [54]



Abb. 22: umgesetztes Tragwerk [54]

## 6.9 Holz-Glasbauweisen neue Energiekonzepte

Holz ist ein vielseitiger Verbundpartner. Kaum ein Baustoff, der nicht von ihm profitierte. Woran liegt das? An seinen ausgeglichenen mechanischen Eigenschaften, so dass er von Spitzenleistungen anderer profitiert und zum Verbund Leichtigkeit und Umweltfreundlichkeit beisteuert.

Holz und Glas ist eine bewährte Paarung. Das Fenster ist zwar seit langem in Gebrauch, jedoch erfährt es durch Profile aus Aluminium und Kunststoff zusehends Konkurrenz.

Glas und Holz tangieren auch die energetische Konzeption, die hergebrachte Bauweisen wie Loggien, verglaste Balkone oder Wintergärten neu interpretiert. Dabei geht es um die Nutzung der Sonnenwärme und die Schaffung thermischer Übergangszonen zur Einsparung von Heizwärme.

Der tragende Verbund zwischen diesen Materialien allerdings ist neu. Mit dem Projekt Monruz wurde erstmals eine tragende Verbundkonstruktion aus Holz und Glas realisiert.

Energieeinsparung beschäftigt Julius Natterer bis heute. Die Fotovoltaik gewinnt elektrische Energie aus der Sonne. Der Wirkungsgrad ist gering, so dass der überwiegende Teil der Sonne in Wärme umgesetzt ist, die zwar im Haus benötigt aber bis dato nicht genutzt wird.

Bisher konzentriert sich die Forschung auf den elektrischen Strom und die Wirkungsgrade, die man mit erheblichen finanziellen Mitteln mühselig erhöht. Julius Natterer entwickelt Konzepte zur Nutzung beider Energieformen, in dem er vom Passivhaus zum Aktivhaus übergeht. Auf die Dämmschichtdicken, die mit den Energieeinsparverordnungen gewachsen sind, sieht er mit Skepsis. Aus der Warmluft zwischen Glas und Wand gewinnt er mit Wärmetauschern Warmluft im Winter und erreicht im Sommer natürliche Ventilation und Warmwasser.



Abb. 23: Monruz Holz-Glas-Verbundträger [54]



Abb. 24: Monruz Holz-Glas-Verbundträger [53]



Abb. 25: Meidendorf Haus im Haus mit Glashülle [52]



Abb. 26: Energiekonzept Haus im Haus mit Glashülle [54]

## 6.10 Brettstapelbauweise

Die Einteilung des Stammes in rechteckige Querschnitte ist zwangsläufig mit Verschnitt behaftet. Die Sägeindustrie spricht beschönigend von Sägenebenprodukten, da diese an weiterverarbeitende Industrien zu Pellets, Papier oder Platten verarbeitet werden.

Die Seitenware fällt als äußeres Brett des Stammes an. Da die mechanischen Eigenschaften dort besonders hoch sind, wäre dieses Produkt eigentlich für tragende Zwecke prädestiniert. Allein die Abmessungen sind begrenzt, so dass nach neuen Produkten Ausschau gehalten werden musste, was zur Entwicklung der Brettstapelbauweise führte.

In Julius Natterers Entwicklungen spielt Einfachheit die entscheidende Rolle. Teure Holzwerkstoffe, deren Herstellung kapitalintensiv ist, rechtfertigen die Wertschöpfung nicht

immer. Die Verleimung erfordert trockenes Holz, gehobelte Oberflächen und große Anlagen. Der Rückgriff auf mechanische Verbunde verzichtet auf kompliziert Prozesse. Durch automatische Vernagelung die alternativ mit Nagelgeräten von Hand erfolgen kann, entstehen aus der Seitenware massive Bauteile, die universell in Wand, Decke und Dach eingesetzt werden können. Dies erfordert neue Bauweisen und Details. Hier sieht sich der Tragwerksplaner gefordert. Reich an Varianten entstehen Projekte im Wohnungs- und Brückenbau.

Mit der Massivholzbauweise wird auch ein Tor zum mehrgeschossigen Bauen aufgestoßen, wofür sich der Verbund mit Beton besonders empfiehlt. Der massive Holzbau hat auch anderswo innovative Produkte hervorgebracht, denen gegenüber sich das IBOIS jedoch nicht geöffnet hat, da sie technologisch zu aufwändig galten und Sortimente verwenden, die das Aufkommen der Seitenware übersteigen. Damit ist die eigentliche Motivation, die zur Entwicklung der Brettstapelbauweise führte, obsolet. Auch dem Konzept der maschinellen Fertigung mit computergesteuerten Werkzeugmaschinen, die eine große bauliche Vielfalt ermöglicht, steht er eher verhalten gegenüber.



Abb. 27: Brettstapelelement mit Plus-Minus-Profil [53]



Abb. 28: Schaanwald Rohbau Brettstapel [54]



Abb. 29: Einfamilienhaus Innenraum Brettstapel [53]



Abb. 30: Johanniskreuz Seminarraum [52]

## 6.11 Leichtbeton

Die zunehmende Zerspanung beim Profilieren und Hobeln produziert Späne, die von der Industrie nicht weiterverarbeitet und daher zum Energieträger pelletiert werden. Ihr riesiges Volumen muss kompaktiert werden, um die Kosten für den Transport erträglichen zu halten.

Fachleute sind sich einig, dass die stoffliche Nutzung der energetischen vorgezogen werden sollte. Die stoffliche Verwertung preiswerter Späne folgt am IBOIS einer einfachen Logik: Im Holzbau herrscht der Kleber als Bindemittel vor, im Massivbau der Zement. Die Gewichtspreise unterscheiden sich um das hundertfache, sodass es nahe liegt ,einen

zementgebunden Baustoff herzustellen, wobei die Chemie der Polysaccharide durch Beigabe von Zusätzen berücksichtigt werden muss.

Das IBOIS zeigt in vielen Untersuchungen wie Späne, wenn sie schon nicht vermieden – mit höherer Wertschöpfung genutzt werden können. Diese Frage wurde am IBOIS mit Leichtbeton beantwortet, dessen Eigenschaften ermittelt wurden. Die Überlegungen gingen dahin, den Baustoff mit Glasfasern zu verstärken um daraus Bauprodukte herzustellen.

## **6.12 Flächentragwerke**

Darunter versteht man einfach oder doppelt gekrümmte Schalen, deren Querschnitt im Vergleich zur Abmessung gleich bleibend gering ist. Die Ausführung flächiger Tragwerke aus langen, dünnen Querschnitten liegt nicht nahe. Sieht man von Faltwerken aus Plattenwerkstoffen ab, verbleiben nur Bretter und Bohlen, die hinreichend biegsam sind, um sich der Form des Tragwerks anzuschmiegen. Die Krümmung kann einfach, zweifach oder dreifach (Verdrehung) sein. Im einfachsten Fall wird das Brett in nur einer Richtung etwa um den Größtkreis einer Kugel gebogen. Sind zwei oder drei Krümmungen erforderlich, sollte der Querschnitt angesichts der Zwängungen quadratisch oder rund sein. Heute nutzt man auch die computergesteuerte Werkzeugmaschine um dreifach gekrümmte Leimholzquerschnitte auf die gewünschte Form zu fräsen. Die Flächentragwerke des Julius Natterer verzichten bewusst auf diese Möglichkeit.

In seinen ersten Flächentragwerken geht er von elementaren geometrischen Figuren wie Kreis und Zylinder aus. Das Flächentragwerk reflektiert wie kein anderer Tragwerkstyp die konstruktive Haltung von Julius Natterer: einfache Bretter, einfache Abläufe, einfache Baustelleneinrichtung, einfache Handwerkzeuge, einfache Verbindungsmittel. Die Verbindung, auf dessen Wechselspiel mit der Struktur hingewiesen wurde, besteht aus zum Gitter übereinander gelegten Brettern, die in den Kreuzungspunkten verschraubt und oder zusammen mit kurzen Füllbrettern verschraubt werden. Der Betrachter ist bei so viel Einfachheit fasziniert darüber, wie schön, elegant und schlüssig diese Schalen sind. Sie stehen in ihrem architektonischen Anspruch nicht hinter jenen zurück, für die viel Geld und Technik bereitgestellt wird.

Die Flächentragwerke beschäftigen schon den Diplomanden an der Technischen Universität München. Aber erst im Jahr 1991 anlässlich der 700-Jahr Feier der Eidgenossenschaft erfolgt die Errichtung des Polydomes auf dem Gelände der EPF Lausanne. Mit dem Bau des Expo-Daches in Hannover im Jahr 2000 erreicht dieser Tragwerkstyp seinen vorläufigen Höhepunkt. Es ist bezeichnend, dass gerade das Flächentragwerk aus Holz das Motto der Ausstellung: Mensch-Natur-Technik, in so überzeugender Weise verkörpert. Trotz der Einfachheit seiner Prinzipien. Oder gerade deshalb?



Abb. 31: Lausanne Polydôme [54]



Abb. 32: Hasliberg Rehaklinik [54]



Abb. 33: Ober-Rammstadt Ausstellungshalle [52]



Abb. 34: Utzwil Therapiehalle für Pferde [54]



Abb. 35: Kleinmachnow Sporthalle [52]



Abb. 36: Hannover EXPO-Dach [54]

### 6.13 Faserbewehrung

Holz ist anisotrop. Der Baum geht gegenüber äußeren Belastungen ökonomisch vor. Wenn wir Holz nutzen, lösen wir es aus seinem ursprünglichen Kontext und fügen es in einen neuen, für den es nicht gewachsen ist.

In der Regel treten im Holzbau - vornehmlich in den Verbindungen – mehrachsige Spannungszustände auf, die zu gefährlichen Schub- und Querkzugbeanspruchungen führen. Es liegt daher nahe, die entsprechenden Festigkeiten durch nachträgliches Bewehren zu

verstärken. Dies kann auf mannigfaltige Weise erfolgen. Ein viel versprechender Ansatz besteht in der Verstärkung mit Glasfasergeweben. Sie sind leicht, preiswert, fest und drapierbar. Außerdem kann der Verbund von Hand hergestellt und danach bearbeitet werden. Besonders empfiehlt es sich, die Querkzug- und Schubfestigkeit zu ertüchtigen. Hingegen erhöht sich die Längsfestigkeit nur mit hohen Bewehrungsgraden.

Eine Brücke als Rautenfachwerk mit glasfaserbewehrten Knoten ist die erste Realisierung dieser Art. Darüber hinaus schützt die Faserbewehrung bei richtiger Ausführung die Tragwerksteile vor der Bewitterung.



Abb. 37: Brücke mit textilbewehrten Knotenpunkten [54]



Abb. 38: Versuchskörpers [52]

## **7 Bauwerksliste**

Die dargestellte Struktur dient zur Gliederung von Tragwerkstypen im Holzbau. Sie dient als Grundlage für die Auswahl und Einteilung der Holzbauprojekte. Sie unterteilt in Tragwerkstrukturen linearer, flächiger und räumlicher Art und differenziert innerhalb dieser Punkte weiter.

100 Bauvorhaben sind tabellarisch in einer Bauwerksliste zusammengetragen. Um eine übersichtliche Auflistung zu erhalten, sind sie in die Kategorien Gebäude, Hallen, Brücken und Sonderbauwerke unterteilt und jeweils chronologisch sortiert. Zu jedem Bauwerk sind kurz und prägnant Informationen zu Standort, Bauwerksfunktion, Tragwerk und Verbindungskonzepten notiert. Mit Abschnitt 8 sind für 50 dieser Bauwerke Bauwerksbeschreibungen erstellt, die das jeweilige Bauwerk mit Text und Bildern näher erläutern. Dabei wird näher auf die Konstruktion, das Tragwerk, die Verbindungen und Besonderheiten des Bauwerks eingegangen.

# Struktur

## Linear

## Flächig/Form

Topologie  
(primär)

Gerade

Gekrümmt  
Einfach/ Zweifach/ Dreifach

Eben

Freiform

Gewölbt  
Einfach/ Doppelt

Struktur-  
element

Stab

Balken

Gelenkstabzug

Polygonzug

Rahmen

Bogen

Rost

Scheibe

Platte

Schale

Struktur-  
element  
(Form)

Einfach gekrümmt

doppelt gekrümmt

Tonne

negativ

positiv

Struktur-  
element  
(Form)

Struktur-  
element  
(Form + Rand)

Struktur-  
element  
(Form +  
Quers.)

Bau-  
werke

- Stat. Systeme
- Stützen mit/ ohne Zwischenabstützung
- eingespannte Stützen
- Fachwerkstützen
- Strebenwerke
- Stab- u. Strebenbündel-Systeme

- Stat. Systeme
- Balken mit/ohne Gelenkstützung
- gekrümmt/ geknickt
- Vollwandträger mit/ ohne veränderlicher Höhe
- Fachwerkträger
- unterspannte Träger

- Stat. Systeme (Dreigelenkstabzüge, Viergelenkstabzüge)
- Stäbe des Stabzuges als Einfachstab, unterspannte Träger, Fachwerkträger, usw.

- Stat. Systeme (als Gelenkstabzüge)

- Stat. Systeme (als Dreigelenkrahmen usw.)
- Vollwand, Fachwerke, Strebenysteme, usw.

- Stat. Systeme (als Druckbogen/ Hängebogen)
- Zweigelenk-/ Dreigelenkbogen
- Anordnung räumlich
- Vollwand, Fachwerk, usw.
- Auflagerböcke

- Trägerroste mit Vollwand- oder Fachwerkträgern
- Trägerlagen gestapelt oder in einer Ebene
- Fachwerkroste
- Raumbauwerke
- Stützen in Ecken, am Rand, im Feld
- Ausbildung Sekundärsysteme zur gleichm. Lastabtragung im Primärrost

- als Flächen-tragwerk mit Belastung parallel zur Ebene für Wände (Vertikal-lasten, Aussteifung, in Falten usw.)

- als Flächen-tragwerk mit Belastung senkrecht zur Ebene für Decken, Dächer, Brücken, Gehbahnen, in Falten usw. (Aussteifung, in Falten usw.)

- Varianten Form/ Tragwerk (Halbkreis, Spitzbogenform, Kreisabschnitt, Parabel-ausschnitt usw.)
- Auflagerung
- Aussteifung

- Sattelschalen (ein Stück oder zusammengesetzt)
- Rotationschalen
- Hängeschalen
- Grundriform
- Auflagerung
- Aussteifung

- Kuppelschalen (Bogenkuppel, Rahmenkuppel, Stabwerkskuppel, Rippenkuppel)
- Grundriform
- Auflagerung
- Aussteifung

- Querschnitte voll/ aufgelöst (rund, eckig, kreuz, Gitterstäbe usw.)
- Materialwahl

- Querschnitte voll/ aufgelöst (rund, eckig, kreuz, mehrteilig, Verbundträger)
- Materialwahl

- Querschnitte
- Materialwahl

- Querschnitte
- Materialwahl

- Querschnitte
- Materialwahl

- Querschnitte
- Materialauswahl

- Querschnitte/ Scheibenaufbau (einfache Scheibe, Massivscheibe, usw.)
- Materialwahl

- Querschnitte/ Plattenaufbau (einfache Platte, Massivplatte, Rippenplatte usw.)
- Materialwahl

- Ausbildung Rippen (Balken-elemente wie Zollinger), Vollquerschnitte (gekrümmte KVH/ BHS, Brettstapel usw.)
- Materialwahl

- Ausbildung Rippen
- Materialwahl

- Ausbildung Rippen
- Materialwahl

- 2 Dessen Segelclub
- 4 Cendol Fernheim
- 5 Charlou sur Merne
- 9 Buchegg Schule
- 21 Heiligenstadt Kirche
- 23 Lausanne Wohnheim
- 25 Berlin 7-Geschosser
- 28 Fischen Haus d. G.
- 34 Weihenstephan TU
- 35 Bayreuth TU Mensa
- 36 La Lecherette
- 37 Niederurnen
- 52 Verbier Schwimmbad
- 53 Eching Sporthalle
- 60 Maloja Turnhalle
- 65 Siskon Turnhalle
- 69 Windberg Werkhalle
- 71 Marienberg Turnhalle
- 72 Corsalone TLF
- 76 Hebertshausen
- 83 Vallorbe Brücke
- 84 Wimmis Brücke
- 88 Wieserfelden Steg
- 93 Dortmund Schale
- 95 Altusried Tribüne
- 97 Hannover Expo-Dach
- 98 Lausanne Turm
- 99 WII Aussichtsturm
- 101 Turm Hammerhof

- 1 Lech Kirche
- 3 Bad Wildungen
- 19 Moruz-Hotel
- 24 Mogldorf
- 33 München-Solln
- 42 Grafing Eishalle
- 43 Deggendorf Eishalle
- 47 Weihenburg
- 49 Noreaz Abundhalle
- 50 Faragny
- 53 Eching Sporthalle
- 57 Rossbach Mc Jeans
- 59 Steg Halle
- 60 Maloja Turnhalle
- 65 Siskon Turnhalle
- 69 Windberg Werkhalle
- 71 Marienberg Turnhalle
- 72 Corsalone TLF
- 76 Hebertshausen
- 80 München Isarbrücke
- 81 Martigny Brücke
- 82 Ravines Brücke
- 83 Vallorbe Brücke
- 84 Wimmis Brücke
- 85 Kerzers Brücke
- 86 Le Sentier Brücke
- 87 Neutrading Brücke
- 89 Durango Brücke
- 90 Mariast Brücke
- 91 Stuttgart Brücke
- 95 Altusried Tribüne

- 1 Lech Kirche
- 43 Deggendorf Eishalle
- 75 Haukuuori Sporthalle

- 3 Bad Wildungen
- 16 Schneverdingen
- 25 Berlin 7-Geschosser
- 44 München Riem
- 46 Selb Eissporthalle
- 51 Venetier Eissporthalle
- 66 Morges Werthalle
- 73 Lintgen Sporthalle
- 82 Ravines Brücke
- 84 Wimmis Brücke

- 46 Selb Eissporthalle
- 48 Wien Recyclinghalle
- 54 Amberg Schwimmbad
- 61 Ariesheim Turnhalle

- 26 Brakel Schule
- 32 Weihenstephan Uni
- 34 Weihenstephan Uni
- 45 Nürnberg Messe
- 55 Lausanne Salzlager
- 58 Lützelhof Turnhalle
- 77 Wisp Werkhalle
- 78 Kolbermoor Kirche

- 5 Charlou sur Merne
- 6 Etoy Stad' Ausbau
- 7 Clarens Wohnhaus
- 8 Glatmont Wohnhaus
- 9 Buchegg Schule
- 10 Schaanwald
- 13 Freiburg-Rieselfeld
- 14 Ariesheim
- 16 Schneverdingen
- 17 Zwiessel Jugendcamp
- 22 Johanniskreuz
- 23 Lausanne Wohnheim
- 24 Mogldorf
- 25 Berlin 7-Geschosser
- 26 Brakel Schule
- 27 Windberg Haus Zinth
- 30 Häuser Kessler
- 35 Bayreuth TU Mensa
- 60 Maloja Turnhalle
- 65 Siskon Turnhalle
- 69 Windberg Werkhalle
- 79 Amberg Lederersteg
- 98 Lausanne Turm
- 99 WII Turm

- 5 Charlou sur Merne
- 6 Etoy Stad' Ausbau
- 7 Clarens Wohnhaus
- 8 Glatmont Wohnhaus
- 9 Buchegg Schule
- 10 Schaanwald
- 11 Triesenberg Schule
- 12 Wildpoldsried Schule
- 13 Freiburg-Rieselfeld
- 14 Ariesheim
- 17 Zwiessel Jugendcamp
- 21 Heiligenstadt Kirche
- 22 Johanniskreuz
- 23 Lausanne Wohnheim
- 24 Mogldorf
- 25 Berlin 7-Geschosser
- 26 Brakel Schule
- 27 Windberg Haus Zinth
- 28 Häuser Kessler
- 29 Windberg Haus Zinth
- 30 Häuser Kessler
- 31 Triesenberg Wohnhaus
- 41 Hasliberg Rehaklinik
- 69 Windberg Werkhalle

- 17 Zwiessel Jugendcamp
- 29 Gernsbach
- 61 Ariesheim Turnhalle
- 62 Mehrow Reithalle
- 63 Kleinmachnow
- 66 Morges Werthalle
- 67 Hausdorf Sporthalle

- 48 Wien Recyclinghalle
- 39 Amberg Schwimmbad
- 92 München Schale
- 93 Dortmund Schale
- 94 Rosenheim Schale
- 95 Altusried Tribüne
- 97 Hannover Expo-Dach

- 38 Ober-Ramstadt Haus
- 39 Triesen Kindergarten
- 40 Prato Sozialzentrum
- 41 Hasliberg Rehaklinik
- 56 Lausanne Polydome
- 64 St. Quentin Yveline
- 68 Utzwil Therapiehalle

## 7.1 Gebäude Wohnungsbau, hölzerne Dachtragwerke von Gebäuden

Tabelle 1: Textteile in der Tabelle [40][41][50]; Abbildungen in der Tabelle [52][53][54]

Nr.	Jahr	Bauwerk		Standort		Bemerkungen: Tragwerk, Konstruktion, Bauweise, Details	
1	1977	Kirche	Holzhausbau	Lech	A	Mehrgelenksystem (statische Überbestimmtheit ist ausgesteift), mehrteiliger Träger, BSH, große Nagelplatten mit Gelenkbolzenverbindung innenliegend im mehrteiligen Träger, für 10kN/m <sup>2</sup> Dachlast	
2	1978	Bootshaus, Clubhaus, Appartements	Holzhausbau	Diessen	D	Skelettbau (Stützen/Riegel) direkt über dem Wasser, Kreuzstützen Stabdübelverbindungen, Kontaktstöße	
3	1982	Holzfachschule	Holzhausbau	Bad Wildungen	D	Holzrahmen mit Mauerwerksausfachung zur Aussteifung; Pultdachbinder im Dach unterspannt; Fachwerk ohne Stahlverbindungen Kontaktstöße zur Kopplung von Ober- und Untergurt, Kontaktstöße Verbindung Riegel/Stütze mit Füllblöcken und Stabdübeln	
4	1988	Ferienheim für Behinderte	Holzhausbau	Genolier	CH	Stabwerk, Stabbündel, mehrteilige Querschnitte mit Kreuzquerschnitt (Brettanlaschungen an Balken), Kontaktstöße, geschweißte Stahlteile, Stahl-Dübel-Details  Lärchenholz	

5	1989	Agrarministerium, Bürogebäude	Holzhausbau	Charlon-sur-Marne	F	zweigeschossige Flachdachbauten, Stützen-Riegel-Konstruktion, Aussteifung durch Wandelemente in Holztafelbauweise, Holz-Beton-Verbunddecken, Rundholz, Kantholz, Stahlkonsolen als Auflager für Riegel	
6	1989	Ausbau Stadl	Holzhausbau	Etoy	CH	Stützen mit Halbrundholz-Verstärkung, Brettstapel, HBV	
7	1992	Einfamilienhaus 1. Familie Stamm 2. Familie Beler	Holzhausbau	Clarens	CH	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund mit Kerven Anschlüsse Brettstapel (Dach, Aussenwand), Knotenpunkte mit Brettstapelwänden, Balken, Stütze, HBV-Decken, usw.)	
8	1993	Wohnhaus / Wohnkomplex	Holzhausbau	Gilamont (Vevey)	CH	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund mit Kerven, bis 11m Spannweite	
9	1994	Sonderschule	Holzhausbau	Buchegg	CH	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund, Rundholzstützen, innenliegende Stahlbleche mit Stabdübeln, Anschlüsse Balken/Riegel an Stützen, Stahlkappen	

10	1994	Wohnanlage	Holzhausbau	Schaanwald	CH	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund mit Kerven für Wohnungstrenndecken	
11	1994	Primarschule und Hausmeisterhaus	Holzhausbau	Triesenberg	FL	Brettstapel, Holz-Beton-Verbunddecken mit Kerne und KH-Stützen	
12	1995	Schule	Holzhausbau	Wildpoldsried	D	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund, Furnierstreifenholz (Paralam) für Unterzug, Vollholz, Rundholz  Auflagerschuhe, Stahlbleche	
13	1996	gr. Wohnhaus	Holzhausbau	Freiburg - Rieselfeld	D	Brettstapel, Holz-Beton-Verbund	
14	1997	Reihenhäuser "Obere Widen"	Holzhausbau	Arlesheim	CH	3 geschossiges Haus, Decken und Wände Brettstapelbauweise, sandgefüllte Wohnungstrennwände	

15	1999	Haus Guisan, Einfamilienhaus/Wohnhaus	Holzhausbau	Montreux	CH	Verwendung natürlicher Materialien als Baustoffe (Holz, Lehm, Naturstein), Energiekonzept bzw. Ökologiekonzept des Gebäudes, Haus im Haus	
16	1999	Kirche Eine-Welt-Kirche	Holzhausbau	Schneverdingen	D	Brettstapel, Fachwerkrahmen / Fachwerkträger mit Stahlzugband, zweischalige Brettstapelwände innen tragend aus Kiefer, Außenfassade Eiche	
17	1999	Jugendcamp-Nationalpark Bayrischer Wald Hauptgebäude	Holzhausbau	Zwiesel	D	Hauptgebäude: Brettstapel, Massivholzwände, Stützen, Balken, Vollholz aus dem Nationalpark	
18	2002	Restaurant	Holzhausbau	Chaux	CH	Blockbau, Rundholz, KVH, Holzwerkstoff, Holz-Beton-Verbunddecken, Queranschlüsse, Verbindung Stützen obere und untere Geschosse mit Gewindestäben durch Balken hindurch	
19	2002	Hotel Palafitte	Holzhausbau Tafelbau	Monruz	CH	Holz-Glas-Verbundträger Klebeverbindung Holz-Glas, Massivholzplattform, Balkenrost	

20	2003	Einfamilienhaus Sanierung (Fachwerkhaus mit Glasausfachung)	Holzhausbau massiv	Klosterbruch	D	Fachwerkhaus mit Holz-Glas-Verund-Fassadenausfachung	
21	2003	Kirche	Massivholzbau	Heiligenstadt	D	Brettstapel, Strebenbündel	
22	2004	Haus der Nachhaltigkeit	Holzhausbau	Johanniskreuz	D	Brettstapel, Massivholzbau, unterschiedlicher Holzarten (Wände in Fichte, Lärche, Eiche, usw.)	
23	2004	Studentenwohnheim	Holzhausbau Brettstapelbau	Lausanne	CH	Stützen, Riegel, Skelettbau, Tafelbau, Brettstapelwände und -decken	
24	2004	Kindertagesstätte und Turnhalle	Holzhausbau Hallen	Mögeldorf	D	Kindertagesstätte + Turnhalle, Brettstapel, Brettschichtholz, Rundstützen,	

25	2008	7 geschossiges Wohnhaus	Holzhausbau Geschoßbau	Berlin Prenzlauer Berg	D	Schwere Holzfachwerkwände, Brettstapel, Holz-Beton-Verbunddecken,	
26	2009	Brüder-Grimm-Schule	Holzhausbau	Brakel	D	Holzmassivbau, Brettstapel (Dach, Wände, Decke), Dachtragwerk als Hebelstabsystem (Kanthölzer mit nachgiebigem Verbund), Unterzüge auf Säulen mit Kapitellen im offenen EG Verbindungen mit Holzschrauben	
27	2011	Einfamilienhaus Familie Zinth	Holzhausbau	Windberg	D	Holzmassivbau in Brettstapelbauweise, Brettstapel für Wände, Decker und Dach, energetisches Konzept „Haus im Haus“, solare Energiegewinnung für Haustechniksystem (Heizung, Warmwasser, usw.)	
28		Haus des Gastes Gasthaus	Holzhausbau	Fischen	D	Skelettbau, Stabbündel, Strebenbündel Kontaktstöße, Sthlblechverbindungen	
29		Ausstellungsgebäude, Seminargebäude	Holzhausbau	Gernsbach	D	Dach als Rippenschale in Brettstapelbauweise, Stützen	

30		Häuser Kessler	Holzhausbau	Rodalben	D	Holzhäuser bis zu 4 Geschossen, Brettstapelmassivhäuser, Stützen / Riegel, Kreuzstützen	
31		Terrassenhaus	Holzhausbau	Triesen	FL	Etagenbau am Hang Brettstapel, Holz-Beton-Verbunddecken	
32	1974	Hörsaalgebäude der Forstuniversität	Dachtragwerk, Holzhausbau	Weihenstephan (München)	D	Fachwerkkrost, bis zu 8 Stäbe (auch mehrteilige) in einem Knoten zusammen, VollholzStahllaschen mit angeschweißten Dübeln (GEKA), Stahllaschen mit Rillennägeln, Stabdübel, Stahlblech zwischen den zweiteiligen Gurten	
33	1975	Kirche St.-Ansgar	Dachtragwerk Hausbau	München-Solln	D	Fachwerkträger, Nagelbleche mit Gelenkbolzen	
34	1980	Mensa TU München	Dachtragwerk Hausbau	Weihenstephan (München)	D	Balkenrost auf Stab- und Strebenbündel, zweiteilige Kopfbänder, vierteilige Stützen Nagelplatten mit Gelenkbolzen, Kontaktstöße für Druckkräfte auf geschweißten Stahlteilen (Auflager Stützen)	

35	1981	Mensa TU Bayreuth	Dachtragwerk Hausbau	Bayreuth	D	räumliches Stabwerk, Strebenbündel, Brettschichtholz, Vollholz Druck über Kontaktstöße, Pfettenauflager und eingefräste Taschen	
36	1986	Truppenunterkunft	Dachtragwerk Hausbau	La Lecherette	CH	Balkenträger, Sprengwerk, Stab-und Strebenbündel eingeschlitzte Bleche, Kontaktstöße mit Sperrholzknotenblock, 8kN/m <sup>2</sup> Schneelast	
37	1986	Autobahnraststätte (Mövenpick Glarner Land)	Dachtragwerk Hausbau	Niederurnen	CH	Sprengwerk, (Raumfachwerk), Strebenbündel / Stabbündel, Kanthölzer mit Entlastungsnut Druck über Kontaktstöße, geschweißte Stahlteile, Zuganschlüsse über Nagelplatten Stabbündelknoten mit Stahlschuh und Hartholzblock	
38	1996	Haus des Handwerkes	Holzhausbau Dachtragwerk	Ober-Ramstadt	D	Ausstellungshalle als Rippenschale in Brettstapelbauweise auf Pfosten-Riegel- Wandkonstruktion mit umlaufendem Holzzugglied, Nebenräume für Ausbildungs- und Lehrzwecke in Massivholzbauweise und Pfosten-Riegel- Konstruktion (Brettstapelwände und -decken, Brettschichtunterzüge)	

39	1998	Kindergarten	Dachtragwerk Hausbau	Triesen	FL	Rippenschale in Brettstapelbauweise (Kuppel), Auflagerung der Rippen auf Stahlrandgliedern	
40	2006	Sozialzentrum	Dachtragwerk Hausbau	Prato	I	Brettstapelrippenschale als Dach eines Skelett- und Tafelbaus (Stützen, Riegel, OSB- Beplankung)	
41	2007	Rehaklinik	Dachtragwerk, Büroräume	Hasliberg	CH	Kuppel als Rippenschale in Brettstapelbauweise, Brettstapeldecke auf Parallelogrammrost	

Bauwerksbeschreibung erstellt

besichtigte Bauwerke, Zustandserfassung

## 7.2 Hallen

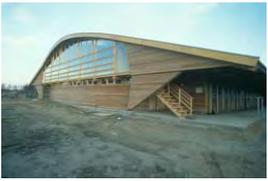
Tabelle 2: Textteile in der Tabelle [40][41][50]; Abbildungen in der Tabelle [52][53][54]

Nr.	Jahr	Bauwerk		Standort		Bemerkungen: Tragwerk, Konstruktion, Bauweise, Details	
42	1970	Eissporthalle	Dachtragwerk Hallen	Grefrath	D	<p>Fachwerkträger, mehrteilige Querschnitte aufgelöst, BSH</p> <p>Nagelbleche mit Gelenkbolzen (erste Gelenkbolzenverbindung) bei Anschluß Gurte mit Füllstäben, mehrteiliges Fachwerk, Auflager Fachwerkträger, Anschlüsse Pfetten und Windverband an Obergurte</p> <p>Stahlbalkenschuhe + Stahlteile</p>	
43	1973	Eissporthalle	Dachtragwerk Hallen	Deggendorf	D	<p>Dreigelenkstabzug mit Stahlzugband, BSH, gekreuzte Pfetten ergeben statisch wirksames Falwerk</p> <p>Sonderdetails, Firstpunkt eingeschlitzte Stahlplatten mit Dollen, Zugbandanschluß über Nagelbleche mit Stahlplatten und Bolzen, Endauflager Nagelblech mit Gelenkbolzen, Anschluß Pfette an Hauptträger mit Einlaß-/Einpreßdübeln</p>	
44	1974	Reithalle	Dachtragwerk Hallen	München-Riem	D	<p>Fachwerkrahmen (Dreigelenkrahmen) in VB-Bauweise, Stabwerk, nur Vollholz und Rundholz</p> <p>1mm Bleche durchgenagelt, Sperrholz-Knotenplatte</p>	

45	1974	Messehallen	Dachtragwerk Hallen	Nürnberg	D	Balkenrost aus Brettschichtholz, eingeklebte Gewindestange am Auflager, Einpressdübel	
46	1978	Eissporthalle	Dachtragwerk Hallen	Selb	D	Dreigelenkbogen als zentraler Firstträger, Brettschichtholz Sonderdetails, Stahlbelche als Konsole geschweißt, Auflager- und Firstgelenk vom Dreigelenkbogen, horizontaler Queranschluss,  3 teiliger Längsträger	
47	1979	Überdachung eines Ausgrabungsfeldes	Dachtragwerk	Weißenburg	D	unterspannte radiale Fachwerke, Dach nur auf zwei Pfählen, Hauptträger: Fachwerkbinder mit zweiteiligem Obergurt und zweiteiligen Diagonalen, doppelter Rundstahl als Zugband, Brettschichtholz Stahl-Dübel-Details	
48	1981	Recyclinghalle	Dachtragwerk Sonderbauwerke  Ø 172m	Wien	A	Hängedachkonstruktion, Hängerrippenschale, Brettschichtholz, Nagelbleche mit Gelenkbolzen für gelenkige Anschlüsse und biegesteife Trägerverbindung	
49	1982	Abhundhalle	Hallen	Noreaz	CH	3 teilige Holz-Holz-Verbundträger, Kanthölzer mit Überhöhung Stabverdübelt	

50	1983	Turnhalle Schule	Dachtragwerk Hallen	Farvagny	CH	Primärträger Fachwerk mit Kragträger, Sekundärträger Balken, Aula-Raum mit Unterspannung Kontaktstöße, geschweißte Stahlteile mit Stabdübeln, Nagelbleche	
51	1983	Eislaufhalle	Dachtragwerk Hallen	Verbier	CH	Fachwerkrahmen / Eingelenkrahmen mit Stahlabspannung, Fachwerkträger geschweißte Stahlteile, Nagelbleche mit Gelenkbolzen, Kontaktstöße mit Sperrholzblock, Dach für 10kN/m <sup>2</sup> Schneelast	
52	1983	Schwimmhalle	Dachtragwerk Hallen	Verbier	CH	räumliches Stabwerk, Fachwerkrahmen, vierteilige Pfosten, Brettschichtholz, Vollholz Stahl-Dübel-Details, Nagelplatten mit Gelenkbolzen, eingeschlitzte Bleche mit Stabdübeln, Dach für 10kN/m <sup>2</sup> Schneelast	
53	1984	Sporthalle	Dachtragwerk Hallen	Eching	D	Fachwerkträger, Stabbündel geschweißte Stahlteile, Nagelbleche mit Gelenkbolzen, Stahl-Dübel-Details	
54	1989	"Kurfürstenbad", Freizeithallenbad, Schwimmbad	Dachtragwerk Hallen	Amberg	D	Hängedach, Rippen aus Brettschichtholz, Nagelbleche, Stabdübel-Stahlblech-Details, Anschlüsse Hängerippen mit Diagonalen	

55	1989	Salzlagerhalle	Dachtragwerk	Lausanne	CH	Radiales Hebelstabsystem, Brettschichtholz Gerbergelenkknoten Querkraftanschlüsse, Stahl- Dübel-Details	
56	1991	Polydome Ausstellungshalle	Dachtragwerk Hallen	Lausanne	CH	Erste Rippenschale in Brettstapelbauweise Kugel, verschraubte Brettstapelrippen 4 Stahlaufleger der Hauptdiagonalen	
57	1991	Mac Mode GmbH Mc Jeans Industrie- und Produktionshalle, Lagerhalle, Büroräume	Hallen	Rossbach	D ?	Fachwerkträger Druck- und Zugstöße, Kontaktverbindungen, Bertschedübel	
58	1993	Turnhalle Mehrzweckhalle	Hallen	Lüterkofen	CH	Fachwerkrost mit Stahlzugband in Haupt- und Nebentragrichtung, schachbrettartig verlegte Brettstapeldecke, geschweißte Stahlbleche für Druckkontaktstoß der Füllstäbe an Gurte	
59	1993	Verwaltungsbau und Werkhalle	Hallen	Steg	CH	Brettstapel, schwere Holz-Beton-Verbunddecken großer und mittlerer Spannweite (11m), bei 10kN/m <sup>2</sup> Belastung, Brettschichtträger, Stützen	

60	1994	Turnhalle	Hallen	Maloja	CH	Sprengwerk/Hängewerk in Querrichtung, Satteldachform, Fachwerkträger bzw. durch Streben gehaltene Pfetten in Längsrichtung, Brettstapel Dach und -wände, Kontaktstöße auf Stahlblechen	
61	1997	Turnhalle	Dachtragwerk	Arlesheim	CH	Brettstapelrippenschale auf unterspannten Bogenbindern als Verbundträger, Bogenrandträger, geschweißte Stahlbleche mit Stabdübeln, Druckkontakt der Bogenbinder an Stahlknoten an Zugband	
62	1997	Reithalle	Dachtragwerk Hallen	Berlin-Treptow Mehrow-Trappenfelde	D	Brettstapelrippenschale, Rippen, Auflageböcke für Rippenkräfte und Aussteifung Auflager Rippenschale auf Randträger (Stahlhohlprofil) mit Kontaktpressung	
63	1997	Sporthalle	Dachtragwerk Hallen	Kleinmachnow	D	Brettstapelrippenschale, Rippen, Auflageböcke für Rippenkräfte und Aussteifung Auflager Rippenschale auf Randträger (Stahlhohlprofil) mit Kontaktpressung	
64	1997	Schwimmbad	Dachtragwerk Hallen	St. Quentin en Yveline	F	Brettstapelrippenschale (Torusform), Brettstapel, Bertsche BVD Verbunddübel für Zugring aus Brettschichtholz	

65	1998	Turnhalle	Dachtragwerk Hallen	Sisikon	CH	Sprengwerk, Brettstapel als Obergurt, Stabbündel, Brettstapel Kontaktstöße mit Hartholzblock	
66	2000	Werfthalle zum Bau der Galeere	Dachtragwerk Hallen	Morges	CH	Brettstapelrippenschale Tonnenform; Galeere in Leimholz und Glasfaserverstärkung	
67	2004	Sporthalle / Architekturbüro Sasse und Fröde	Dachtragwerk	Zschadrass / Hausdorf	D	Brettstapelrippenschale, Rippen, Auflageböcke für Rippenkräfte und Aussteifung Auflager Rippenschale auf Randträger (Stahlhohlprofil) mit Kontaktpressung	
68	2004	Therapiezentrum für Tiere; Therapiehalle für Pferde	Hallen	Utzwil	CH	Kugelkalotte, Rippenschale in Brettstapelbauweise	
69	2006	Werkhalle	Hallen	Windberg	D	Holzmassivbau, Massivholzdecke 12m Spannweite und mit Auskrägung, Stützen, Riegel sowie Wände aus egalisiertem Rundholz	

70	2006	Veranstaltungssaal	Sonderbauwerke	Limoge	F	Transluzente räumliche Struktur als Aussenhülle, Tribüne aus liegendem gekrümmtem Brettschichholzträger	
71	2006	Sporthalle	Hallen	Marienberg	D	Druckstrebenfachwerk / Sprengwerk, Brettschichtholz	
72	2007	Werkhalle	Hallen	Corsalone TLF	I	Bogenfachwerk aus Douglasienbalken und durchgeschraubten Blechen als Fachwerkknoten	
73	2011	Sporthalle	Hallen	Lintgen	Lux	Rahmen , Sprengwerkrahmen Zugstoß Untergurt	
74		Schwimmbad	Dachtragwerk	Bad Wildungen	D	Unterspannte gekrümmte Fachwerkträger. gekrümmte Brettschichtbinder	

75		Sporthalle	Dachtragwerk	Haukivuori	Fin	unterspanntes Dreigelenkstabsystem (Dachbinder) mit Obergurt als Voutenträger aus Kerto-Platten, darauf Brettstapelelemente	
76		Turnhalle	Dachtragwerk Hallen	Hebertshausen	D	Fachwerkträger mit Nagelbleche mit Gelenkbolzen	
77		Industriehalle	Hallen	Visp	CH	Balkenrost als Hebelstabsystem, Brettschichtholz, Vollholz Queranschlüsse mit Trigonverbinder	
78		Kirche	Dachtragwerk	Kolbermoor	D	Trägerrost mit zweiteiligem Balkenquerschnitt BSH, biegesteifer Stoß durch Nagelplatten mit Gelenkbolzenverbindung an den Balkenkreuzungen	

Bauwerksbeschreibung erstellt

besichtigte Bauwerke, Zustandserfassung

### 7.3 Brücken

Tabelle 3: Textteile in der Tabelle [40][41][50]; Abbildungen in der Tabelle [52][53][54]

Nr.	Jahr	Bauwerk		Standort		Bemerkungen: Tragwerk, Konstruktion, Bauweise, Details	
79	1978	Lederersteg	Brücken	Amberg	D	Faltwerk - 2 geneigte Scheiben aus BSH in Dachebene Einpressdübel mit Bolzen, Stabdübel-Blech-Details, KH-Rahmen für Queranschlüsse	
80	1978	"Oberföhringbrücke" Fußgängerbrücke über die Isar	Brücken	München	D	Fachwerkträger, Stahlbleche mit Stabdübeln, Holzverbindungen durch Nagelbleche mit schweren Gelenkbolzenverbindungen, Brettschichtholz	
81	1983	Fußgängerbrücke über die Dranse	Brücken	Martigny	CH	abgespannte Brücke, Holz-Holz-Verbund, verdübelte Balken, Vollholz	
82	1989	Schwerlastbrücke	Brücken	Ravines	CH	Rahmenfachwerk aus gekrümmten Brettschichträgern, unterspannte Querträger (Fahrbahn), Zugstäbe (GEWI-Stäbe), Brettschichtholz, Vollholz, , Versatzanschlüsse	

83	1989	Fußgängerbrücke über die N9	Brücken	Vallorbe	CH	abgespannte Brücke, Holz-Holz-Verbundträger, sägegestreiftes Rundholz Einpreßdübel, Bolzen, Pylonaufleger mit Kontaktpressung, geschweißte Stahlbleche, Stabdübel	
84	1989	Brücke über die Simme	Brücken	Wimmis	CH	3-Feld-Fachwerkträger mit Druckdiagonalen, Kerto-Furnierschichtholz, BSH mit Kerto-Platten, Stahlschuh/ Nagelversatzschuh, Kontaktstöße, Gelenkbolzenverbindung	
85	1991	HBV-Brücken	Brücken	Kerzers	CH	Holz-Beton-Verbundbrücken (2 Brücken) für Fahrzeugverkehr, Rundholz (sägegestreift), Schubverbund über Kerfen mit Hilt HBV-Ankern	
86	1991	Schwerlastbrücke	Brücken	Le Sentier (Kerzers CH)	CH	Holz-Beton-Verbund für Fahrzeugverkehr, Rundholz (sägegestreift), Schubverbund über Kerfen	
87	2001	Fischbrücke	Brücken	Neutraubling	D	Gitterfachwerk, Brettstapeldach, Brettschichtholz, Vollholz Stabdübel- und Bolzenverbindungen, Stahlbleche an Hauptknoten und Auflagerknoten	

88	2002	Naturbeobachtungssteg	Brücken Sonderbauwerke	Wiesenfelden	D	Naturbeobachtungssteg, pfahlgestützte Brücke über einen Weiher, Brettstapeldach, Sprengwerk mit abgehängter Gehbahn, Vollholz, Rundholz Kontaktstöße, Schraubverbindungen, Stahlblechverbindungen	
89		Straßenbrücke	Brücken	Durango (Colorado, USA)	USA	Balkenbrücke (Straßenbrücke für Fahrzeugverkehr) mit abgehängten Querträgern und massiven Bohlenbelag (stehende geschraubte Kantholzer), Brettschichtholz Stahlteile für Querträgeranschluss	
90		Fußgängerbrücke (demontiert)	Brücken	Mariaort	D	Balkenbrücke über mehrere Felder	
91		Fußgängerbrücke	Brücken	Stuttgart	D	Fachwerkbrücke, Brettschichtholz, Gelenkbolzenverbindung, Stahlbleche, Versatzanschlüsse	

Bauwerksbeschrieb erstellt

besichtigte Bauwerke, Zustandserfassung

## 7.4 Sonderbauwerke

Tabelle 4: Textteile in der Tabelle [40][41][50]; Abbildungen in der Tabelle [52][53][54]

Nr.	Jahr	Bauwerk		Standort		Bemerkungen: Tragwerk, Konstruktion, Bauweise, Details	
92	1968	Schale Bau 68	Dachtragwerk Schale	München	D	Rippenschale (Lattenrost), zweilagiger vernagelter Lattenrost und 2 Brettlagen	
93	1969	Schale Pavillon BUGA	Dachtragwerk Schale	Dortmund	D	Hängeschale in Rippenbauweise, Rippen mit drei Brettlagen vernagelt, gr. geschweißtes Stahlteil für Anschluß Schale/Auflagerstützen und Stahlzugband	
94		Rippenschale	Dachtragwerk Schale	Rosenheim	D	Rippenschale, zweilagiger Bretterrost, Brettschichtholz-Randbalken, VollholzH Nagelverbindungen, Nagelplatten	
95	1999	Tribühne; Überdachung + Zuschauerränge einer Freilichtbühne	Dachtragwerk Überdachung	Altusried	D	räumliche Fachwerkträger mit Auskragung, Hängerippenschale, Brettstapel, Blockbau, Holz-Beton-Verbund, Rundholz, Vollholz Bertsche BVD-Verpreßdübel	

96	1999	Jugendcamp Nationalpark Bayrischer Wald  (siehe Nr.17)	Themenhütten	Zwiesel	D	verschiedene kleinere Einzelbauwerke	
97	2000	EXPO-Dach	Dachtragwerk Überdachung	Hannover	D	Brettstapelrippenschale (Überdachungsschirm), Brettstapel, Brettschichtholz, Rundholz, Bertsche BVD-Verbundanker, Rippen teilweise geklebt + teilweise genagelt, Anschluß Rippenschale an Kragträger, Anschluß Kragträger an Pyramidenstumpf, Kopf- und Fußpunkte des Turmes	
98	1994	Aussichtsturm Sauvabelin	Turm	Lausanne	CH	Turm, Massivholzwendeltreppe (Doppelhelix), Vollholz, Halbrundholz Stahlblechverbindungen mit Nägeln und Stabdübeln, Holzschrauben, Kontaktstöße	
99	2004	Aussichtsturm Wil	Turm	Wil Hofberg Wil	CH	Massivholzwendeltreppe (Doppelhelix), Rundholz Stahlbleche, geschweißte Stahlknotenteile, Stabdübel	

100	2005	Tribühnendach	Tribünendach	Wülfrath	D	Balken, Stützen, kleines Tribünendach	
101	2008	Wisentturm	Turm	Hammerhof	D	Turm, Einfachbauweise, Massivholzwendeltreppe (Doppelhelix), Vollholz Wandriegel, Schraubfundamente Kontaktstöße, Stahlbleche, Nägel und Schrauben	

Bauwerksbeschreibung erstellt	besichtigte Bauwerke, Zustandserfassung
-------------------------------	---

## 8 Bauwerke im Beschrieb

[40][41][49][50][51]

### 8.1 Gebäude: Wohnungsbau, Hausbau, Häuser in Holzbauweise

#### 8.1.1 Holzfachschule in Bad Wildungen

Die Holzfachschule wurde 1942 in Berleburg gegründet und nach dem Umzug 1953 nach Bad Wildungen wiedereröffnet. 1982 wurde sie erweitert. Die Erweiterung umfasste Unterrichts- und Versammlungsräume, Werkstätten, Lagerräume und ein Wohnheim für bis zu 120 Schüler. Das Gebäude ist in einer Holz-Mauerwerk-Konstruktion errichtet. Alle vertikalen Lasten werden über Holzrahmen abgetragen und das Mauerwerk bildet die horizontale Aussteifung und den Raumabschluss. Die Binderkonstruktion des Pultdaches ist aus Brett-schichtholz gefertigt und wurde innen sichtbar belassen. Die beiden Füllstäbe (Druckstäbe) sind über Kontaktpressung mit dem Ober- und dem Untergurt verbunden. Der Druckgurt ist ebenfalls über Kontaktstöße mit dem Zuggurt gekoppelt.



Abb. 39: Holzfachschule Außenansicht [54]



Abb. 40: Innenansicht [54]



Abb. 41: Innenansicht [54]



Abb. 42: Detail [54]



Abb. 43: Detail [54]



Abb. 44: Detail [54]

Standort:	34537 Bad Wildungen / D
Baujahr:	1982
Funktion / Zweck:	Erweiterung Holzfachschule
Bauherr:	Holzfachschule Bad Wildungen
Architekt:	Peter Göhlert und Udo Nieper, Darmstadt / D
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.2 Ferienhaus für geistig behinderte Menschen in Genolier

Die 1988 errichtete Anlage des Ferienheims besteht aus vier Gebäuden, einem Hauptgebäude und drei Wohntrakten. Die vier Gebäude sind hintereinander aufgereiht und im 1.OG durch eine Galerie miteinander verbunden.

Das Tragwerk wird aus massiven Gebäudeteilen (Mauerwerk, Stahlbeton) und einer Holzkonstruktion (Stabwerk) aus Stabbündeln mit z.T. mehrteiligen Querschnitten gebildet (Kreuzquerschnitte durch Anlaschungen). Abgestrebte und unterstützte Querträger tragen die Lasten der Längspfetten ab. In jeder zweiten Binderachse sind Mittelstützen angeordnet. Diese Mittelstützen nehmen über eine Strebe in der Binderebene die Lasten aus der Mittelpfette (Querrichtung) und über ein Sprengwerk die Lasten aus den Stützenfreien Binderebenen (in Längsrichtung) auf.

Horizontale Lasten werden in die massiven Gebäudeteile (Geschossdecken, Wände) eingeleitet. Eine Pfettenlage auf den Bindern trägt die Sparern und den Dachaufbau mit Dacheindeckung.

Geringe Windlasten erlauben es, die Aussteifung des Daches über diagonal verlegte und von der Unterseite mit der Dachschalung verschraubte Bretter herzustellen. Verbindungen sind meist durch einfache Nagelungen oder Verschraubungen ausgeführt. Bei größeren Lasten oder dem Zusammenschluss mehrerer Stäbe in einem Punkt, kommen auch Stahlblechverbindungen zum Einsatz (Anschlüsse mit Dübeln oder durch Kontaktpressung). Für alle sichtbaren Holzelemente kam sägeraues Lärchenschnittholz zum Einsatz.



Abb. 45: Genolier Außenansicht [52]



Abb. 46: Genolier Außenansicht [52]



Abb. 47: Innenansicht [52]



Abb. 48: Innenansicht [52]



Abb. 49: Innen [52]



Abb. 50: Detail [54]



Abb. 51: Detail [54]



Abb. 52: Detail [54]

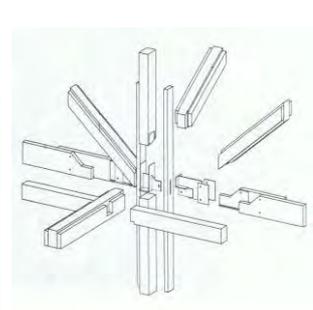


Abb. 53: Detail [54]

Standort: 1272 Genolier / CH  
 Baujahr: 1988  
 Funktion / Zweck: Neubau Ferienheim  
 Bauherr: Stadt Genf  
 Architekt: P.-A. Renaud, 1211 Genf / CH  
 Tragwerksplanung: F. Herrera, 1226 Genf / CH; Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.3 Umbau eines Stadls zum Wohnhaus in Etoy

Das Bauvorhaben betraf den Umbau und die Sanierung eines alten Stadels (Scheune) in Etoy zu einem Wohnhaus mit mehreren Wohnungen. Dabei handelt es sich um das erste Projekt, bei dem die Brettstapelbauweise zur Anwendung kam.

Der ursprüngliche Aufbau des Bauwerkes (Fachwerkbau) wurde erhalten, lediglich Pfosten mussten verstärkt werden. Die Innenwände und das Treppenhaus sind in Brettstapelbauweise hergestellt. Die Decken sind ebenfalls mit Brettstapeln (teilweise auch mit Halbrund-hölzern) in Holz-Beton-Verbundbauweise ausgeführt. Mit den Brettstapeldecken wurden Tragelemente eingesetzt, die über ein verhältnismäßig geringes Eigengewicht verfügen, was für die ursprüngliche tragende Holzkonstruktion, die alten Außenwände und die Gründung des Gebäudes von Vorteil war.

Die Brettstapel wurden nicht als Fertigelemente geliefert, sondern Brett für Brett vor Ort eingebaut. Hier zeigt sich ein Vorteil dieser Bauweise beim Umbau und der Sanierung bestehender Gebäude. Die einzelnen Bretter konnten ohne Probleme im Gebäude transportiert und verbaut werden. Hebemaschinen waren nicht nötig.



Abb. 54: Außenansicht [52]



Abb. 55: Innenraum während des Umbaus [54]



Abb. 56: Innen während Umbau [54]



Abb. 57: Treppenhaus [52]



Abb. 58: Treppenhaus [52]

Standort: 1163 Etoy / CH  
Baujahr: 1988 – 1989  
Funktion / Zweck: Umbau und Sanierung einer Scheune zum Wohnhaus  
Bauherr: Prof. Julius Natterer  
Entwurf / Planung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.4 Neubau eines Wohnhauses in Clarens

Eine Vorgabe für die Planung der dreigeschossigen Villa war es, eine flexible Gestaltung der Einrichtung zu ermöglichen. Folglich wurden die Spannweiten der Konstruktionselemente (Decken und Dach) über die gesamte Gebäudebreite von 7,25 m festgelegt, um möglichst jede Art von Zwischenstützungen zu vermeiden. Durch die Wahl und Zusammenstellung der Wände und Decken wurde die Konstruktion optimiert. Aus Kostengründen und in Übereinstimmung mit der Ästhetik wurde die Garagendecke mit Halbrundstämmen gefertigt, die Brettstapelwände sind im Innern sichtbar belassen, die Südfassade und das Dach sind mit Kantholz und die Decken sind in Holz-Beton-Verbundbauweise (12-16 cm Brettstapel, 8-10 cm Beton) mit unterseitig sichtbar belassener Holzoberfläche ausgeführt. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades konnte die Montagezeit auf der Baustelle auf eine Woche reduziert werden.



Abb. 59: Außenansicht [54]



Abb. 60: Bauphase [54]



Abb. 61: Bauphase [54]



Abb. 62: Bauphase [54]



Abb. 63: Bauphase [54]



Abb. 64: Bauphase [54]

Standort:	1815 Clarens / CH
Baujahr:	1992
Funktion / Zweck:	Einfamilienhaus
Bauherr:	Familie Stamm
Architekt:	Gilles Bellmann, 1816 Chailly-Montreux VD / CH
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.5 Sonderschule Blumenhaus in Kyburg - Buchegg

Die Erweiterung der Sonderschule umfaßt einen 2-stöckigen, 60m langen und 15m breiten, leicht gebogenen Gebäudetrakt (R = 256m) mit einem Verbindungsgang zum Bestands-schulgebäude. Das Untergeschoß ist in Stahlbeton-Massivbauweise hergestellt.

Die Decken über dem EG mit einer Spannweite von 7,2m und einem Kragarm von 70cm sind in Brettstapel-Beton-Verbundbauweise ausgeführt. In der Gebäudemitte lagern die Decken auf einer Stahlbetonwand, die zugleich die Längsaussteifung des Gebäudes sicherstellt. Auf der Außenseite sind sie auf Brettschichtholzträgern aufgelegt. Die Träger sind jeweils in den Gebäudeachsen in einem Winkel von etwa 1° gestoßen und können so die runde Gebäudeform aufnehmen. Ein speziell konstruiertes Stahlteil dient als Auflager der Träger und übergibt die Kräfte mittels Passbolzen und eingeschlitzten Blechen auf die als Pendelstützen ausgebildeten Rundholzstützen.

Die um 6° geneigte Dachplatte ist eine reine Brettstapelkonstruktion. Ihre Spannrichtung und Spannweite ist analog zu den Holz-Beton-Verbunddecken. Sie ist ebenfalls auf Unterzügen aus Brettschichtholz und auf den Beton-Längswänden aufgelagert. Die Unterzüge geben die Lasten wiederum auf die Rundholzstützen ab, die direkt über den Stützen des darunterliegenden Geschosses stehen.

Die Aussteifung des Gebäudes erfolgt über die als Scheiben wirkenden Decken, das Dach, die Wände und die beiden Nasszellkerne in Brettstapel, Brettstapel-Beton-Verbund und Stahlbeton.



Abb. 65: Außenansicht [53]



Abb. 66: Innen [53]



Abb. 67: Innen [53]

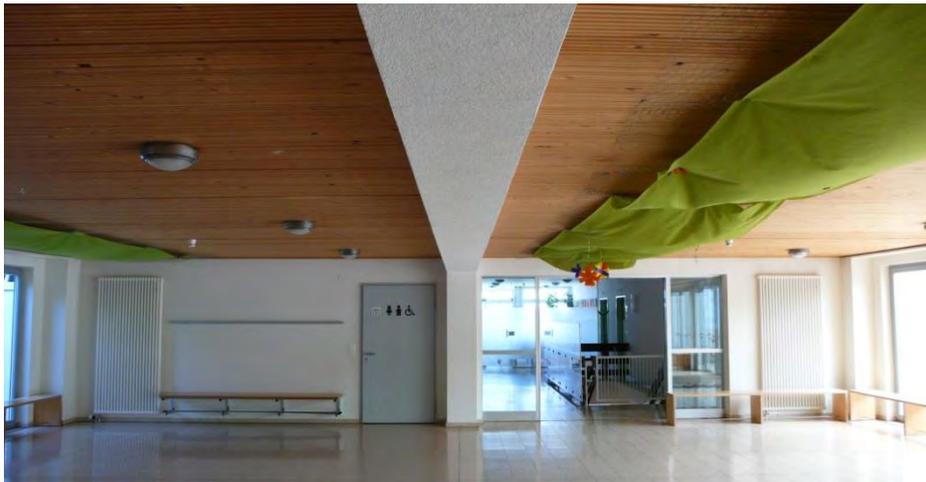


Abb. 68: Innen [53]



Abb. 69: Innen [53]



Abb. 70: Klassenraum [53]



Abb. 71: Detail Auflager [53]

Standort: 4536 Kyburg – Buchegg / CH  
 Baujahr: 1996 – 1998, Anbau / Neubau  
 Funktion / Zweck: mehrgeschossiges Schulgebäude  
 Bauherr: Verein Sonderschulheim Blumenhaus, 4586 Kyburg – Buchegg / CH  
 Architekt: Widmer Wehrle Blaser Architekten AG, 4500 Solothurn / CH  
 Tragwerksplaner : Holzbau: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH  
 Massivbau: Emch + Berger Solothurn AG, 4500 Solothurn / CH

### 8.1.6 Mehrfamilien-Wohnanlage in Schaanwald

Das viergeschossige Gebäude besteht aus 5 Doppel-einfamilienhäusern in verdichtet Bauweise. Die komplette Tragstruktur der 10 Wohnungseinheiten wurde durchweg in Brettstapelbauweise errichtet. Lediglich an den Stellen, an denen aus schallschutztechnischen Gründen erforderlich wurde, kam zusätzlich Beton zum Einsatz. So wurde bei den Wohnungstrenndecken und -wänden durch den zusätzlichen Beton die Masse erhöht und dadurch die notwendigen Schallschutzanforderungen erfüllt. Innerhalb der einzelnen Wohnungseinheiten wurden die Decken als reine Brettstapel belassen. Ihre Schallschutzwerte hierfür sind ausreichend gut. Zudem ergeben sie einen ansprechenden, parkettähnlichen Fußbodenbelag. Wände innerhalb der Wohnungen sind als leichte Trennwände ausgeführt.

Die Wohnungstrennwände bestehen aus wohnungsseitigen, jeweils 8cm starken Brettstapeln, die mit Beton ausgegossen sind. Zusätzlich ist eine Zwischeneinlage aus Mineralwolle eingelegt.

Die Brettstapeldecken innerhalb der Wohnungen sind 16cm stark. Die Wohnungstrenndecken bestehen aus 12cm Brettstapel mit Verbund mit 12cm Beton. Die Brettstapel der Satteldachkonstruktion (hinterlüftetes Satteldach) sind 16cm stark. Die Gründung erfolgte auf einer Stahlbetonbodenplatte.



Abb. 72: Außenansicht [54]



Abb. 73: Innenansicht [54]



Abb. 74: Außenansicht [54]



Abb. 75: Bauphase [54]



Abb. 76: Bauphase [54]

Standort: 9486 Schaanwald / FL  
 Baujahr: 1995  
 Funktion / Zweck: Mehrgeschossiges Wohngebäude  
 Bauherr / Architekt: BAG – Büro für Architektur und Generalunternehmungen Marcus Freund  
 9471 Buchs / CH  
 Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.7 Primarschule in Triesenberg

Die Verwirklichung dieses Bauvorhabens stellt die erste Anwendung des Holz-Beton-Verbundsystems in einem öffentlichen Gebäude dar. Der Gebäudekomplex umfasst ein zweiflügliges Schulgebäude mit jeweils drei Obergeschossen (5 Geschosse gesamt) und ein Hausmeisterwohnhaus. Die Verbunddecken der Klassenzimmer haben eine Spannweite von 8 m. Die Brettstapelelemente wurden im Werk vorgefertigt. Die einzelnen Bretter sind 5 m lang und 3 x 16 cm im Querschnitt. Die Dicke der Normalbetonschicht beträgt 12 cm. Um den Trittschallschutz in den Klassenräumen zu gewährleisten, wurde vor dem Verlegen des Fußbodenbelages eine Schallisolationsschicht auf der Verbunddecke verlegt. Das Dach besteht aus Brettstapelelementen von 13 cm Dicke, die auf unterspannten Trägern aufliegen. Die Fassade ist am Lastabtrag beteiligt, sie trägt Deckenlasten und gibt diese an Stützen weiter. Die Aussteifung des Gebäudes ist durch einen Betonkern, der das Treppenhaus umschließt, gesichert.

Das dreigeschossige Hausmeistergebäude ist in Brettstapelbauweise errichtet.

#### Schulgebäude



Abb. 77: Außenansicht [54]

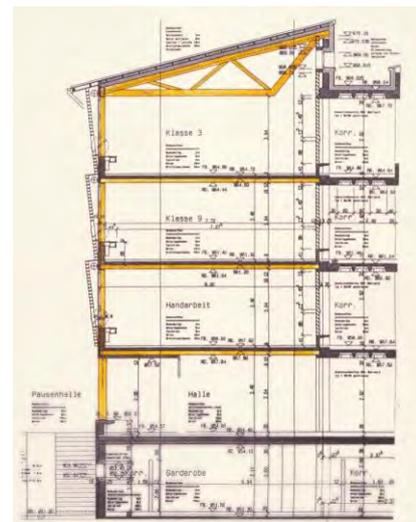


Abb. 78: Gebäudeschnitt [54]

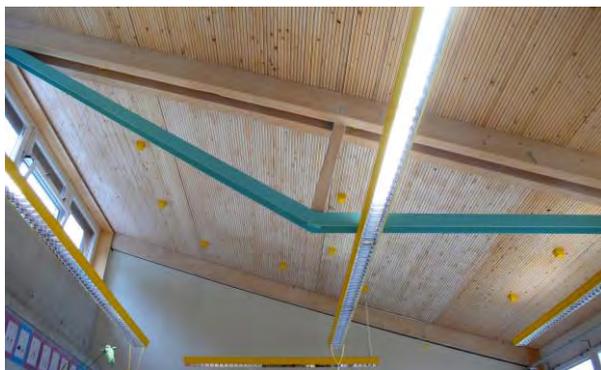


Abb. 79: Decke, unterspannter Träger [53]



Abb. 80: Innenansicht [53]



Abb. 81: Brettstapeldecke Bauphase [54]



Abb. 82: Brettstapeldecke Kerve [54]

## Hausmeisterwohnung



Abb. 83: Außenansicht Hausmeisterhaus [54]



Abb. 84: Innenraum [54]



Abb. 85: Innenraum [54]



Abb. 86: Innenraum [54]

Standort:	9497 Triesenberg / FL
Baujahr:	1994
Funktion / Zweck:	mehrgeschossiges Schulgebäude mit Hausmeisterhaus
Bauherr:	Gemeinde Triesenberg
Architekt:	H. Ospelt, 9495 Triesen / FL, mit Marcus Freund
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.8 Schule in Wildpoldsried

Das bestehende Schulgebäude sollte durch einen Anbau vergrößert werden. Der Erweiterungsbau bildet einen Winkel von 90° mit dem Bestand, er ist zweigeschossig und besitzt eine Grundfläche von ca. 16,8 x 24,0 m.

Alle Wände sind aus Brettstapelelementen gefertigt, einzige Ausnahme sind Brandschutzwände aus Beton. Die Holz-Beton-Verbunddecken (Holzdicke 18 cm, Betondicke 12 cm) besitzen als Holzteil ebenfalls Brettstapelelemente (Spannweite bis 8,50 m). Das Dach (Brettstapel) setzt sich aus zwei versetzten Flächen mit ebenfalls bis zu 8,50 m Spannweite zusammen. Die Aussteifung ist über die als Scheiben wirkenden Decken gesichert, die die horizontalen Kräfte auf die Giebel- und Innenwände übertragen. Die aussteifenden Brettstapelwände sind mit Sperrholzplatten beplankt.



Abb. 87: Außenansicht [54]



Abb. 88: Außen [54]



Abb. 89: Innenansicht [54]



Abb. 90: Innenansicht [54]



Abb. 91: Bauphase Deckenbetonierung [54]



Abb. 92: Detail Auflager [54]

Standort: 87499 Wildpoldsried / D  
Baujahr: 1995  
Funktion / Zweck: Erweiterung Schulgebäude  
Bauherr: Gemeinde Wildpoldsried  
Architekt: Zwerch Architekten, 87435 Kempten / D  
Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.9 Mehrgeschossiges Wohnhaus in Freiburg - Rieselfeld

Bei dem Bauvorhaben Rieselfeld in Freiburg handelt es sich um einen viergeschossigen Wohnungsbau mit insgesamt 24 Wohneinheiten. Das gesamte Wohngebäude ist unterkellert (Stahlbeton). Neben dem Keller befindet sich auf der Gebäudelängsseite eine Tiefgarage mit Zufahrt.

Das viergeschossige Wohnhaus setzt sich aus zwei symmetrischen Haushälften zusammen. Der Zugang zu den Wohnungen erfolgt über Treppenhäuser (Zugänge an vorder- und Rückseite des Gebäudes) von denen im EG und im 3. OG ein Laubengang abgeht.

Die Wohnungsdecken sind zum Teil in Holz-Beton-Verbundbauweise (Brettstapel) und als alleinige Brettstapeldecken ausgeführt. Die Wände sind in Brettstapelbauweise ausgeführt. Zur Wahrung des Brandschutzes bestehen sie aus zwei Schichten Brettstapel (8cm), deren Zwischenraum mit Beton (15cm) aufgefüllt wurde. Leichte Trennwände, sind in Ständerbauweise ausgeführt. Das Dach in Pultdachform mit leichtem Gefälle, wird durch eine rostartige Balkenkonstruktion gebildet.

Die Queraussteifung des Gebäudes erfolgt über die Holz-Beton-Verbund-Wände im Inneren und über die beplankten Brettstapel-Außenwände. Die Längsaussteifung übernehmen die inneren Wände. Die Deckenscheiben leiten die Lasten zu den Wandscheiben hin ab, von denen sie zur Gründung weitergeleitet wird.



Abb. 93: Außenansicht [54]



Abb. 94: Außen [53]



Abb. 95: Außen [52]



Abb. 96: Innenraum Bauphase [54]

Standort:	79111 Freiburg / D
Baujahr:	1996
Funktion / Zweck:	mehrgeschossiges Wohnhaus
Bauherr:	Land Baden Württemberg, Stadt Freiburg, Siedlungsgesellschaft Freiburg
Architekt:	Joachim Eble Architektur, 72076 Tübingen / D
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.10 Reihenhäuser Obere Widen in Arlesheim

Die Wohnsiedlung „Obere Widen“ in Arlesheim beherbergt 72 zwei- und dreigeschossige Reiheneinfamilienhäuser. Sie sind in vier unterteilten Zeilen angeordnet und bilden das Zentrum der Wohnsiedlung in unmittelbarer Nähe des Naturschutzgebietes Birsufer.

Die Reihenhäuser sind zweigeschossig und besitzen meist zusätzlich ein aufgesetztes Lukarnengeschoß. Die einzelnen Reihenhauseinheiten sind ca. 100m lang, 13m breit und etwa mittig durch eine durchlaufende Gasse in zwei Teile getrennt.

Das maßgebende Konstruktionselement bilden Brettstapel. Aus ihnen sind die tragenden Decken und Wände gefertigt. Die Brettstapel (Nadelholz) wurden elementweise vorgefertigt und dann auf der Baustelle montiert. Dabei sind die Wandelemente geschoßhoch und 70mm dick, die Deckenelemente überspannen bei einer Dicke von 150mm knapp 5m. Die Haustrennwände sind mehrschichtig aufgebaut. Senkrecht zu den Haustrennwänden verlaufen im Inneren beplankte Holzrahmenelemente, die als aussteifende Scheiben wirken.



Abb. 97: Außenansicht [54]



Abb. 98: Innenraum [54]



Abb. 99: Außen [54]



Abb. 100: Außen [54]



Abb. 101: Außen [54]

Standort:	4144 Arlesheim / CH
Baujahr:	1997
Funktion / Zweck:	Wohnanlage / Reihenhäuser
Bauherr:	Basellandschaftliche Pensionskasse, 4410 Liestal / CH Pensionskasse des Basler Staatspersonals, 4052 Basel / CH
Architekt:	Proplaning AG Architekten, M. Berczelly, P. Di Natale, 4025 Basel / CH
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH Wolf & Partenaire SA, 1800 Vevey VD / CH

### 8.1.11 Einfamilienhaus Guisan in La Tour-de-Peilz [55]

Das Haus ist als Ökologiebau konzipiert und nutzt erneuerbare Energien und einfache physikalische Prinzipien. Es ist ein sogen. „Minergie“- Haus.

Im Grundriss hat es die Form eines Halbkreises und steht an einem Südhang. Die Rückseite des Hauses ist nach Norden ausgerichtet und über fast zwei Geschosse in das Erdreich eingebettet. So ist der Wohnbereich isoliert und während der Sommermonate macht man sich den natürlichen Kühleffekt des Erdreiches zu Nutze (u.a. für Lagerräume). Die Kreisrunde Gebäudehülle ist nach Süden ausgerichtet und folgt so dem Sonnenverlauf. Die Zimmer sind entsprechend angeordnet und können auf diese Weise viel Tageslicht nutzen.

Die Tragkonstruktion ist ein Mix aus Skelettbauweise, Riegelbauweise (Fachwerkbauweise) und Holzmassivbauweise. So gibt es Stützen, Unterzüge, Riegelbauwände mit Lehmstein-ausfachung und Brettstapeldecken. Trennwände sind aus massiven Lehmblöcken hergestellt.

Das Haus ist ähnlich dem Zwiebschalenprinzip in verschiedenen Schichten aufgebaut, die isolierend wirken und Wärmeverluste verhindern. Bei der Planung lag das Hauptaugenmerk auf der Nutzung von Sonnenenergie. Ein umlaufender großzügiger zweigeschossiger Wintergarten von 50m<sup>2</sup> Fläche öffnet den Weg für die Sonnenenergie.

Solarthermische Kollektoren erwärmen das Wasser (Warmwasser, Heizung) und eine Photovoltaikanlage liefert Energie für die Haustechnik. Eine Holzheizung unterstützt die Energieversorgung zusätzlich. Zudem verfügt das Gebäude über eine Regenwassersammelanlage zur Wasserversorgung und ein eigenes Abfall-Wiederverwertungssystem.

Die Konstruktion besteht aus Skelett-, Riegel- und Massivholzelementen sowie Naturmauerstein und Lehm. Das Dach und die Decken sind in Brettstapelbauweise ausgeführt, die auf Kantholzunterzügen aufliegen, die Stützen sind aus Rund- oder Kantholz. Wände wurden in

Riegelbauweise mit Lehmsteinausfachung errichtet, Trennwände bestehen aus Lehmblöcken. Die Gründung des Hauses erfolgt auf Streifenfundamenten aus Beton.



Abb. 102: Außen [55]



Abb. 103: Innen [55]



Abb. 104: Innen [55]

Standort:	1814 La Tour-de-Peilz VD / CH
Baujahr:	1998 - 1999
Funktion / Zweck:	Einfamilienhaus
Bauherr:	Familie Guisan, 1814 La Tour-de-Peilz VD / CH
Architekt:	Gilles Bellmann, 1816 Chailly-Montreux VD / CH
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, CH-1163 Etoy

### 8.1.12 Eine-Welt-Kirche in Schneverdingen

Bei der Eine-Welt-Kirche in Schneverdingen handelt es sich um ein Pilotprojekt im Rahmen der EXPO 2000.

Der quadratische Kirchenraum hat eine Grundfläche von ca. 13,80 x 13,80m, die Firsthöhe beträgt etwa 13,0m. An den Giebelseiten (Nord- und Südseite) sind rechteckige, gläserne Vorbauten angeschlossen. Sie sind Teil des Haupttragwerkes und dienen gleichzeitig als Treppenhäuser.

Aufgrund der angestrebten flexiblen Raumnutzung (stützenfreien Innenraum), konnte die Kirche nicht in reiner Brettstapelbauweise errichtet werden. Das über 13m spannende Dach, die Empore und der Dachreiter werden durch ein als Haupttragssystem wirkendes räumliches Fachwerk abgefangen. Bei den Hölzern der Konstruktion wurden ausschließlich Vollhölzer verwendet. Die Gurte des Fachwerkrahmens sind zweiteilig gespreizt ausgeführt. Die Fachwerkpfosten sind aus Holz und die Diagonalen aus Stahl. Die Stützen des Fachwerkrahmens (20 x 20cm) sind über eingeschlitzte Bleche und Gewindestähle mit der Bodenplatte verankert. Die beiden hochbeanspruchten Hauptträger der Empore bestehen aus einem mehrteiligen, durch Stabdübel und Passbolzen nachgiebig miteinander verbundenen Querschnitt. Diese Hauptträger sind an einem Ende auf in der Außenwand integrierten Stützen aufgelagert und am anderen Ende über Stahlstäbe an den Fachwerkrahmen angehängt. Da an dieser Stelle auch der Dachreiter mit der Glocke aufliegt, wurde eine zusätzliche Konstruktion nötig, die quer zum Fachwerkrahmen als unterspannter Träger in Fischbauchform ausgeführt wurde.

Die umfassenden Wände sind zweischalige Brettstapelwände. Sie bestehen aus einer inneren Brettstapelschale aus Kiefernholz (10 - 12cm) mit einer außenseitigen Beplankung (OSB-Platten), einer Dämmschicht und der hinterlüfteten Brettstapelschale aus Eichenholz (8 - 10cm) als äußere Fassade.

Die Aussteifung der Kirche erfolgt sowohl durch die beplankten Brettstapelwände als auch durch die Fachwerkrahmen.



Abb. 105: Außenansicht [54]



Abb. 106: Innenraum [54]



Abb. 107: Detail Gelenkbolzen [54]



Abb. 108: Innenraum [54]

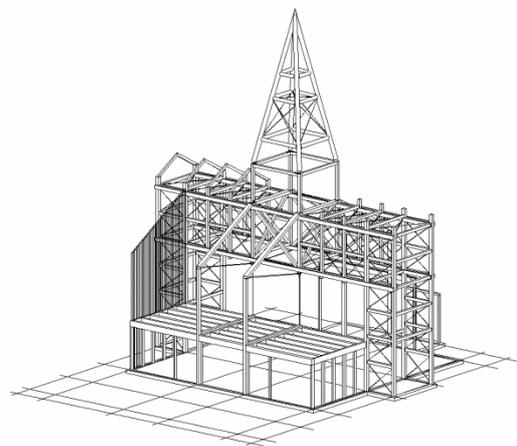


Abb. 109: Konstruktion [54]

Standort: 29640 Schneverdingen / D  
Baujahr: 1999, Neubau  
Funktion / Zweck: Kirche  
Bauherr: Ev.-luth. Markusgemeinde, 29640 Schneverdingen / D  
Architekt: Architekturbüro Tabery, 27432 Bremervörde / D  
Tragwerksplaner: IEZ Natterer GmbH, 94344 Wiesenfelden / D

### 8.1.13 Wildniscamp am Falkenstein im Bayerischen Wald

Das Wildniscamp am Falkenstein liegt im Nationalpark Bayerischer Wald bei Zwiesel. Auf dem Gelände wurden ein Zentralgebäude und 5 Themenhütten – Waldzelt, Baumhaus, Wasserhütte, Wiesenbett und Erdhöhle – errichtet. Im Mittelpunkt des Wildniscamps steht das Zentralgebäude. Es ist auch im Winter nutzbar und bietet einen Schlafraum für ca. 20 Personen. Die einzelnen Themenhütten sind auf dem Gelände verteilt und in die Landschaft passend eingebettet.

#### Zentralgebäude:

Das Zentralgebäude ist ca. 65m lang, 11 bzw. 15m breit und ca. 5m hoch. Im Grundriss ist es gekrümmt und ähnelt so einem Ringsegment. Es wurde durchweg in Brettstapelbauweise und Holzständerbauweise konstruiert.

Die beiden Pultdachflächen sind im Firstbereich gegeneinander abgesetzt. Entsprechend der Gebäudekrümmung aufgefächert verlegte Balkenlagen bilden die Tragkonstruktion der Dachflächen. Sie liegen auf den massiven Brettstapelwänden und auf Unterzügen mit darunter stehenden Holzständern der südseitigen Glasfassade auf.

Die Aussteifung ist durch die Brettstapelwandscheiben und Windverbände aus Stahl gesichert. Die Gründung erfolgt über eine Bodenplatte und Streifenfundamente aus Beton.



Abb. 110: Hauptgebäude Außen [54]



Abb. 111: Innerraum [54]

#### Baumhaus:

Das Baumhaus ist ca. 15m hoch, die Wohn- und Schlafebene befindet sich bei ca. 11m Höhe. Der Grundriss entspricht einem gleichseitigen Dreieck mit einer Kantenlänge von ca. 8,70m in Höhe der Wohn- und Schlafebene. Der Zugang zum Baumhaus erfolgt über einen etwa 19m langen rampenähnlichen Steg.

Drei mächtige fachwerkähnliche Holzrahmenelemente mit drei horizontalen Aussteifungsebenen bilden die turmähnliche Konstruktion des Baumhauses. Die Aussteifung erfolgt durch

die Fachwerkkonstruktion und die seitlichen Abstrebungen. Als Baumaterial kam ausschließlich Rundholz zum Einsatz. Die Gründung erfolgt auf Stahlbetoneinzelfundamenten.



Abb. 112: Außenansicht [54]



Abb. 113: Innenraum [52]

### Wiesenbett:

Das Wiesenbett ist in seiner Konstruktion der Form eines umgedrehten Bootsrumpfes nachempfunden. Über die Längsseite läuft ein mittiger Hauptbogen, von diesem gehen wiederum die Nebenbögen quer ab. Alle Bögen sind als Brettstapel ausgeführt. Die Schalenkonstruktion misst im Grundriß ca. 19 x 7m. Der höchste Punkt ist ca. 2,80m über dem Boden.



Abb. 114: Außenansicht [54]



Abb. 115: Innenraum [52]

### Wasserhütte:

Die Wasserhütte ist als Holzrahmen- und Blockbauweise konstruiert. Sie ist 1,60m über dem Boden aufgeständert. Der Zugang erfolgt über einen Steg. Die Gesamtkonstruktion (weit überdachte Hütte mit umlaufender Terrasse) misst im Grundriß ca. 12 x 8m. Der durch Wände geschlossene Bereich der Hütte hat eine Grundfläche von ca. 7,70 x 5m. Der First liegt bei ca. 5.50m über dem Grund bzw. 3,80m über dem Fußboden der Hütte. Als Materialien kamen Rundholz, Kantholz und Brettware zum Einsatz.



Abb. 116: Außenansicht [54]



Abb. 117: Innenraum [52]

### Erdhöhle:

Die Erdhöhle ist in reiner Blockbauweise erstellt. Sägestreifte Baumstämme sind ringförmig übereinander geschichtet und bilden den sich nach oben verjüngenden kuppelartigen Baukörper. Am Grund misst die Erdhöhle etwa 6,50m im Durchmesser. Die Höhe beträgt ca. 4,40m. Auf der Außenseite ist eine dicke Lehmschicht aufgetragen.



Abb. 118: Außen [54]



Abb. 119: Innen [54]

### Waldzelt:

Das Traggerüst des Waldzeltes bilden geneigt stehende, nach oben zu einem Punkt zusammenlaufende Rundstämme. Auf ihnen sind außen wie innen einfache Bretter als Verschalung angebracht. Das Zelt hat eine Höhe von knapp 8m und über dem Grund eine Breite von knapp 9m. Die Gründung des Zeltes erfolgt auf Stahlbetonfundamenten.



Abb. 120: Außen [54]

Standort:	Nationalpark Bayerischer Wald, Zwieslerwaldhaus – 94227 Lindberg / D
Baujahr:	2001, Neubau
Funktion / Zweck:	Jugendcamp / Freizeitanlage
Bauherr:	Nationalpark Bayerischer Wald
Architekt:	Hochbauamt Passau, 94032 Passau / D
Tragwerksplaner:	IEZ Natterer GmbH, 94344 Wiesenfelden / D

### 8.1.14 Hotel Palafitte in Monruz

Das Hotel Palafitte in Monruz am Neuenburger See wurde für die Expo02 in der Schweiz entworfen. Die Anlage (Zentralgebäude und 40 Bungalows) steht auf gepfähnten Plattformen, zum Teil direkt über dem Wasser.

In der Dachkonstruktion über dem Bereich Eingang-Rezeption und Küche-Bar kamen Tragelemente aus Holz und Glas im statischen Verbund zum Einsatz. An der ETH Lausanne wurden unter *Julius Natterer* Biegeträger aus eben diesen Materialien entwickelt, um sie dann bei diesem Projekt einzusetzen. Sie setzen sich aus einer als Steg wirkenden stehenden Glasscheibe und einem beidseitig auf ihr verklebten Holzrahmen zusammen. Die Träger haben eine Spannweite von 6m und sind im Abstand von knapp 4m angeordnet. Die Verklebung der beiden Materialien ermöglicht eine kontinuierliche Lasteinleitung in die Glasscheibe. So können die bei üblichen Glaskonstruktionen problematischen Auflager- und Lasteinleitungspunkte mit den entstehenden Glasschwächungen und Spannungskonzentrationen vermieden werden (Punkthalter und Lasteinleitungsprofile). Das Dach über dem Restaurant ist als Balkenrost konzipiert. Die Bungalowmodule (7 x 12m im Grundriss mit 56m<sup>2</sup> Wohnfläche) sind in Holzrahmenbauweise errichtet und zum Schutz vor Witterungseinflüssen mit einer Lärchenholzschalung verkleidet.



Abb. 121: Holz-Glas-Verbundträger [54]



Abb. 122: Auflagerdetail [53]



Abb. 123: Außenanlage [52]



Abb. 124: Luftaufnahme [54]

Standort:	2000 Neuenburg – Monruz NE / CH
Baujahr:	2002, Neubau
Funktion / Zweck:	Hotel zur EXPO '02
Bauherr:	Palafitte AG, 1009 Pully VD / CH
Architekten:	Architekturatelier Kurt Hofmann GmbH, 1005 Lausanne VD / CH
Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.1.15 Kirche in Heiligenstadt

Das Familienzentrum Heiligenstadt mit seinem integrierten Senioren- und Pflegeheim wurde im Jahr 2002/2003 erweitert. Um den Senioren einen Gottesdienstbesuch zu ermöglichen, wurde eine Kirche in Holzbau- / Brettstapelbauweise im Rahmen des Bauvorhabens mitrealisiert. Die neuen Wohneinheiten wurden als 5-stöckiger Neubau in Stahlbetonbauweise an das vorhandene Gebäude angeschlossen. Das Bauwerk besitzt eine Gesamtlänge von 71m und eine Breite von 13 bzw. 17m.

Die Kirche besteht aus 3 wesentlichen Bestandteilen: Den vier massiven Ecktürme aus Stahlbeton, den zwischen den Türmen befindlichen Seitenwänden in Holzständerbauweise und dem weitauskragenden Dach aus Brettstapelelementen. Dieses Dach wurde als räumliches Fachwerk ausgeführt. Die Brettstapeldecke liegt auf Brettschichtholzträgern bzw. Stahlträgern auf, die farblich gestaltet wurden und Teil des optischen Gesamtkonzeptes sind. Im Bereich der Ecktürme ist das Dach auf jeweils vier Streben aufgelagert. Durch die Aufständigung hebt sich das Dach vom Gebäude ab, wirkt frei schwebend und ermöglicht einen allseitigen guten Lichteinfall

Der großflächige Einsatz der Brettstapeldecken gibt dem Innenraum eine ruhige, warme und meditative Ausstrahlung, die durch die Beleuchtung und die Anordnung der Fenster wirkungsvoll ergänzt wird.



Abb. 125: Außenansicht [56]



Abb. 126: Innenraum [56]

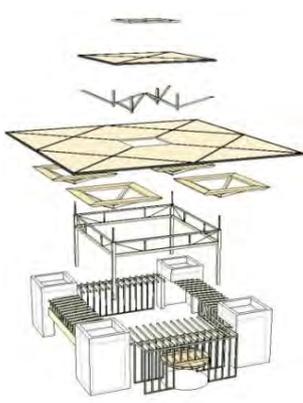


Abb. 127: Konstruktion [56]



Abb. 128: Dachdetail [56]

Standort: 91322 Heiligenstadt / D  
Baujahr: 2003, Neubau an Bestandsgebäude  
Funktion / Zweck: Kirchenbau  
Bauherr: FZ Familienzentrum, der Evangelisch – Freikirchlichen,  
Gemeinden in Nordbayern e. V., 91 332 Heiligenstadt / D  
Architekten: Ulrich Arndt Architekt, 12167 Berlin / D  
Tragwerksplaner: IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

### 8.1.16 Haus der Nachhaltigkeit in Johanniskreuz

Das „Haus der Nachhaltigkeit“ ist in Johanniskreuz (im Biosphärenreservat Pfälzerwald-Vogesen) errichtet.

Das Gebäude ist eingeschossig ohne Unterkellerung. Acht massive Wände mit bis zu 30m Länge stehen nebeneinander. Sie bestehen aus verschiedenen Materialien (verschiedene Holzarten, Lehm, Sandstein, Glas) und sollen die verschiedenen Elemente des Biosphärenreservats verkörpern. Das Dach ist teilweise begehbare und Teil der Ausstellung.

Die Bodenplatte und die Decke sind in Brettstapelbauweise ausgeführt. Die Bodenplatte hat eine Spannweite zwischen 3 und 4m und eine Dicke von 12cm. Sie ist auf Streifenfundamenten aufgeständert (als Einfeldträger) und hinterlüftet. Die Deckendicke beträgt 12 bis 16cm bei Spannweiten von 4 bis 6m. Die Brettstapelwände sind zweischalig ausgeführt. Die tragenden Wände sind bis zu 14cm dick, die nichttragende Vorsatzschale 3cm.

Die Südfassade ist voll verglast und vom Dach abgehängt. Holzstützen stehen ca. 50cm vor der Innenseite der Südfassade und tragen die Dachlasten in die Fundamente ab.



Abb. 129: Außenansicht Haus der Nachhaltigkeit [52]



Abb. 130: Innenraum Ausstellung [52]



Abb. 131: Innenraum Heizung [52]

Standort: 67705 Trippstadt / D  
 Baujahr: 2003 – 2004, Neubau  
 Funktion / Zweck: Forstamtgebäude und Ausstellungs- bzw. Seminargebäude  
 Bauherr: Land Rheinland-Pfalz, Vertr. d. Forstamt Johanniskreuz / D  
 Architekten: Rabaschus und Rosenthal, 01097 Dresden / D  
 Tragwerksplaner: IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

### 8.1.17 CHAMPINI Sport – und Kindertagesstätte mit Turnhalle in Mögeldorf

Das 2-geschossige Gebäude besitzt eine Grundfläche von ca. 30,0 x 18,0m. Die Grundfläche der Turnhalle beträgt ca. 14,0 x 9,5m. Die Gesamthöhe liegt bei etwa 8m über OK Gelände.

Das gesamte Bauwerk ist überwiegend in Brettstapelbauweise erstellt. Lediglich das Treppenhaus und die Zwischengebäude zwischen Turnhalle und Kindertagesstätte sind Stahlbeton und der Turm im Eingangsbereich in Mauerwerk ausgeführt.

Das Dach ist als Flachdach (Brettstapel- als auch Stahlbetonbereiche) mit Begrünung ausgeführt. Beim Turnhallendach liegen die Brettstapel auf Brettschichtholzunterzügen auf. Die Wände sind ebenfalls hauptsächlich aus Brettstapel ausgeführt, die Wanddicken liegen bei 10 – 12cm. Einzelne Wände sind in Holzrahmenbauweise erstellt.

Die Gründung des Gebäudes erfolgt durch eine Stahlbetonbodenplatte mit einer Dicke von 25cm. Die Gründung der Turnhalle erfolgte durch Streifenfundamente aus Beton mit dazwischen liegender, abgefugter nichttragender Bodenplatte.



Abb. 132: Innenraum [54]



Abb. 133: Außen [54]



Abb. 134: Innenraum [54]



Abb. 135: Innenraum [54]



Abb. 136: Sporthalle [54]

Standort:	90482 Mögeldorf – Nürnberg / D
Baujahr:	2004, Neubau
Funktion / Zweck:	Kindertagesstätte für Kindergarten- und Hortgruppen mit Turnhalle
Bauherr:	CHAMPINI e.V., 90530 Wendelstein / D
Architekt:	Pöllot & Rosner Architekten, 90461 Nürnberg / D
Tragwerksplaner:	IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

### 8.1.18 Mehrgeschossiges Wohnhaus in Berlin - Prenzlauer Berg

Das 22,5m hohe Wohngebäude mit einer Grundfläche von ca. 12,5 x 13,5m ist als Holz-Skelettbau konzipiert. Stützen und Riegel aus Brettschichtholz bilden die tragende Struktur. Parallelen zur Skelettbauweise mit Stahlbeton-Fertigteilen sind erkennbar, nur handelt es sich eben um Holzbauteile und damit um ein absolut neuartiges Bauprojekt. Die Verbindung der Holzbauteile erfolgt über Knotenpunkte aus verschweißten Stahlblechen. Die Decken sind in Holz-Beton-Verbundbauweise mit Brettstapeln und eingefrästen Kerven ausgeführt (Spannweite 7m).

Die Aussteifung erfolgt über die als Scheibe wirkenden Decken, die ihre Kräfte an die aussteifenden Wände weiterleiten. Die aussteifenden Wände sind die Brandschutzwand in Stahlbeton zum Nachbargebäude und die mit Windverbänden ausgesteiften Fassadenwände. Die Stützen, Riegel und Windverbände sind über spezielle Knotenkonstruktionen mit Stahlblechen miteinander verbunden. Jeder Knoten besteht aus einzelnen Stahlblechkomponenten. Diese wurden als eingeschlitzte Bleche mit Stabdübeln bereits in der Werkstatt an die Holzbauteile angeschlossen. Auf der Baustelle wurden dann die einzelnen stählernen Knotenteile miteinander verschraubt. So erreicht man einen hohen Vorfertigungsgrad und eine kurze Montagezeit auf der Baustelle.



Abb. 137: Innenraum [54]



Abb. 138: Außenansicht [54]



Abb. 139: Innenraum [54]



Abb. 140: Detail [54]



Abb. 141: Detail [54]



Abb. 142: Detail [54]

Standort: 10407 Berlin – Prenzlauer Berg / D  
 Baujahr: 2008, Neubau  
 Funktion / Zweck: Mehrgeschossiges Wohnhaus (7 Geschosse)  
 Bauherr: Gemeinschaft privater Bauherren, e3Bau GbR / D  
 Architekten: Kaden-Klingbeil, 10407 Berlin / D  
 Tragwerksplaner: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy / CH  
 Tobias Linse, 85221 Dachau / D

### 8.1.19 Anbau Brüder-Grimm-Schule in Brakel

Der ca. 8,50m hohe Schulanbau mit einer Grundrissfläche von 12 x 12m ist als Massivholzkonstruktion ausgeführt, für tragende Bauteile wurde ausschließlich Vollholz (KVH, VH, Brettware) verwendet. Das gesamte Gebäude ist auf Stützen im Erdgeschoß aufgeständert, die Räume befinden sich also im 1.OG und der Bereich darunter bleibt als freie Nutzungsfläche für den Schulhof erhalten. Der Zugang erfolgt über die Bestandsgebäude.

Das Primärtragssystem des Daches besteht aus einer sternrosenförmigen Trägerrostkonstruktion mit einer Lichtkuppel. Die Balken der Sternrose bestehen aus miteinander verschraubten Einzelquerschnitten. Die Dachfläche, Wände und die Decke werden durch Brettstapelelemente gebildet, die die Lasten über Unterzüge und Stützen in die Fundamente weitergeben. Zur Vergrößerung der Auflagefläche der Unterzüge auf den Stützen im EG wurden Kapitelle aus Eichenholz eingesetzt.

Die Aussteifung erfolgt über die durch die Brettstapel gebildeten Wand- und Deckenscheiben und den Anschluss an die Bestandsgebäude. Gegründet ist das Gebäude auf Fertigteileinzelfundamenten unter den Stützen im EG.



Abb. 143: Außenansicht [54]



Abb. 144: unter dem Anbau [54]



Abb. 145: Klassenraum [54]



Abb. 146: Lichtpyramide [54]

Standort:	Brüder-Grimm-Schule, 33034 Brakel (Kreis Höxter , NRW) / D
Baujahr:	2009, Anbau an Bestandsgebäude
Funktion / Zweck:	Erweiterung des Schulgebäudes
Bauherr:	Kreis Höxter, Landrat Friedhelm Spieker, Moltkestraße 12, 37671 Höxter / D
Architekt:	Kreis Höxter Elisabeth Henneke, „Interne Dienstleistung und Gebäude“ Markus Rüter, Bauleitung, Ute Spieker, Bauzeichnungen
Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy / CH

### 8.1.20 Anbau Einfamilienhaus der Familie Zinth in Windberg

Bis auf wenige Unterzüge aus Brettschichtholz wurde ausschließlich Vollholz verwendet (KVH, VH, Brettware). Durch Buchenholzdübel sind die einzelnen Bretter der Brettstapel-elemente schubfest miteinander verbunden. Zur Verbindung der einzelnen Bauteile kamen durchweg Holzschrauben zum Einsatz. Dadurch konnte die Bauausführung und Montage durch einen kleinen Zimmerreibeetrieb der Region erfolgen.

Hauptcharakteristikum des Gebäudes ist die Integration eines solaraktiven Haustechnik-systems in die Baukonstruktion aus Brettstapelelementen, d.h. in die tragende Struktur selbst.

Der innere „Kern“ des Gebäudes – das Primärtragwerk – besteht aus massiven Brettstapel-elementen. Dieser wird von einer zweiten gläsernen Außenhülle umgeben (das Haus im Haus). Somit entstehen Zwischenräume, die wie Sonnenkollektoren wirken. Durch Einbindung in das Haustechniksystem kann die hier erwärmte Luft je nach Bedarf zur Raumkonditionierung oder Warmwasserbereitung genutzt werden. Durch die unter der Glashaut erhitzte Luft wird sowohl Warmwasser aufbereitet als auch das Gebäude beheizt. Über im Haus integrierte Leitungssysteme wird die Warmluft über die Bodenflächen in die Räume abgegeben. Für besonders kalte Tage steht zusätzlich ein Sparflammofen bereit. Er wird mit Holz befeuert und ist ebenfalls an die Haustechnikanlage und das Heizsystem angeschlossen.



Abb. 147: Innenraum [52]



Abb. 148: Außenansicht [54]

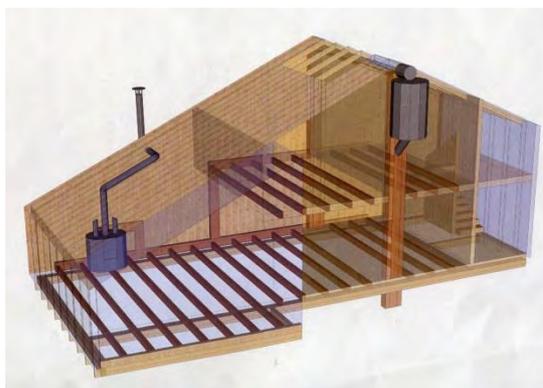


Abb. 149: Konstruktion und Haustechnik [54]

Standort:	Einfamilienhaus der Familie Zinth, 94336 Windberg / D
Baujahr:	2011, Anbau an Bestandsgebäude
Funktion / Zweck:	Erweiterung des Einfamilienhauses
Bauherr u. Architekt:	Stefanie Zinth
Konzeptentwickler / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, CH-1163 Etoy / CH
Wärmeschutz:	Prof. Claude Alain Roulet, Leso-Laboratorium der EPFL Lausanne/CH

## 8.2 Gebäude: hölzerne Dachtragwerke

### 8.2.1 Dach der Mensa der TU – München

Auf auskragenden Stahlbetonstützen sind Strebenbündel aufgelagert, die das balkenrostartige Dach tragen. Die Hauptträger (Brettschichtholz 18/33) des Daches in Pultdachform folgen dem Dachgefälle, spannen bis zu 7,20 m und bilden mit Querträgern ein quadratisches Raster von 2,40 x 2,40 m. Die gesamte Dachfläche beträgt etwa 91m x 34m. Die Strebenbündel setzen sich aus vierteiligen Vertikalstützen und zweiteiligen Kopfbändern zusammen. An den Dachbalken erfolgt der Anschluss über Nagelplatten mit Gelenkbolzen. Der Fußpunkt des Stabebündels ist auf einem in der Betonstütze einbetonierten geschweißten Stahlteil über Kontaktstöße angeschlossen und mit Bolzen gesichert. Durch die Rahmenwirkung in Längs- und Querrichtung ist die Stabilität gewährleistet. Die eingespannten Stahlbetonstützen leiten die Horizontallasten ab. Als verwendete Materialien kommen Brettschichtholz und Kantholz zum Einsatz.



Abb. 150: Außenansicht [54]



Abb. 151: Innenraum [54]



Abb. 152: Strebenbündel [54]



Abb. 153: Auflagerdetail [54]

Standort:	Technische Universität München, Weihenstephan / D
Baujahr:	1980
Funktion / Zweck:	Dachkonstruktion der TU - Mensa
Bauherr:	Technische Universität München
Architekt:	Unibauamt Weihenstephan, P. Burlanek, H. Geierstanger
Tragwerksplanung:	Natterer und Dittrich Planungsgesellschaft München

## 8.2.2 Dach der Mensa der Universität Bayreuth

Auf eingespannten Stahlbetonstützen lagern schirmartig aufgefächerte Holzstützen, die das räumliche Faltdach des Speisesaales der Universitätsmensa in Bayreuth tragen. Die Betonstützen sind auf einem Quadratraster mit 14,4 m Seitenlänge angeordnet. Das Faltdach setzt sich aus dreieckigen Elementen zusammen, die gegeneinander geneigt zusammenlaufen. Die Randbalken der Dachelemente bilden die First- bzw. Kehlträger. Sie sind durch Stützen und Streben gehalten. Zuganschlüsse erfolgen über verdeckte Nagelplatten und Stahlteile mit Bolzen. In den Betonstützen, die auch die horizontalen Lasten abtragen, sind geschweißte Stahlteile eingelassen, die die Druckkräfte aus den Streben der Stabbündel über Flächenpressung (Kontakt) aufnehmen. Die Hauptträger sind dreiecksförmig angeordnet und bilden so eine steife Dachscheibe.



Abb. 154: Außenansicht Bauphase [54]

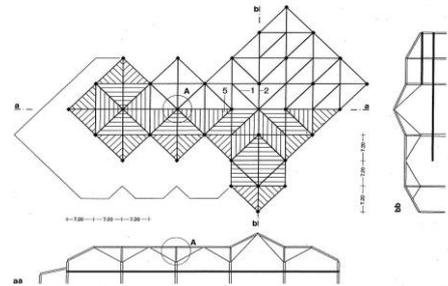


Abb. 155: Konstruktion Plan und Schnitt [54]



Abb. 156: Innenraum [52]



Abb. 157: Innenraum [52]

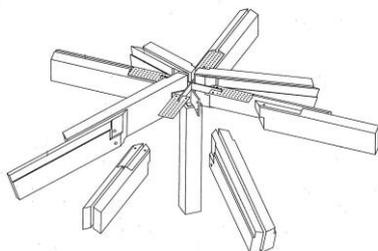


Abb. 158: Detail [54]

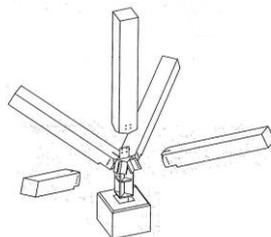


Abb. 159: Detail [54]



Abb. 160: Detail Strebenbündel [52]

Standort:	95447 Bayreuth / D
Baujahr:	1981
Funktion / Zweck:	Mensa der Universität Bayreuth
Bauherr:	Universität Bayreuth; Landbauamt Bayreuth
Architekt:	Architekturbüro M. Schleglental, 90482 Nürnberg / D Landbauamt Bayreuth
Tragwerksplanung:	Natterer und Dittrich Planungsgesellschaft München / D

### 8.2.3 Truppenunterkunft in La Lécherette

Die 1986 fertiggestellte Truppenunterkunft in La Lécherette setzt sich aus drei Gebäudeflügeln mit Satteldachform zusammen. Das Haupttragwerk besteht aus zwei unterschiedlichen im Abstand von 2,25 m abwechselnd angeordneten Hauptträgern.

Die Gebäudebreite beträgt bis zu 20,50 m. Der erste Hauptträger, mit zweiteiligem Querschnitt, ist außen auf Fassadenstützen mit Streben in Holz aufgelagert. Im Innern liegt er durch Streben gestützt auf Stahlbetonstützen auf. Der zweite Hauptträger ist außen ebenfalls durch Holz-Fassadenstützen gehalten. Im Innern aber liegt er auf einem in Firstrichtung verlaufenden Sprengwerk auf, welches seine Lasten wiederum an die Stahlbetonstützen abgibt.

Ein Andreaskreuz zwischen den Betonstützen in Trägerebene soll unsymmetrische Lasten ausgleichen. Die Aussteifung in Querrichtung erfolgt über die Streben an den Fassadenstützen und in Firstrichtung über das Sprengwerk. An den Betonstützen sind die Streben über eine geschweißte Stahlkonsole zusammengeführt. Sperrholzblöcke bilden die Knotenpunkte der Andreaskreuze. Die Kräfte werden dort direkt durch Kontakt übertragen. Die Anschlüsse der Streben an die Hauptträger erfolgen mit Versätzen (mit und ohne Hartholzzwischenstück) ebenfalls durch Druckkontakt. Zugkräfte werden über Nagelplatten angeschlossen. Für die Holzbauteile wurde Brettschichtholz verwendet.



Abb. 161: Außenansicht [54]



Abb. 162: Innenraum [54]

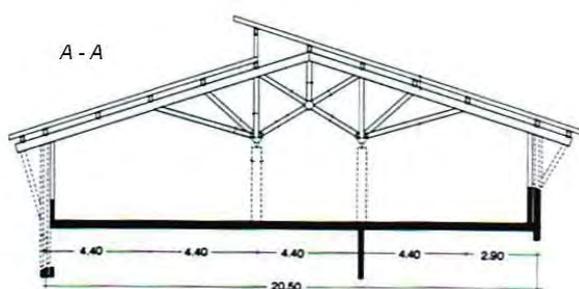


Abb. 163: Konstruktion Schnitt [54]



Abb. 164: Konstruktion [54]



Abb. 165: Detail [54]



Abb. 166: Detail [54]

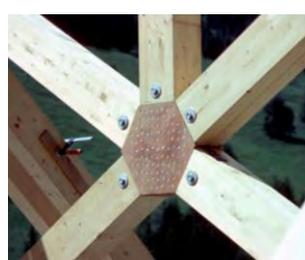


Abb. 167: Detail [54]

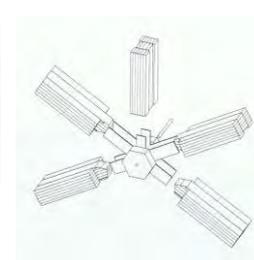


Abb. 168: Detail [54]

Standort: 1660 La Lécherette / CH  
 Baujahr: 1986  
 Funktion / Zweck: Truppenunterkunft  
 Bauherr: Amt für Bundesbauten Lausanne  
 Architekt: R. Lack, La Tour-de-Peilz / CH; Amt für Bundesbauten Lausanne / CH  
 Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.2.4 Dach der Autobahnraststätte in Niederurnen

Die Konstruktion überdeckt eine Fläche von 1400 m<sup>2</sup>. Sie liegt auf eingespannten Stahlbetonstützen (Abtrag der Horizontallasten) auf. Räumliche Pyramiden aus Stabbündelsystemen bilden ein Sprengwerk, welches das Haupttragsystem darstellt. Fast alle Elemente der sichtbaren Holzkonstruktion bestehen aus Kanthölzern (Querschnitt 16/16 cm). Bis zu 13 Stäbe sind in einem Knoten angeschlossen. Die horizontalen Pfetten liegen alle 3,60 m auf dem räumlichen Tragwerk auf. Geschweißte Stahlteile nehmen die Stäbe auf und geben die Kräfte an die Betonstützen weiter. Zugstäbe sind über genagelte Stahlplatten, Druckstäbe über Flächenpressung angeschlossen.



Abb. 169: Außenansicht Raststätte [54]



Abb. 170: Strebenbündel Dachkonstruktion [54]

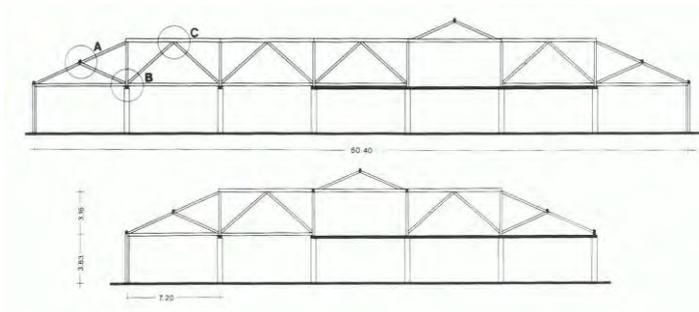


Abb. 171: Tragwerk Längs- und Querschnitt [54]



Abb. 172: Detail [54]

Standort: 8867 Niederurnen / CH  
 Baujahr: 1986  
 Funktion / Zweck: Autobahnraststätte  
 Bauherr: Mövenpick Raststätte Glarnerland AG  
 Architekt: Gilles Bellmann, 1816 Chailly-Montreux VD / CH  
 Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.2.5 „Haus des Handwerks“ in Ober - Ramstadt

Für das Informations- und Schulungszentrum „Haus des Handwerks“ gab es mehrere Konzepte. Man entschied sich für eine Kuppelkonstruktion mit nebenstehendem Flachbau. Die Gesamtfläche der Gebäude umfasst etwa 850m<sup>2</sup>. 500m<sup>2</sup> davon überspannt die mit rechteckigem Grundriss 20 x 25m große Kuppel.

Die Kuppel ist als Brettstapelrippenschale konstruiert, d.h. die einzelnen Rippen der Schale sind aus einzelnen Brettern in Brettstapelbauweise zusammengesetzt. Die Montage erfolgte über einem Lehrgerüst aus Nagelplattenbindern in Negativform der Schale.

Die Hauptauflagerpunkte der Schale liegen in den vier Eckpunkten. Dort konzentrieren sich die Kräfte der Hauptdiagonalen und werden über spezielle Auflagerböcke in die Unterkonstruktion abgegeben. Die Horizontalkräfte der Schale werden durch die Auflagerböcke in ein entsprechend dem rechteckigen Grundriss umlaufend angeordnetes Zugband aus Brett-schichtholz eingeleitet und gehalten. Das gesamte Dach ist auf 4m langen Stützen aufgestellt. Die Stützen bestehen aus Brett-schichtholz und sind z.T. eingespannt. Durch diese eingespannten Stützen und zusätzliche Windverbände (Flachstahlbänder) erfolgt die Aussteifung. Die Schale selbst ist durch eine diagonal zu den Rippen verlegte Bretterschalung ausgesteift.

Die Höhe der Kuppel, der Kuppelstich, beträgt etwa 6,4m. Mit der Aufständering auf den 4m langen Stützen ergibt sich eine Gesamthöhe der Halle von ca. 10,6m. Die Bretter der Rippen sind einfach kontinuierlich miteinander verschraubt. In den Kreuzungspunkten der Rippen laufen die Bretter wechselseitig durch und sind durch einfache Bolzen miteinander verbunden.

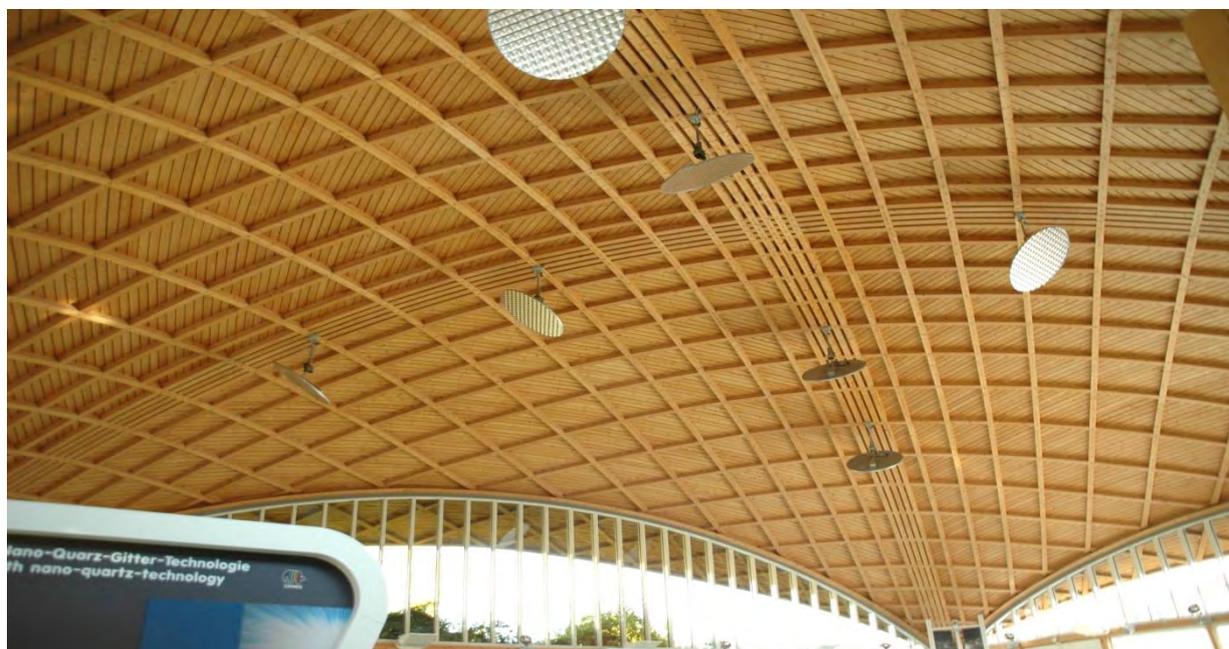


Abb. 173: Innenraum [52]



Abb. 174: Außenansicht [52]



Abb. 175: Rippennetz [52]



Abb. 176: Unterrichtsraum [52]



Abb. 177: Innenraum [52]



Abb. 178: Bauphase [54]



Abb. 179: Detail Eckauflager Rippenschale [52]

Standort: 64372 Ober – Ramstadt / D  
 Baujahr: 1997 – 1998, Neubau  
 Funktion / Zweck: Informations- und Schulungszentrum für Handwerker  
 Bauherr: Deutsche Amphibolin-Werke, Robert Murjahn GmbH & Co.KG,  
 64372 Ober – Ramstadt / D  
 Architekt: Tilo Schmidt, 79111 Freiburg / D  
 Architekturbüro Braun, 64287 Darmstadt / D  
 Gerd Ehrlicher, 64374 Griesheim / D  
 Tragwerksplaner: IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

## 8.2.6 Kindergarten in Triesen

Um verschiedene Anforderungen zu erfüllen und gleichzeitig ein innovatives Bauwerk zu errichten, entschied man sich für eine Kuppelschale über einem quadratischen Grundriss. Der Prototyp einer solchen Schale, der Polydôme in Lausanne, diente als Grundlage für die Planung.

Die quadratische Grundfläche der Kuppel misst 17 x 17 m. Bei einem Krümmungsradius von 16,5 m ergibt sich eine Raumhöhe fast 5 m. Die Rippen bestehen aus vier Brettern (jeweils 27 x 160 mm). Jeweils zwei Bretter laufen in den Knotenpunkten durch und sind dort mit einem Bolzen verbunden. Zwischen den Knotenpunkten sind sie im Abstand von 15 cm verschraubt. Das Tragwerk ist in den vier Eckpunkten auf Stahlbetonfundamenten gelagert. Die Hauptdiagonalen der Rippenschale sind hier über geschweißte Stahlknoten direkt gestützt. Die anderen Rippen werden von Randbögen aus Stahlprofilen gehalten, die ihrerseits wieder in den Ecken aufliegen. Die vier Eckfundamente sind durch Zugbänder (Stahlträger) verbunden. Die Schalung auf den Rippen steift die Kuppel aus.



Abb. 180: Außenansicht [54]



Abb. 181: Innenraum [54]



Abb. 182: Rippenstruktur [54]



Abb. 183: Auflager Diagonalen [54]



Abb. 184: Detail Rippenanschluss [54]

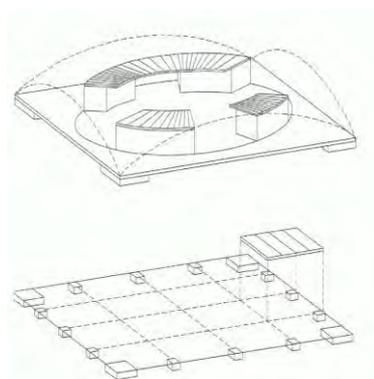


Abb. 185: Konstruktion [54]

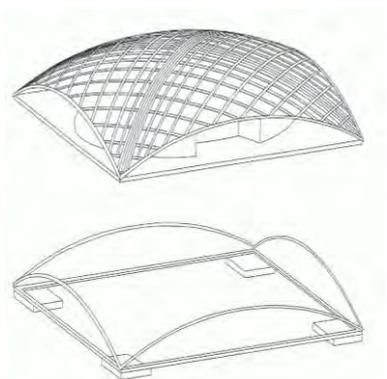


Abb. 186: Konstruktion [54]

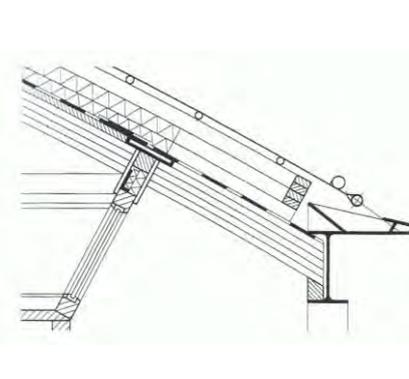


Abb. 187: Detail [54]

Standort: 9495 Triesen / FL  
Baujahr: 1998  
Funktion / Zweck: Kindergarten  
Bauherr: Gemeinde Triesen  
Architekt: Effeff AG, 9495 Triesen / FL  
Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

## 8.3 Hallen

### 8.3.1 Eissporthalle in Grefrath

Die Überdachung der der 1970 errichteten Eissporthalle misst ca. 61,0 m x 66,5 m. Vier über etwa 60 m spannende Fachwerkträger bilden das Haupttragsystem. Zwischen den gespreizten dreiteiligen Ober- und Untergurten liegen die zweiteiligen Diagonalen. Die Systemhöhe beträgt in Feldmitte 4,10m. Aufgrund der hohen Stabkräfte (bis zu 740 kN in den Diagonalen und 2350 kN in den Gurten) bestand das größte Problem in der gelenkigen Ausbildung der Anschlüsse von Diagonalen und Gurten. Durch die Anwendung des Gelenkbolzenanschlusses konnten die gelenkigen Stabverbindungen in idealer Weise realisiert werden. Die Überdachung der Eissporthalle in Grefrath war eine der ersten Anwendungen der Gelenkbolzenverbindungen. Mit den angegebenen hohen Stabkräften wird zugleich die Leistungsfähigkeit dieser Verbindungsart deutlich.



Abb. 188: Innenansicht [54]

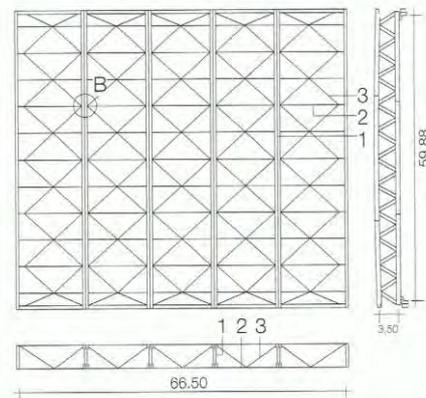


Abb. 189: Tragwerk [54]



Abb. 190 Fachwerkträger [54]

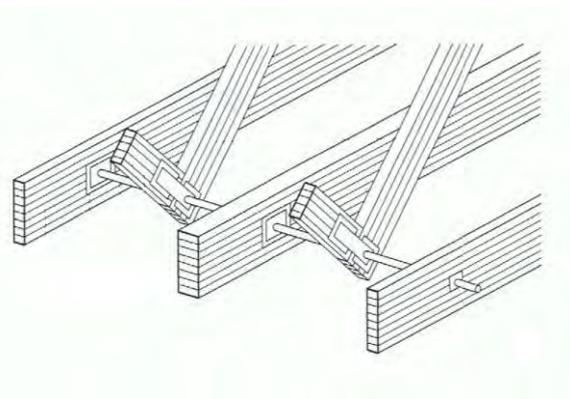


Abb. 191: Detail Gelenkbolzenknoten [54]



Abb. 192: Auflagerbereich [54]

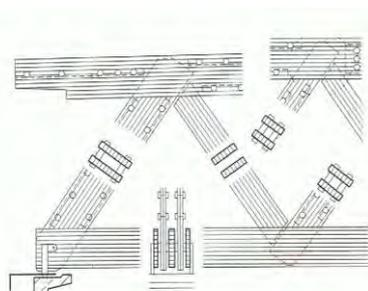


Abb. 193: Konstruktion [54]



Abb. 194: Gelenkbolzenverbindung [54]

Standort:	47929 Grefrath / D
Baujahr:	1970
Funktion / Zweck:	Eissporthalle
Bauherr:	Sport und Freizeit GmbH Grefrath
Architekt:	L. Limmer, 40667 Meerbusch - Düsseldorf / D
Tragwerksplanung:	ausführende Baufirma
Beratung:	J. Natterer, München / D

### 8.3.2 Hängedach der Recyclinganlage in Wien

1981 wurde am Stadtrand von Wien eine neue Recyclinganlage zur Rohstoffrückgewinnung aus Müll in Betrieb genommen. Da nicht absehbar war, welche Maschinen und Anlagen für die Müllaufbereitung in Zukunft eingesetzt würden, brauchte man eine große Halle mit möglichst wenigen Stützen und genügend Raumhöhe.

Es entstand ein Bauwerk in einer Zeltdachkonstruktion. Der kreisförmige Grundriss hat einen Durchmesser von ca. 170 m. Im Zentrum der Halle steht ein ca. 67 m hoher Stahlbetonturm mit einem Durchmesser von 6 m. Der Rest der gesamten Fläche ist nicht bebaut, so dass man für die Einrichtung des Maschinenparks äußerst flexibel blieb. An der Traufe sind dreiecksförmige Stahlbetonwandscheiben umlaufend angeordnet.

Das Haupttragssystem des Daches besteht aus 48 radial angeordneten Hängerippen aus Brettschichtholz. Die Hängerippen sind ca. 101 m lang, 20 cm breit und haben eine Höhe von 80 bis 110 cm. Sie liegen auf dem zentralen Turm und auf den Stahlbetonscheiben der Traufe auf. Aufgrund ihrer Länge und den sich daraus ergebenden Transportproblemen, sind die Rippen dreigeteilt und wurden auf der Baustelle biegesteif gestoßen. Die Form der Hängerippen wurde so gewählt, dass sie unter symmetrischen Lasten (Eigenlast, symmetrische Schneelast) momentenfrei sind und nur Zugkräfte übertragen müssen. Durch unsymmetrische Lasten kommt es zu Momentenbeanspruchungen, wodurch eine Biegesteifigkeit der Rippen erforderlich wird.

Die Hängerippen werden durch 11 konzentrisch umlaufende Pfettenringe zu einem Netzwerk ergänzt. Die Pfetten sind durch die Hängerippen hindurch zug- und druckfest miteinander verbunden. So können sie Kräfte in Ringrichtung ausgleichen. Das ist vor allem für horizontale oder auf nur einen Teil der Dachfläche wirkende Lasten von Bedeutung, da sich Lasten so innerhalb der Dachfläche verteilen können und nun nicht mehr nur die direkt betroffenen Rippen beanspruchen. Um eine Schalentragwirkung herzustellen, war es nötig, die Netzstruktur aus Hängerippen und Pfetten durch aussteifende Diagonalelemente zu ergänzen. Hierfür wurde eine diagonal verlegte Bohlenlage (4 cm dicke Bohlen) montiert. In den untersten und obersten Feldern waren dennoch Diagonalen (Brettschichtholz, Rundstahl) notwendig.

Bei den Anschlüssen für die Holzkonstruktion mussten bis zu 1500 kN auf teilweise engem Raum übertragen werden. Zum Einsatz kamen hierfür vor allem Verbindungen mit entsprechend großen Nagelblechen und Gelenkbolzen. Ebenfalls durch Nagelbleche mit Gelenkbolzen wurden die biegesteifen Stöße der Hängerippen ausgeführt.



Abb. 195: Außenansicht [54]

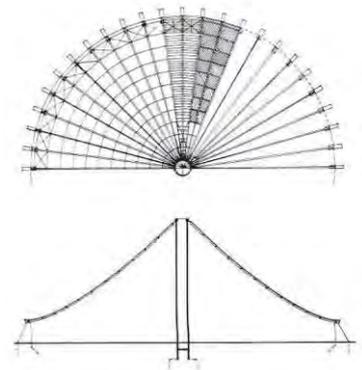


Abb. 196: Struktur [54]



Abb. 197: Innenraum [54]



Abb. 198: Stoß Hängerippe [54]

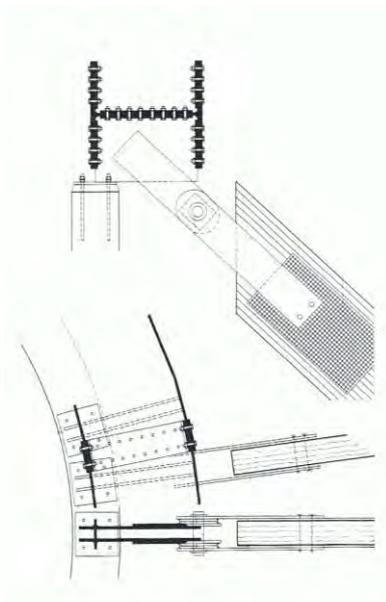


Abb. 199: Detail First [54]

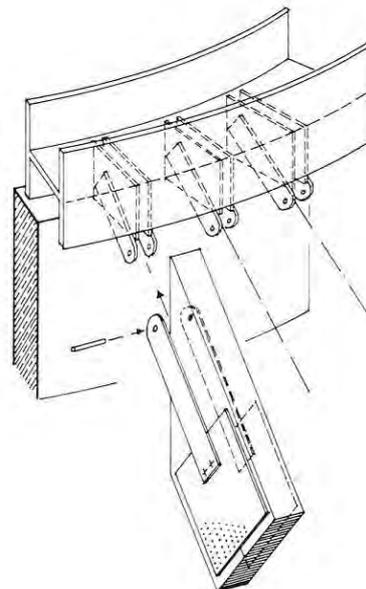


Abb. 200: Detail First [54]

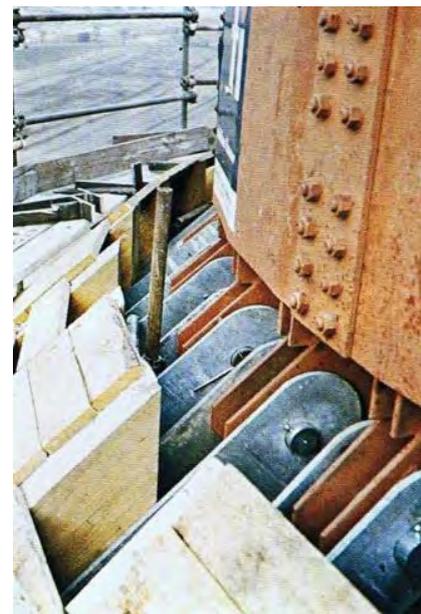


Abb. 201: Detail First [54]

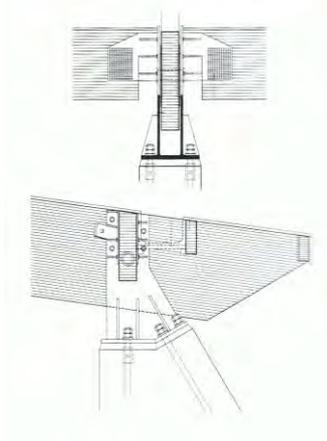


Abb. 202: Detail Fußpunkt [54]

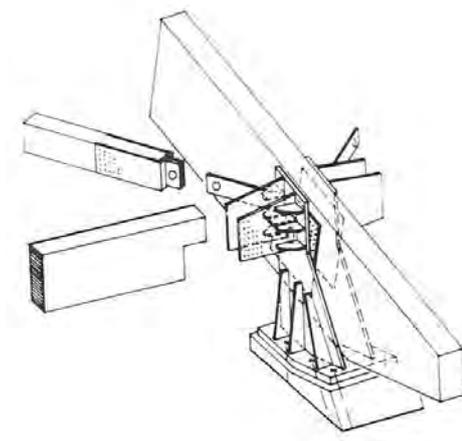


Abb. 203: Detail Fußpunkt [54]



Abb. 204: Detail Fußpunkt [54]

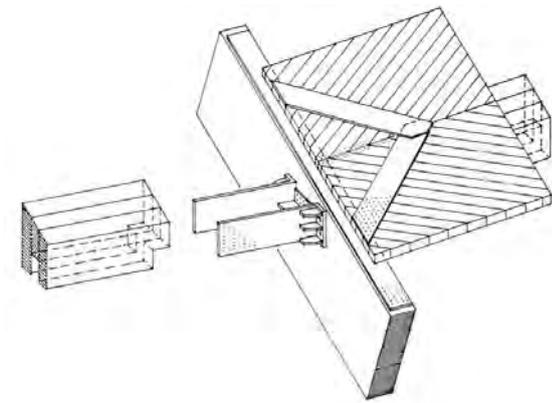


Abb. 205: Anschluss Pfettenring [54]



Abb. 206: Anschluss Pfettenring [54]

Standort:	1220 Wien / A
Baujahr:	1981
Funktion / Zweck:	Abfallrecyclinganlage
Bauherr:	Stadtverwaltung Magistrat 48, 1050 Wien / A
Architekt:	Architekt L. Lang, Magistrat 48, 1050 Wien / A
Tragwerksplanung:	Planungsgesellschaft Natterer und Dittrich, München / D

### 8.3.3 Sportanlagen in Verbier – Eissporthalle und Schwimmhalle

1983 wurde in Verbier im Schweizer Kanton Wallis eine neue Sportanlage errichtet. Sie umfasst eine Eishalle, ein Schwimmbad, Tennisplätze und eine Curlinganlage. Die Sportanlage steht auf einem etwa 20% geneigten Südhang mit Blick auf die Alpen. Die Fläche des Areals umfasst etwa 3 Hektar, von denen ca. zwei Drittel für die überdachten und offenen Schwimmanlagen (mit Restaurant) und ein Drittel für die Tennisplätze, die Curlinganlage und die Eishalle belegt sind.

#### Eissporthalle

Das Haupttragsystem der Überdachung der Eissporthalle besteht aus statisch unbestimmten Fachwerkrahmen, der mit einer Spannweite von 38m die Eisfläche überspannt. In der gesamten Breite misst die Rahmenkonstruktion fast 55m. Die Dachkonstruktion ist für etwa 8 kN/m<sup>2</sup> Schneelast bemessen. Zur nachträglichen Überdachung der angrenzenden Tennisfelder könnte die Konstruktion als Durchlaufrahmen fortgesetzt werden. Über Stahlzugbänder sind die Rahmen rückverankert. Zuganschlüsse wurden mit eingenaagelten Flachblechen und Gelenkbolzen ausgeführt. Am Hauptdruckknoten des Rahmens erfolgt die Kraftübertragung durch geklebte Buchensperrholzblöcke über Kontakt. Die Fachwerkrahmen sind im Abstand von 10 m angeordnet. Zwischen ihnen spannen fachwerkartige Sprengwerke als Nebenträger.



Abb. 207: Innenansicht [53]



Abb. 208: Fußpunkt [53]

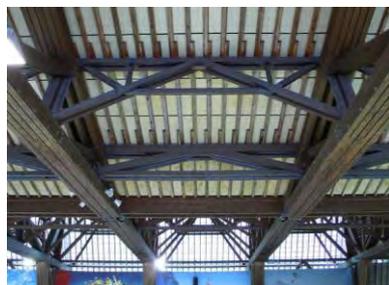


Abb. 209: Nebenträgerwerk [52]



Abb. 210: Hauptknoten [52]



Abb. 211: Knotenblock [54]

## Schwimmhalle

Das Dach der Schwimmhalle überdeckt nicht nur das 25m x 12m große Schwimmbecken mit seinen Umkleideräumen, sondern auch ein in dem Gebäude integriertes Restaurant. Die Dachkonstruktion bildet eine räumliche Fachwerkkonstruktion, ein abgeknickter zweifeldriger Fachwerkrahmen mit 12,80m und 14,80m Spannweite. Im Bereich über dem Schwimmbecken ist die Konstruktion abgestuft, so dass das Dach stufenartig nach Süden abfällt. Diese der Hanglage angepasste, abgestufte Dachgestaltung sorgt für eine sehr gute natürliche Belichtung der Schwimmhalle. Die Verbindungsmittel sind verdeckt angeordnet, als innen liegende Stahlbleche mit Stabdübeln oder als Nagelplatten mit Gelenkbolzen. Das über 5m spannende Nebentragsystem ist über gespreizte 4-teilige Pfosten an die Hauptträger angeschlossen. Die Schneelasten betragen mehr als 8 kN/m<sup>2</sup>. Die Aussteifung erfolgt über Stahlverbände in der Dachebene und Holzdiagonalen in der Fassade.



Abb. 212: Außenansicht [52]



Abb. 213: Innenansicht [53]



Abb. 214: Detail [52]



Abb. 215: Detail [52]



Abb. 216: Detail [52]

Standort:	1936 Verbier / CH
Baujahr:	1982 – 1983
Funktion / Zweck:	Sportanlagen, Eislaufhalle und Schwimmhalle
Bauherr:	ASTV Aménagements sportifs et touristiques de Verbier
Architekt:	André Zufferey, Architekt FSAI SIA, 3960 Sierre / CH
Tragwerksplanung (Holzbau):	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH
Tragwerksplanung (Massivbau):	ATIB, 1920 Martigny / CH,
Michel Moulin, 1920 Martigny / CH	

### 8.3.4 Sporthalle in Eching / Deutschland

1984 wurde in Eching eine Sporthalle neu errichtet. Eine räumliche Fachwerkkonstruktion überspannt die 30 x 45 m große Turnhalle. Das Haupttragsystem ist ein Fachwerkträger mit zweiteiligen gespreizten Gurten und einteiligen Füllstäben, der in Hallenquerrichtung verläuft. Vier Streben leiten die Auflagerkräfte von jeweils zwei Hauptträgern zu einer Stahlbetonstütze. Über den Obergurten der Hauptträger verlaufen die Nebenträger aus Brettschichtholz. Durch Kopfbänder sind sie zu den Hauptträgeruntergurten zwischengestützt. Auf den Nebenträgern sind die Pfetten (als Gerberpfetten konzipiert) angeordnet. Auf ihnen ist eine aussteifende Dachschalung verlegt. Am Hallenrand auskragend angeordnete Fachwerkrahmen gewährleisten die Gesamtstabilität der Hallenüberdachung.

Die Gurte und Diagonalen der Fachwerkhauptträger sind durch Nagelbleche mit Gelenkbolzen verbunden. Auf den Stahlbetonstützen sind geschweißte Stahlteile einbetoniert, an denen die vier Streben der Hauptträgerauflagerung über Kontaktpressung angeschlossen sind. Die Stäbe an den verschiedenen räumlichen Knotenpunkten sind über komplizierte geschweißte Stahlteile mit Stabdübeln und Bolzen zusammengeführt.



Abb. 217: Außenansicht [54]

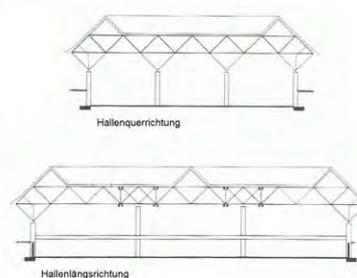


Abb. 218: Konstruktion Schnitte [54]



Abb. 219: Innenansicht Tragwerk [54]



Abb. 220: Innenansicht Tragwerk [54]



Abb. 221: Detail [54]

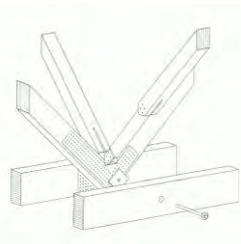


Abb. 222: Detail [54]



Abb. 223: Detail [54]



Abb. 224: Detail [54]

Standort: 85386 Eching / D  
 Baujahr: 1984  
 Funktion / Zweck: Sporthalle  
 Bauherr: Gemeinde Eching  
 Architekt: Büro4 Architekten (Wagner, Wanner, Falterer), 85386 Dietersheim / D  
 Tragwerksplanung: Planungsgesellschaft Natterer und Dittrich, München / D

### 8.3.5 Kurfürstenbad in Amberg

1989 wurde in Amberg das Kurfürstenbad erbaut. Die Dachkonstruktion besteht aus zwei gegeneinander versetzt angeordneten Hängedachschalen. Sie spannt von einer 17m hohen zentralen Stütze über 43m hin zu den Randstützen. Die Stützen, sowohl die zentrale Stütze als auch die Randstützen, sind über Stahlbetonwandscheiben gegen die horizontalen Lasten aus der Hängeschale ausgesteift. Da nicht an jedem Fußpunkt einer Hängerippe eine Betonwandscheibe steht, wurden gekrümmte Randglieder beim Tragsystem der Schale eingesetzt. Die Pfetten zwischen den Hängerippen wirken als Druckringe. Die Diagonalen zwischen den Hängerippen tragen zur Aussteifung bei, so dass auf eine aussteifende Dachschalung verzichtet werden konnte. Für die Verbindungen kamen weitestgehend Nagelbleche oder Stahlbleche mit Stabdübeln zum Einsatz.



Abb. 225: Innenansicht [52]



Abb. 226: Innenansicht [52]



Abb. 227: Firstpunkt [54]



Abb. 228: Firstpunkt [54]



Abb. 229: Fußpunkt [54]

Standort: 92224 Amberg / D  
 Baujahr: 1989  
 Funktion / Zweck: Überdachung Freizeithallenbad  
 Bauherr: Stadtwerke Amberg Bäder und Park GmbH (Betreiber heute)  
 Architekt: G. Wörrlein, 90491 Nürnberg / D  
 Tragwerksplanung: Natterer und Dittrich Planungsgesellschaft, München

### 8.3.6 Dach der Streusalzlagerhalle in Lausanne

1989 baute die Stadt Lausanne eine neue Lagerhalle für Streusalz. Der eifeckige und damit annähernd runde Grundriss hat einen Durchmesser von 26m. Die umlaufenden Wände sind aus Stahlbeton, sie sind 6,60m hoch.

Die Haupttragstruktur des Daches besteht aus einem über dem Grundriss radial angeordneten Balkenrost. Die 11 Hauptbinder des Daches sind in den Ecken in der Stahlbetonwand in entsprechenden Aussparungen aufgelegt. An ihrem inneren Ende stützen sich die Binder gegenseitig aufeinander ab (ähnlich Gerbergelenkkonstruktionen) und bilden so ein stabiles Tragwerk. Im Zentrum des Daches entsteht dadurch ein kleinerer im Durchmesser 6m messender Eifeckring, auf ihm steht eine radiale ca. 3,5m hohe Rahmenkonstruktion, die als Lichtkuppel dient. Die Hauptbinder sind aus Brettschichtholz, die Rahmenkonstruktion der Lichtkuppel aus Kantholz. Zwischen den radialen Hauptbindern liegen parallel zur Außenwand als einfache Balken eingelegt Pfetten. Sie sind auf einfachen mittels Nagelpressklebung an den Bindern angebrachten Brettern aufgelegt. Auf den an der Oberkante bündig miteinander abschließenden Pfetten und Brettschichtholzbindern ist die Dachhaut montiert (27mm-Schalung mit aufgeklebter Dichtungsfolie). Die Dachneigung beträgt etwa 5°.



Abb. 230: Dachkonstruktion radialer Rost [52]



Abb. 231: Außenansicht mit Einfahrt[52]



Abb. 232: Detail Trägeranschlüsse [52]

Standort:	Lausanne VD / CH
Baujahr:	1989, Neubau
Funktion / Zweck:	Streusalzlagerhalle
Bauherr:	Stadt Lausanne
Architekt:	Atelier Gamme Architecture, 1003 Lausanne VD / CH
Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.7 „Polydôme“ in Lausanne

Die Kuppel (Holzrippenschale in Brettstapelbauweise) spannt über einem quadratischen Grundriss von 25 x 25 m. Die Höhe des Firstes beträgt 6,80m. Die bis zu 3m hohen Fassadenwände sind verglast. Der Krümmungsradius der Kuppel beträgt 27,5m. Die einzelnen Bretter der Rippen (Fichtenholz) haben einen Querschnitt von 27/120mm. Durch Keilzinkungen wurden sie auf bis zu 19m Länge gebracht und auf die Baustelle geliefert.

Das gesamte Tragwerk ist in den Eckpunkten des Grundrisses gelagert. Die beiden Diagonalen zwischen den Eckpunkten bestimmen die Hauptrichtungen der Rippen. In den vier Eckpunkten konzentrieren sich die Kräfte der Diagonalen und werden über spezielle Auflagerböcke aus Stahl in die Fundamentkonstruktion aus Stahlbeton abgetragen. Die Rippen setzen sich aus vier Brettlagen zusammen, von denen in den Knotenpunkten jeweils zwei durchlaufen. Die Brettlagen sind durch Holzschrauben miteinander verbunden. In den Knotenpunkten ist jeweils ein Schraubenbolzen angeordnet. Die Schubsteifigkeit der Schalenskonstruktion wird durch die Brettschalung sichergestellt. Da die Brettschalung diagonal zum Rippenraster verlegt ist, ist hier eine Brettlage ausreichend. Mit diesem Projekt wurde erstmals eine Holzrippenschale in Brettstapelbauweise ausgeführt.



Abb. 233: Innenraum Polydôme [54]

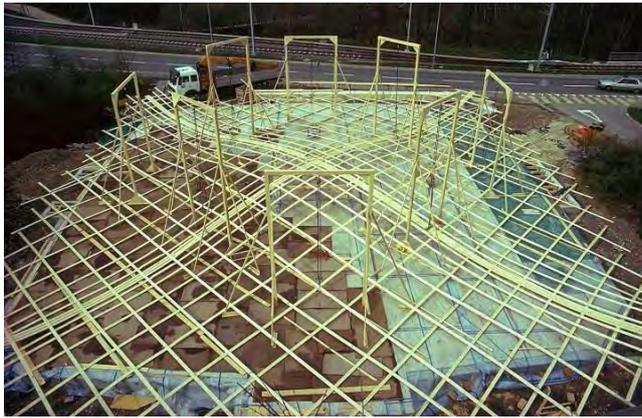


Abb. 234: Bauphase [54]



Abb. 235: Auflagerpunkt, Dachschalung [54]



Abb. 236: Detail [54]



Abb. 237: Detail [54]



Abb. 238: Außenansicht [54]

Standort:	1015 Lausanne VD / CH
Baujahr:	1991, Neubau
Funktion / Zweck:	Ausstellungs- und Veranstaltungssaal
Bauherr:	EPFL Lausanne, 1015 Lausanne / CH
Architekt:	Dan Badic et Associés, 1110 Morges VD / CH
Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.8 Turnhalle in Arlesheim

1997 wurde in Arlesheim eine neue 3-fach-Sporthalle gebaut. Die Dachkonstruktion ist als Tonnendach in Holzrippenbauweise (Brettstapel) konzipiert und überspannt eine Fläche von ca. 54 x 35 m. Die tragende Dachkonstruktion wird durch zwei übereinander liegende Rippenstrukturen gebildet, eine obere und eine untere Rippenlage. Die obere Rippenlage ist in Querrichtung der Halle gerade angeordnet und nimmt den größten Teil der Kräfte auf. Sie ist vom Inneren der Halle nicht sichtbar. Die untere Rippenlage besteht aus gekreuzt verlaufenden Rippen. Sie ist im Halleninneren sichtbar und dient in erster Linie zur Aussteifung des Daches in Hallenlängsrichtung. Beide Rippenlagen geben ihre Kräfte (vornehmlich Horizontallasten / Horizontalschub aus der Dachform resultierend) auf die in der Dachebene liegenden Druckbögen (Brettschichtholz 20/60cm) und traufseitigen Längsträger ab. Die beiden Bogenkonstruktionen in den Drittelpunkten der Halle dienen hauptsächlich der Anbringung von Geräten. Die Zugbänder dieser Bögen nehmen die aus der Schale entstehenden horizontalen Schubkräfte auf.



Abb. 239: Außenansicht [54]



Abb. 240: Innenansicht [54]

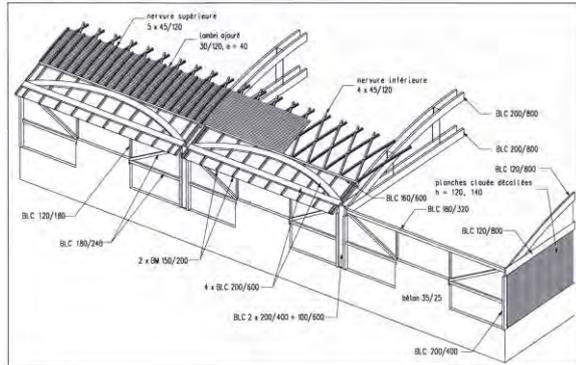


Abb. 241: Konstruktion [54]



Abb. 242: Auflager Dach [54]



Abb. 243: Detail [54]



Abb. 244: Detail [54]

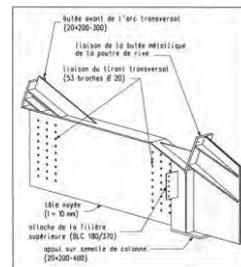


Abb. 245: Detail [54]



Abb. 246: Detail [54]

Standort: 4144 Arlesheim/ CH  
 Baujahr: 1997  
 Funktion / Zweck: Sporthalle  
 Bauherr: Gemeinde Arlesheim  
 Architekt: R. Meuli Architekt, 6648 Minusio / CH; May Architekten AG, 3176 Neuenegg / CH  
 Tragwerksplanung: Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.9 Reithalle Mehrow-Trappenfelde

In Mehrow-Trappenfelde östlich von Berlin wurde 1997 eine Reithalle in Holzbauweise errichtet. Die Grundfläche der Reithalle beträgt 35 x 45 m. Zusätzlich zur Reitfläche von 20 x 40 m. überspannt die Konstruktion 28 Pferdeboxen, Arbeits-, Lager- und Umkleideräume, Umkleideräume sowie einen Gaststättenbereich.

Die Dachkonstruktion, gebildet aus einer Holzrippenschale (Tonnennetzwerk), überspannt die 20 m breite Reitfläche. Die Höhe des Daches beträgt im First 7 m und an der Bande

4,5 m. Im Abstand von 5,5 m ist die Rippenschale durch hölzerne Auflagerböcke gehalten, die die entstehenden Vertikal- und Horizontalkräfte in die Fundamente weiterleiten. Durch diese rahmenartigen Böcke erfolgt auch die Aussteifung der Halle in Querrichtung. Die Längsaussteifung erfolgt durch das Rippennetz mit einer aufgetragenen Schalung.



Abb. 247: Außenansicht [54]

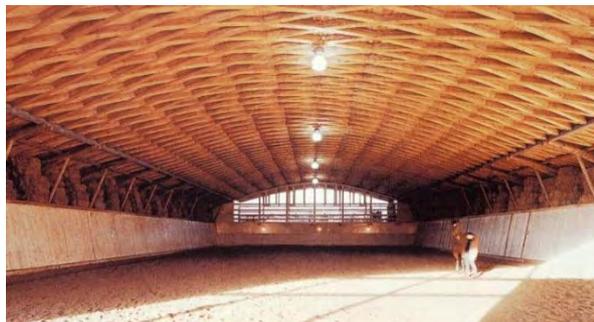


Abb. 248: Innenansicht [54]



Abb. 249: Restaurant [54]



Abb. 250: Rippenstruktur [54]

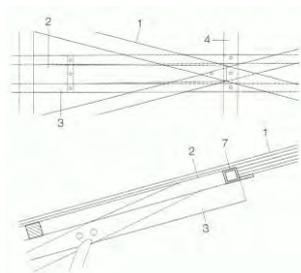


Abb. 251: Rippendetail [54]



Abb. 252: Auflagerbock [52]



Abb. 253: Rippenanschluss [52]

Standort:	16356 Mehrow-Trappenfelde / D
Baujahr:	1997
Funktion / Zweck:	Reithalle mit Pferdeboxen, Restaurant, Büros
Bauherr:	Reitschule „Am Walde“, A. Wessel
Architekt:	Architekturbüro Sasse & Fröde, 13187 Berlin / D
Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.10 Einfache Turnhalle in Sisikon

Die in Brettstapelbauweise entworfene Turnhalle in Sisikon konnte sich als Gegenvorschlag zu einer Variante in Stahlbeton durchsetzen und ersetzte einen Altbau.

Die Grundfläche der Turnhalle beträgt 12 x 24m. Die Konstruktion des Walmdaches besteht aus Brettstapelelementen, die auf einem räumlichen Strebenfachwerk von 12m Spannweite aufliegen. Im Abstand von 4m ist das Dach durch Zugbänder aus Kantholz unterspannt. Von den Kantholzzugbändern gehen jeweils acht Druckstreben zur Mittel- und Firstpfette. Die

Übertragung der Druckkräfte erfolgt dabei immer über Kontaktstöße mit Hartholzzwischenstücken. Stahlzugstangen von diesem Knoten zum First gleichen Kräfte aus. Die auf Fuß-, Mittel- und Firstpfette auf-liegenden Brettstapel des Daches werden als Obergurte genutzt. Vertikallasten vom Dach werden durch Stützen aus Kantholz aufgenommen. Die Aussteifung erfolgt über die mittels Beplankung zur Scheibe ausgebildeten Brettstapel.



Abb. 254: Innenraum Turnhalle [54]



Abb. 255: Dachkonstruktion [54]



Abb. 256: Detail Strebenanschluss [54]



Abb. 257: Außenansicht [54]

Standort:	6452 Sisikon UR / CH
Baujahr:	1998, Neubau
Funktion / Zweck:	Turnhalle
Bauherr:	Gemeinde Sisikon / CH
Architekten:	Meuli Architekten, 6648 Minusio / CH
Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.11 Werfthalle zum Bau einer Galeere in Morges

Für den Bau des 55m langen Schiffsrumpfes der Galeere wurde eine Bootswerft benötigt. Wie auch das Schiff sollte die Werfthalle von Arbeitssuchenden errichtet werden, die teilweise über wenig oder gar keine handwerkliche Ausbildung verfügten. Es wurde also eine einfache und materialsparende Konstruktion angesteht, die zudem unkonventionell und aus dem Baustoff Holz sein sollte.

Man entschied sich für eine tonnenförmige Werfthalle als Holzrippenschale in Brettstapelbauweise. Sie wurde aus einfachsten Elementen wie Rundhölzern, Kanthölzern, Brettern und Schrauben und Nägeln hergestellt. Die Halle ist 60m lang, 19m breit und besitzt eine Höhe von 11m. In Querrichtung wird die Halle durch außenliegende Rahmen im Abstand von 6m ausgesteift. In Längsrichtung stabilisiert sich die Halle durch ihre Rippenstruktur mit einer aufgetragenen Schalung selbst. Die Schalungsbretter (eine Lage) sind in Hallenlängsrichtung verlegt.

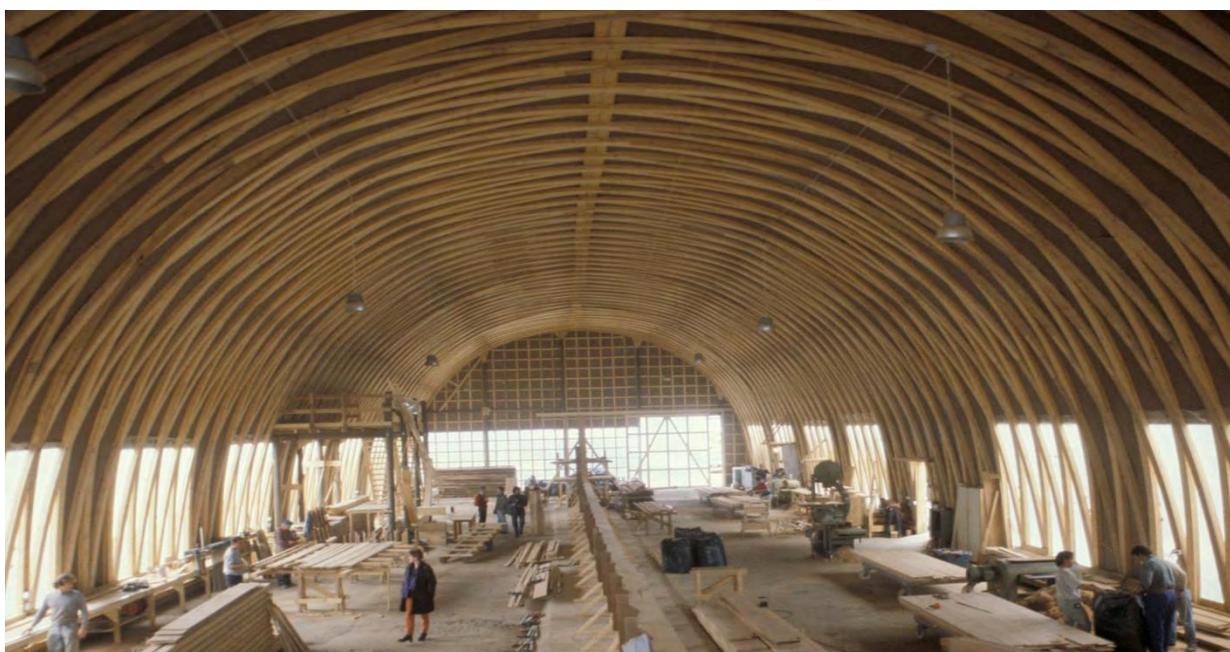


Abb. 258: Innenraum [54]



Abb. 259: Außenansicht Halle [54]



Abb. 260: Innenraum [54]

Standort:	1110 Morges VD / CH
Baujahr:	1995 – 1996, Neubau temporär
Funktion / Zweck:	Werfthalle zum Bau historischer Galeeren auf dem Genfer See
Bauherr:	Gewerkschaft für Bau und Holz, Vereinigung zur Konstruktion der Galeere „La Liberté“
Konstrukteur / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.12 Therapiehalle des „Health Balance“ in Oberuzwil

Im Februar 2004 wurde die neue Anlage des Tier-Gesundheits-Zentrums in Oberuzwil in Betrieb genommen. Eines seiner Gebäude ist die Therapiehalle. Sie wurde streng nach den Vorgaben von Global Scaling gestaltet.

Die Therapiehalle hat einen Durchmesser von 26m und eine Höhe von 18m, was ein Rauminhalt von gut 5000m<sup>3</sup> ergibt. Die Konstruktion, das verwendete Material und das Licht wirken besonders beruhigend auf Mensch und Tier. Sonnenlicht fällt zentral von oben und durch ein umlaufendes Lichtband in die Halle. Die Kuppel ist als Brettstapel-Rippenschale konstruiert. Die Rippen bestehen aus einfachen Brettern. Sie laufen von der Schwelle bis zur Kuppelspitze zusammen und bilden dort einen zentralen Ring für das Oberlicht. Sechs Brettlagen (flachliegende Nadelholzbretter 3 x 16cm) bilden eine Rippe. Die Rippen verlaufen auf sog. Geodätischen Linien, d.h. die Bretter werden nur um ihre schwache Achse gebogen und miteinander verschraubt. Das reduziert die Eigenspannungen durch die Krümmung. Das Rippennetzwerk ist auf der Außenseite durch stehende Bretter verschalt.



Abb. 261: Innenansicht [54]



Abb. 262: Bauphase [54]



Abb. 263: Randaufleger [54]



Abb. 264: Außenansicht [54]



Abb. 265: Struktur [54]

Standort:	9240 Uzwil SG / CH
Baujahr:	2003 – 2004, Neubau
Funktion / Zweck:	Therapiehalle für Tiere
Bauherr:	Tier-Gesundheits-Zentrum, 9240 Uzwil SG / CH
Konstrukteur / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.3.13 Konzerthalle „Zénith“ in Limoges

Die Konzerthalle in Limoges ist der vom selben Architekten bereits in Rouen entworfenen Konzerthalle äußerlich sehr ähnlich. War es jedoch in Rouen noch eine Konstruktion vorrangig aus Stahl und Beton, so kam hier Holz und Polycarbonat zum Einsatz.

Das Gebäude lässt sich in drei klare architektonische Bauwerkseinheiten gliedern, den Saal mit ansteigenden Rängen, darüber die flache Dachkonstruktion und außen herum die gewölbte Hülle. Diese Hülle gibt dem Gebäude auch seine markante gestalterische Form. Zwischen Halle und Hülle ergibt sich ein Erschließungsraum für Zu- und Abgänge. Der Konzertsaal misst etwa 80m im Durchmesser, das gesamte Gebäude mit der Hülle etwa 95m.

Die Hülle besteht aus gekrümmten Brettschichtholzrippen mit darauf montierter Polycarbonatbahnen. Der Saal in Massivholzbauweise (Wände, Tribünenränge) fasst 6000 Zuschauer. Bei Bedarf kann das Fassungsvermögen auch auf bis zu 600 Personen verringert oder bis auf 8000 Gäste erweitert werden. Das Dach ist als räumliches Fachwerk in Stahl konzipiert und

völlig stützenfrei, womit sich der Saal und seine Bühne flexibel an verschiedene Gegebenheiten anpassen lässt. Die Unterkonstruktion der Ränge ist aus Stahlbeton.



Abb. 266: Außenansicht [57]



Abb. 267: Innenansicht [57]



Abb. 268: Bodenelemente Ränge [57]



Abb. 269: Innenansicht [57]

Standort:	87100 Limoges / F
Baujahr:	2005 – 2006, Neubau
Funktion / Zweck:	Konzerthalle
Bauherr:	Stadt Limoges, 87000 Limoges / F
Architekt:	Bernard Tschumi urbanistes Architectes, 75004 Paris / F
Tragwerksplaner (Holzbau):	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

## 8.4 Brücken

### 8.4.1 Fußgängerbrücke über die Dranse bei Martigny

Die freie Spannweite der Brücke beträgt 28 m. Das Tragsystem besteht aus auskragenden Randträgern, die über Pylone abgespannt sind und zwischen denen ein einfacher Balken als Mittelteil eingehangen ist. Wegen dem bei Hochwasser oft reißenden Fluss kam eine Zwischenstützung nicht in Frage. Die Querträger sind unten an die Hauptträger angehängt und tragen den Bohlenbelag.

Der Hauptträger besteht aus fünf in der Länge versetzt gestoßenen Teilquerschnitten, die durch Stabdübel (20 mm) nachgiebig miteinander verbunden sind. Zwei Gründe waren dafür ausschlaggebend. Zum einen kamen bei der Konstruktion nur Vollholzquerschnitte (Lärche) zum Einsatz und man konnte auf teurere Brettschichträger verzichten. Zum anderen entsprach man damit der Vorgabe, dass die Brücke von der Schweizer Armee nur mit sehr leichtem Arbeitsgerät montiert werden sollte, da die Einzelteile leicht zu handhaben waren. Die Höhe des Querschnitts beträgt 1,16 m.

Die Gehwegplatte wird allein durch die Bohlen und Querträger mit entsprechender Vernagelung ausgesteift. Die Pylone sind jeweils durch Streben in Querrichtung stabilisiert.



Abb. 270: Ansicht der Brücke [54]



Abb. 271: Bauphase [54]

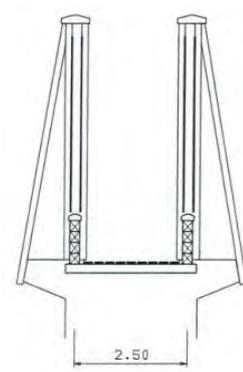


Abb. 272: Querschnitt [54]

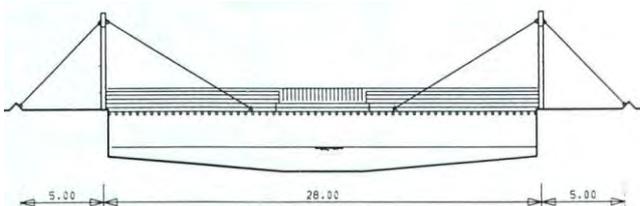


Abb. 273: Konstruktion Ansicht [54]

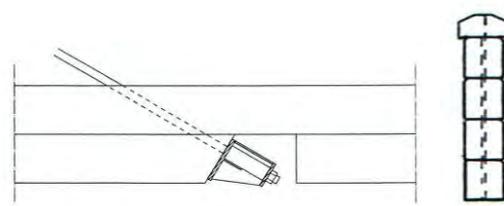


Abb. 274: Anschluss Zugband, verdübelter Balken [54]

Standort:	1920 Martigny / CH
Baujahr:	1983
Funktion / Zweck:	Fußgängerbrücke
Bauherr:	Gemeinde Martigny
Entwurf u. Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH mit dem Technischen Büro des Genie-Bataillons 10

#### 8.4.2 Brücke über den Doubs bei Ravines

Die Brücke über die Doubs wurde 1989 erbaut und ersetzte eine Anfang des 20. Jahrhunderts errichtete Stahlfachwerkbrücke, die aufgrund ihres Zustandes ersetzt werden musste.

Die Brücke ist den veränderten Anforderungen an die Nutzung gewachsen, so kann sie nun im Vergleich zur alten Stahlkonstruktion auch durch schwer beladene LKW (Holzabtransport aus umliegendem Wald) befahren werden. Die Brücke ist für eine Nutzlast von  $2,5 \text{ kN/m}^2$  und  $6 \times 60 \text{ kN}$  (Lastgruppe) ausgelegt. Die Spannweite der Brücke beträgt  $36 \text{ m}$ , die Fahrbahnbreite beträgt  $3,75 \text{ m}$ .

Das Haupttragsystem besteht aus zwei parallelen einfeldrigen Fachwerkträgern. Die Stäbe bestehen aus je zwei nebeneinander liegenden Brettschichthölzern (zweiteiliger Querschnitt mit dazwischen liegenden Futterhölzern). Der Obergurt und die Diagonalen sind z.T. als ein gekrümmtes Element gefertigt. Vertikal angeordnete Zugstangen reduzieren die Stützweite zwischen den Untergurtnoten. In den Knoten werden die Kräfte entweder über Kontaktpressung mit Hilfe genagelter Stahllaschen oder über innen liegende Stahlbleche mit Gelenkbolzenverbindung übertragen.

Die Querträger ( $4,63 \text{ m}$  Spannweite) sind als unterspannte Träger ausgeführt. Sie tragen die Lasten aus der Fahrbahn zu den Hauptträgern hin und durch Traversen aus Stahl in die Untergurtnoten der Hauptträger ein. Beim Querträger wurden Furnierschichtholz für den Druckriegel und Flachstahl für das Zugband verwendet. Das Dach (Binder aus Furnier- oder Brettschichtholz) kragt nach beiden Seiten  $1,70 \text{ m}$  bis  $2,60 \text{ m}$  aus.

Die Aussteifung erfolgt über die diagonal Dachschalung zusammen mit den Sparrenpfetten und Querträgern im Dach, sie bilden eine steife Scheibe und stabilisieren die Obergurte der Fachwerke. Biegesteife Rahmenkonstruktionen leiten die horizontalen Lasten aus dem Dach in die Fahrbahnebene, wo sie durch die Fahrbahnplatte zu den Brückenlagern hin abgetragen werden.



Abb. 275: Ansicht [54]



Abb. 276: Innenansicht [52]



Abb. 277: Ansicht [52]



Abb. 278: Detail Rahmenecke [52]

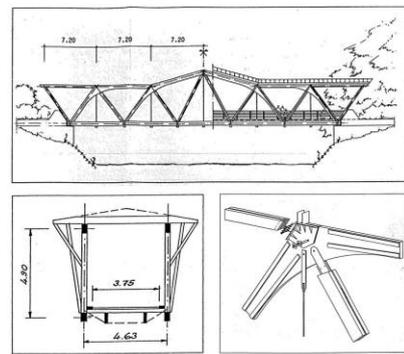


Abb. 279: Konstruktion [54]

Standort: 2883 Ravines - Montmelon / CH  
 Baujahr: 1989  
 Funktion / Zweck: Brücke  
 Bauherr: Gemeinde Montmelon  
 Entwurf / Tragwerksplanung: Ingenieurgemeinschaft:  
 P.Buchs & J.L. Plumeu, 2900 Porrentruy JU / CH  
 Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.4.3 Fußgängerbrücke über die N9 bei Vallorbe

Für die Verbindung von Forst- und Wanderwegen wurde zur Überquerung der Nationalstrasse N9 bei Vallorbe / Ballaigues im schweizerischen Kanton Waadtland eine Brücke mit Zufahrtsrampe errichtet.

Das Haupttragwerk der Brücke bilden zwei Pylone, die über Abspannungen die Brückenbahn tragen. Der Hauptträger der Brückenbahn besteht aus zweiteiligen, nachgiebig zusammengesetzten Rundholzquerschnitten (sägegestreift mit Entlastungsnut). Diese Hauptträger sind als einfache Balken auf den Querträgern aufgelagert, die wiederum mit der Abspannung verbunden sind und durch diese getragen werden. Die zusammengesetzten Rundholz-Balken überspannen 4,35 m bis 5,10 m zwischen den Querträgern. Die Spannweite der Brücke im Ganzen beträgt 24 m. An den Köpfen der etwa 14 m hohen Pylonen laufen alle Abspannkabel zusammen. Die Pylone stehen in einer gespreizten H-Form und sind an ihren Köpfen über eine Traverse miteinander verbunden. Die Aussteifung der Brücke, der Pylonen und der Zugangsrampe erfolgt über Verbände aus Stahlstäben, die unterhalb der Gehbahn und zwischen den Pylonen und den Stützen der Rampe angeordnet sind. Die Schubkraftübertragung zwischen den Teilquerschnitten der zusammengesetzten Träger erfolgt über Passbolzen. Vor der Herstellung des Verbundes wurden die Träger überhöht. Auf diese Art wurden die Verformungen aus dem Schlupf der Verbindungsmittel eliminiert und die Durchbiegungen der verbauten Träger fallen deutlich geringer aus.



Abb. 280: Brückenansicht [52]



Abb. 281: Pylone [52]

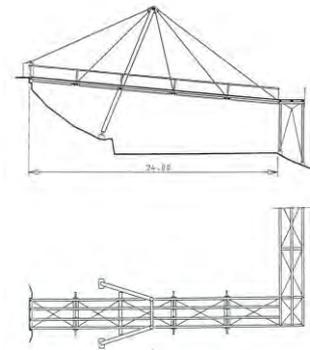


Abb. 282: Konstruktion [54]

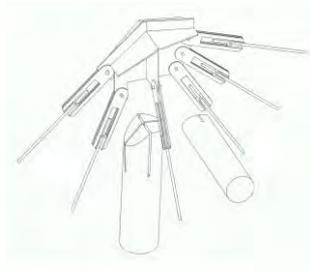


Abb. 283 u. Abb. 284: Pylonkopf [52][54]

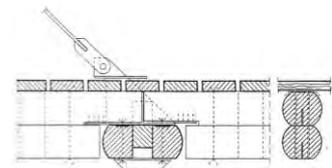


Abb. 285 u. Abb. 286: Balkenanschluss [52][54]

Standort:	1337 Vallorbe / CH
Baujahr:	1989
Funktion / Zweck:	Fußgängerbrücke
Bauherr:	Gemeinde Vallorbe, Straßenbauamt
Entwurf u. Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH mit dem Bureau des Autoroute Waadtland (Straßenbauamt)

#### 8.4.4 Brücke über die Simme bei Wimmis

Die 108 m lange Rad- und Fußwegbrücke verbindet die Gemeinden Wimmis und Reutigen. In Brückenmitte liegt die Fahrbahn etwa 25 m über dem mittleren Wasserspiegel des Flusses. Die Brücke liegt auf den beiden Widerlagern an ihren Enden und auf zwei Zwischenpfeilern auf. So ergeben sich drei Felder von 27, 54 und 27m Spannweite.

Das Haupttragsystem ist ein über drei Felder durchlaufender parallelgurtiger Fachwerkträger. Die statische Höhe der Fachwerkträger beträgt 2,94m. Über den Zwischenpfeilern vergrößert sie sich voutenartig auf das Doppelte.

Im Abstand von 6,75m spannen Querträger zwischen den Untergurten der Hauptträger. Sie tragen den Fahrbahnaufbau (Koppelpfettenlage mit Gehbelag). Im gleichen Abstand sind die Pfosten des Fachwerkes angeordnet. Zusammen mit den Dachbindern und Streben bilden sie einen biegesteifen Querrahmen, der den Obergurt des Fachwerkträgers hält. Diese Rahmen übergeben ihre horizontalen Lasten an die Untergurte der Hauptträger. Die Untergurtebene wird durch einen Verband ausgesteift. Letztlich gibt die Brücke die Horizontallasten an die Widerlager und die eingespannten Betonzwischenstützen ab. Zwischen den Ober- und Untergurten und Pfosten liegen die dreiteiligen Diagonalen (Brettschichtholz mit Laschen aus *Kerto*-Furnierschichtholz).

Zur Minimierung des Verbindungsmittelaufwandes entschied man sich für Druckdiagonalen im Fachwerk. Je nach Belastungssituation können in den Diagonalen aber auch Zugkräfte ent-

stehen, die dann durch die *Kerto*-Laschen aufgenommen werden. Bei größeren Druckkräften erfolgt die Krafteinleitung aus den Diagonalen über einen Nagelversatzschuh. Bei der Brücke über die Simme wurden sie in dieser Art erstmals ausgeführt. Die mit bis zu 700kN Druck beanspruchten Diagonalen können die Kräfte so sicher in die Gurte einleiten. Aufgrund des konstruktiven Holzschutzes kommt die Brücke ohne zusätzliche chemische Holzschutzmaßnahmen aus.



Abb. 287: Brückenansicht von der Simme [53]



Abb. 288: Zugang [52]



Abb. 289: Innenansicht [53]

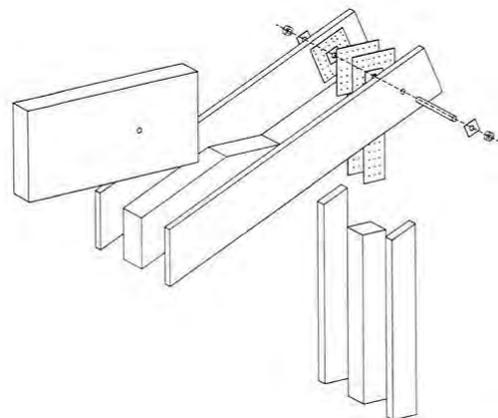


Abb. 290 u. Abb. 291: Anschluss Obergurt-Strebe-Pfosten mit Versatzschuh und Gelenkbolzenverbindung [52][54]

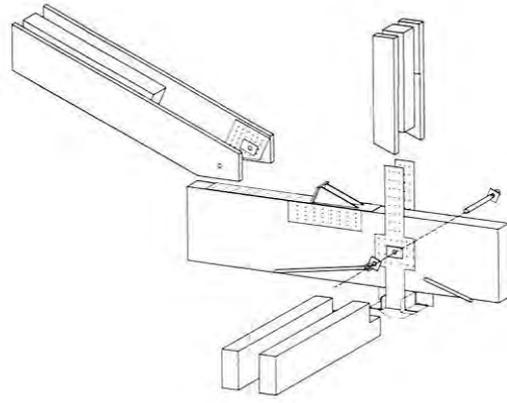


Abb. 292 u. Abb. 293: Anschlussdetail Untergurt-Strebe-Pfosten-Querträger [52][54]

Standort: 3752 Wimmis / CH  
 Baujahr: 1989, Neubau  
 Funktion / Zweck: Brücke über die Simme  
 Bauherr: Baudirektion des Kantons Bern / CH, Oberingenieurkreis 1  
 Konstrukteur / Tragwerksplaner: Arbeitsgemeinschaft  
 Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH  
 Ingenieurbüro Gärtl AG, 3661 Uetendorf BE / CH

#### 8.4.5 Schwerlastbrücke in Le Sentier

Die 1991 erbaute Brücke in Le Sentier zeigt die vielfältige Einsatzmöglichkeit der Holz-Beton-Verbundbauweise. Die für den Kraftfahrzeugverkehr errichtete Einfeldbrücke ist für eine Nutzlast von 30 t zugelassen. Die Spannweite beträgt 13m. Die Konstruktion besteht aus Rundholzstämmen (52 cm Durchmesser) und einer 20 cm dicken Normalbetonschicht. Der Verbund zwischen den Rundholzstämmen und dem Beton erfolgt durch Kerven. Zur Sicherung des Verbundes sind HILTI-HBV-Dübel in die Kerven eingesetzt.



Abb. 294: Brückenansicht [54]

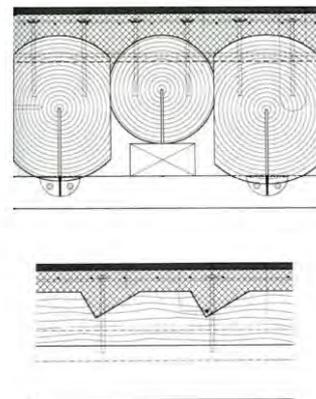


Abb. 295: Querschnitt [54]

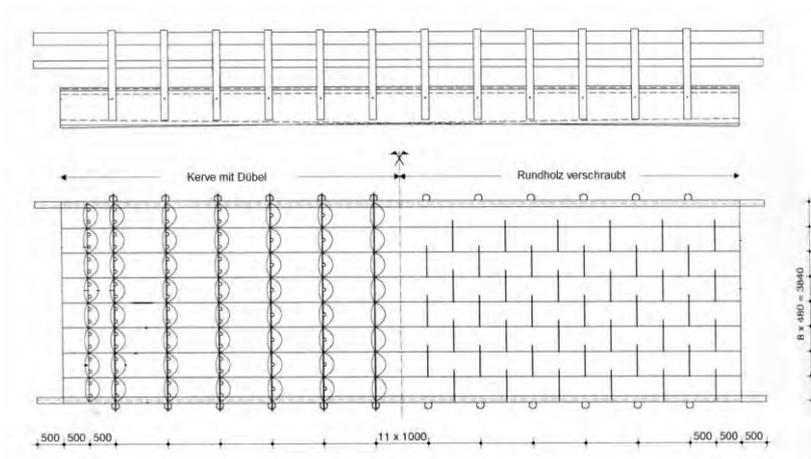


Abb. 296: Konstruktion [54]



Abb. 297: Kerfen mit Dübeln [54]

Standort:	1347 Le Sentier / CH
Baujahr:	1991
Funktion / Zweck:	Schwerlastbrücke
Bauherr:	Gemeinde Chenit
Entwurf u. Tragwerksplanung:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

#### 8.4.6 Fischbrücke Neutraubling bei Regensburg

Die überdachte Fußgängerbrücke wurde errichtet, um Kindern eine sichere Überquerung über eine stark befahrene Schnellstraße zu den Sportplätzen und Badeweiern zu ermöglichen.

Die Brücke wurde als überdachte 3-Feld-Holzbrücke mit Auskragung konzipiert. Die Brückenslänge beträgt ca. 23,5m, bei drei Feldern mit Einzelstützweiten von 6,55m, 12,9m und 4,1m, dazu Überhänge von 2,3m und 1,75m. Das Haupttragssystem wird aus 2 Rautenfachwerken mit dazwischen liegendem Fahr- und Gehweg gebildet. Die Gehbahn besteht aus Bohlen, das Dach aus einer Brettstapeldecke. Die gebogenen Untergurte und die gebogenen Obergurte sind wie auch die Diagonalen 2-teilige Querschnitte.

Verbände und Rahmenkonstruktionen an den Auflagerpunkten steifen die Brücke aus. Die Brücke wurde neben ihrem Standort abgebunden und mit einem Schwerlastkran in nur 20 Minuten eingehoben



Abb. 298: Brückenansicht [54]



Abb. 299: Innenansicht [54]

Standort:	93073 Neutraubling bei Regensburg / D
Baujahr:	2001, Neubau
Funktion / Zweck:	überdachte Fuß- und Radwegbrücke
Bauherr:	Fürstl. Haus Thurn und Taxis
Architekten:	A. Dylla, Architektin, 81479 München / D
Tragwerksplaner:	IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

#### 8.4.7 Naturbeobachtungssteg in Wiesenfelden

Der Naturbeobachtungssteg verbindet ein Neubaugebiet mit dem Ortskern. Er besitzt eine Länge von ca. 110m und ist in der Draufsicht leicht gekrümmt. Er besteht aus 13 gleichen Einzelelementen, die jeweils eine Spannweite von ca. 7,60m in Feldmitte und einen Überstand von ca. 50cm nach beiden Seiten aufweisen. Die Bohlen des Gehbelages sind 3,50m lang, wobei die lichte Gehwegbreite 2,50m beträgt.

Gegründet wird der Steg auf 52 Rammpfählen aus Lärche. Das Haupttragwerk bilden auf den Rammpfählen (Eiche) aufgelagerte Sprengwerke (Druckstreben, Zugbänder). Zur Reduzierung der Spannweiten ist die Gehbahn in den Drittelpunkten zwischen den Pfählen an diesen Sprengwerken abgehängt. Die Diagonalen werden sowohl zur Lastabtragung, wie auch der Stützung des Geländers herangezogen.

Das Dach besteht aus Brettstapeln, die mit Bitumenbahnen abgedeckt sind und liegt auf dem Sprengwerk auf. Die Breite des Daches von knapp 6m sichert durch den daraus resultierenden großen Dachüberstand den konstruktiven Holzschutz der Konstruktion. Der Gehbelag besteht aus gerillten Bohlen. Jedes Element ist für sich ausgesteift und standsicher. Am Steganfang und –ende befindet sich jeweils eine nichttragende Fundamentverwahrung aus Stahlbeton.



Abb. 300: Ansicht der Brücke über den Ortweiher [54]



Abb. 301: Perspektive [54]



Abb. 302: Innenansicht [54]



Abb. 303: Fußpunkt [52]

Standort: 94344 Wiesenfelden / D  
Baujahr: 2002, Neubau  
Funktion / Zweck: Naturbeobachtungssteg  
Bauherr: Gemeinde Wiesenfelden, 94344 Wiesenfelden / D  
Konstrukteur / Tragwerksplaner: IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D

## 8.5 Sonderbauwerke

### 8.5.1 Schale zur Bau68 in München

Die erste von Julius Natterer geplante Rippenschale ist eine Rippenschale vor dem Messengelände zur Bau68 in München. Sie besteht aus vier zusammengesetzten Sattelflächen. Diese vier Sattelflächen (Rippenschalen) spannen sich geometrisch als Zugmembrane zwischen den Randgliedern auf. Die Randglieder werden durch gekrümmte und verdrehte Brettschichtträger gebildet. Die Gesamtabmessung der Konstruktion beträgt etwa 29 m x 18 m. Die Schale, also das Gitternetz, besteht aus sich kreuzenden Latten vom Querschnitt 3/6 cm. Auf dieser Rippenstruktur ist eine Schalung, bestehend aus zwei sich kreuzenden 20 mm dicken Brettlagen, montiert.



Abb. 304: Außenansicht [54]



Abb. 305: Außenansicht [54]



Abb. 306: Randglied mit Rippen [54]



Abb. 307: Mittelpunkt, Zusammenschluss der Teilflächen und Rippen [54]

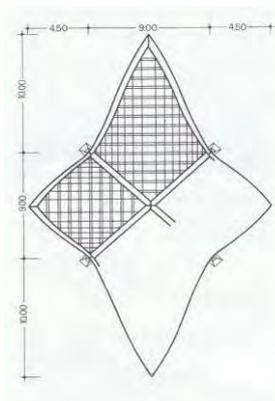


Abb. 308: Konstruktion [54]

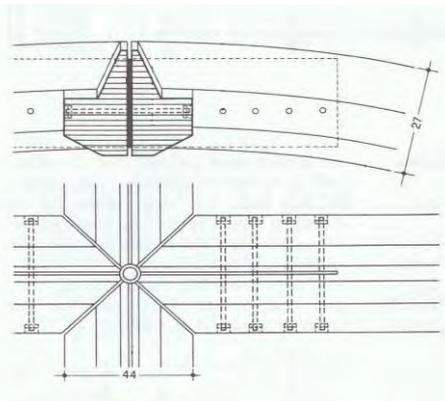


Abb. 309: Mittelpunkt [54]

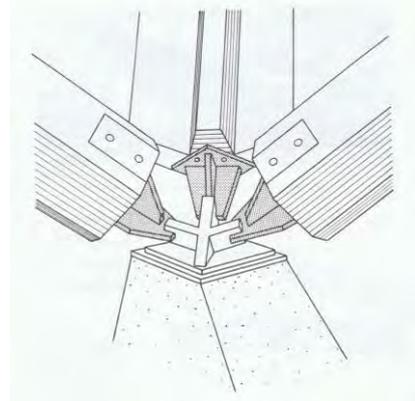


Abb. 310: Fußpunkt [54]

Standort: 81823 München / D  
Baujahr: 1968  
Funktion / Zweck: Ausstellungspavillon  
Bauherr: Messe München  
Architekt: G. Minke, 34128 Kassel / D  
Tragwerksplanung: Planungsgesellschaft Natterer und Dittrich, München / D

### 8.5.2 Pavillon für die Gartenschau in Dortmund

Die Hängeschale besitzt die Grundrissform eines Karos und die Spannweiten zwischen den diagonal gegenüberliegenden Hoch- bzw. Tiefpunkten betragen etwa 60 m. Zwischen den Hoch- und Tiefpunkten verlaufen die gekrümmten und verdrillten Randglieder. Sie bestehen jeweils aus zwei flach übereinanderliegenden Brettschichtträgern mit einem Querschnitt von 18/140 cm. Die Hochpunkte sind durch Kreuzstützen und Abspannkabel gehalten. Die Tiefpunkte liegen direkt auf Stahlbetonfundamenten. Das Haupttragelement bilden zwischen den Hochpunkten und den Randgliedern hängende, konkav gekrümmte Rippen (Querschnitt 20/20 cm, 1,50 m Abstand). Auf diesen Hängerippen sind drei Lagen Bretter als Schalung angeordnet.



Abb. 311: Ansicht [54]

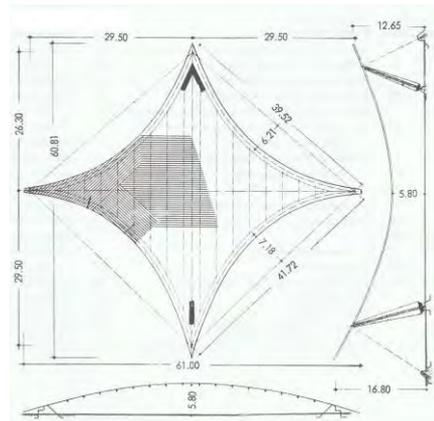


Abb. 312: Konstruktion [54]



Abb. 313: Bauphase [54]



Abb. 314: Luftbild Bauphase [54]



Abb. 315: Stützenfuß [54]



Abb. 316: Stützenkopf [54]



Abb. 317: Rippenanschluss [54]

Standort:	44139 Westfalenpark Dortmund / D
Baujahr:	1969
Funktion / Zweck:	Pavillon für die Bundesgartenschau 1969
Bauherr:	Deutsche Bundesgartenschau-Gesellschaft mbH (DBG)
Architekt:	G. Behnisch & Partner, 70197 Stuttgart / D
Tragwerksplanung:	Ingenieurbüro Scholz, 81249 München / D Planungsgesellschaft Natterer und Dittrich, München / D

### 8.5.3 Freilichttribüne Altusried

Die Wände des Unter- und Erdgeschosses wurden teilweise in Brettstapelbauweise und teilweise in Blockbauweise gefertigt. Die Decken und die geneigte Auflagerplatte für die Zuschauertribüne wurden in Holz-Beton-Verbundbauweise mit geschälten Rundholzstämmen errichtet.

Die Dachkonstruktion überspannt eine Grundfläche von ca. 31 m x 110 m. Deren Haupttragwerk wird durch fünf dreieckförmige, räumliche dreigurtige Fachwerkträger (31m lang) gebildet. Sie sind auf den Treppenaufgängen aufgelagert. Die gekrümmten, einteiligen Obergurte der Fachwerkträger bestehen aus Brettschichtholz und haben einen Querschnitt von 80 cm x 45 cm. Die Untergurte (zweiteilig, weit gespreizt) und die Füllstäbe wurden aus Rundholzstämmen von 30 bis 50 cm Durchmesser hergestellt. Bei allen Anschlüssen der Knoten kamen Verpressdübel (Bertsche BVD-System) zum Einsatz. So konnten die bis zu 700 kN großen Zug- und Druckkräfte sicher übertragen werden. Die eigentlichen Knoten werden durch geschweißte Stahlteile gebildet. An diesen geschweißten Stahlteilen befinden sich Ankerhülsen, über die die BVD-Ankerkörper der Stäbe mit den Stahlteilen verschraubt sind. Die Dachschaale besteht im Wesentlichen aus Hängerippen, die ebenfalls über BVD-Verpressdübel an den Fachwerkträgern gelenkig eingehängt sind. Die bis zu 29 m langen Hängerippen sind fast ausschließlich auf Zug beansprucht. Auf ihrer Oberseite wurde eine zweilagige, diagonal verlegte Dachschaalung aufgenagelt. Um die Zugkräfte der Dachschaale, die quer zu den Hauptfachwerkträgern wirken, abtragen zu können, wurden beidseitig des Daches Abspannungen erforderlich.

Die Aussteifung des Daches erfolgt über die diagonale Dachschaalung, die räumlichen Fachwerkträger und die seitliche Abspannung des Daches. Die Tribüne und die Nutzräume darunter sind durch die Wand- und Deckenscheiben sowie Treppenhauskerne ausgesteift. Zur Übertragung der Kräfte werden Knotenteile aus Stahl und Verpressdübel (Bertsche BVD-System) eingesetzt.

Die Gründung erfolgte über Pfähle und die Kellersohle in Ortbeton.

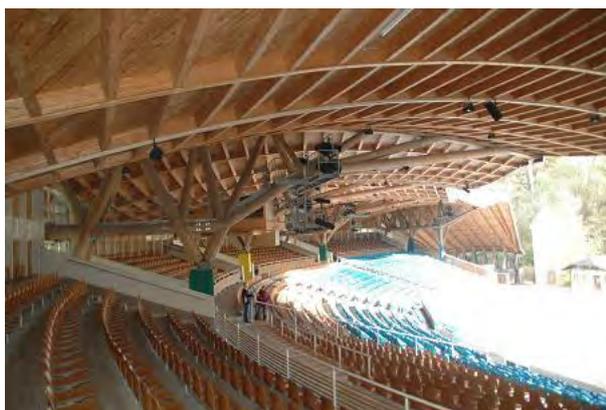


Abb. 318: Innenansicht Zuschauertribüne [52]



Abb. 319: Luftbild Bauphase [54]



Abb. 320: Auflager [52]



Abb. 321: Rippenschale [52]



Abb. 322: Knotenpunkt Dach [52]

Standort:	87452 Altusried / D
Baujahr:	1999
Funktion / Zweck:	Überdachte Tribüne für Freilichtbühne
Bauherr:	Marktgemeinde Altusried
Architekt:	Dipl.-Ing. Leopold Mohr, 87452 Altusried
Tragwerksplanung:	IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden / D Ingenieurbüro Peter Bertsche, 94267 Prackebach / D Dipl.-Ing. Josef Nischwitz, 85267 Pfaffenhofen / D

#### 8.5.4 EXPO – Dach auf dem Messegelände Hannover

Die Weltausstellung EXPO2000 in Hannover stand unter dem Motto „Mensch – Natur - Technik“. Als Witterungsschutz für Freiluftveranstaltungen wollte man ein Dach errichten. Ganz im Sinne des Leitthemas entschied man sich für eine Holzkonstruktion.

Die Konstruktion des Daches wird durch zehn gleiche, jeweils 26 m hohe freistehende Holzschirme gebildet. Jeder dieser Schirme überdeckt eine Grundfläche von ca. 40 x 40 m. Ein Schirm setzt sich aus vier Hauptkomponenten zusammen: den vier blattartigen, doppelt gekrümmten Rippenschalen; vier auskragenden Trägern; einer zentralen Stahlpyramide; der Turmkonstruktion.

Etwa 19 x 19 m misst jede in Brettstapelbauweise ausgeführte Gitterschale im Grundriss. Die Differenz zwischen höchstem und tiefstem Punkt der Schale beträgt 6 m. Die einzelnen Rippen bestehen aus acht bis zehn gestapelten und zusammengefügt Brett lamellen. Aussteifung der Rippenetze erfolgt über zwei auf der Oberseite unter 45° zu den Rippen verlaufende auf Lücke verlegte Brettlagen. In besonders hoch beanspruchten Bereichen ist zusätzlich eine der Schalenform angepasste Baufurniersperrholzlage angeordnet.

Die ca. 19 m frei auskragenden Träger sind bis ca. 3 m breit und 7 m hoch. Sie haben einen trapezförmigen Querschnitt, dessen Höhe sich am Momentenverlauf (zur Stahlpyramide hin größer werdend) und der Schalenform orientiert.

Die zentrale Stahlpyramide trägt die Kragträger und Rippenschalen und leitet die Lasten an die Turmkonstruktion weiter. Sie misst im Grundriss ca. 5,5 m x 5,5 m und hat eine Höhe von 7 m.

Die Hauptelemente der Turmkonstruktion bilden Halbrundstämme. Hierfür verwendete man Weißtannen mit mehr als einem Meter Durchmesser. Aufgrund der Schwindproblematik beim Trocknen (Rissebildung) wurden die Stämme mittig aufgetrennt. Später wurden die Stämme durch Passbolzen wieder zusammengefügt (nachgiebiger Verbund). Da die aus den Kragträgern eingeleiteten Momente im Turm infolge der Turmspreizung die größten Beanspruchungen der Stützen oben erzeugen, stehen die Stämme „auf dem Kopf“, d.h. der größere Stammdurchmesser befindet sich oben. Die Turmkonstruktion ist durch Brettschichtholz-

diagonalen und Furnierschichtholzplatten ausgesteift. Über Stützenfüße aus Stahl werden die Kräfte aus den Stämmen in die Fundamente (Ringfundament auf Pfahlgründung) übertragen.



Abb. 323: Dachkonstruktion [54]



Abb. 324: Auftrennen der Stämme [54]



Abb. 325: eingeschlagene Rundstämme [54]



Abb. 326: Ansicht Turm mit Schirm [54]



Abb. 327: Hauptknotenpunkt [52]

Standort:	30521 Hannover / D
Baujahr:	2000, Neubau
Funktion / Zweck:	Freilichtüberdachung auf Messegelände
Bauherr:	Deutsche Messe Hannover
Architekt:	Th. Herzog + Partner, 80805 München / D
Tragwerksplaner:	IEZ Natterer, 94344 Wiesenfelden Ingenieurbüro Peter Bertsche, 94267 Prackebach Ingenieurbüro kgs, Martin Kessel, Dirk Gnutzmann, 31137 Hildesheim / D

### 8.5.5 Aussichtsturm Sauvabelin in Lausanne

Der Turm von „Sauvabelin“ ist als Aussichts- und Naturbeobachtungsturm konzipiert. Der Turm hat eine Gesamthöhe von 36m. In 30m Höhe befindet sich die oberste Aussichtsplattform mit einem Durchmesser von 10 m, in 9m und in 20m Höhe sind jeweils Zwischenpodeste angeordnet. Der Grundriss des Bauwerks ist kreisförmig, mit einem Durchmesser von 12m an der Basis. Nach oben hin verjüngt sich der Turm kegelförmig bis auf 6m. Die oberste Plattform wird von der Dachkonstruktion mit einem Durchmesser von 13,5m überdacht und schützt den Turm und seine Besucher gegen die Witterung.

Die Außenseite des Turms wird von 24 kreisförmig angeordneten Halbrundstützen gebildet. Diese besitzen einen Durchmesser von 25cm und sind zur Erhöhung der statischen Tragfähigkeit mit einem Kantholz 20/20cm als Verbundquerschnitt ausgeführt.

Den Kern des Turmes bildet eine doppelte Wendeltreppe, die sich spiralförmig über die ganze Höhe „hinaufschraubt“. Dieses Flächentragwerk besteht aus Massivholzstufen mit Einzelquerschnitten von 20/40cm und einer Länge von bis zu 12m. Sie liegen in der Mitte auf einer metallenen Spindel M 50 und außen auf den Stützen auf. Die Verschraubung der einzelnen Stufen erfolgte mit selbstbohrenden Schrauben (d=10mm, l=380 mm) und gewährleistet die Ableitung der 430kN aus Windlasten, die im Rahmen von Windkanalversuchen ermittelt wurden. Die Treppe dient nicht nur dem vertikalen Lastabtrag, sondern trägt auch wesentlich zur Aussteifung des Turmes bei. An den Zwischenpodesten wird diese Treppe jeweils unterbrochen und um 90° gedreht. Dadurch ergeben sich zwei komplette, bei der Begehung voneinander unabhängige Treppenläufe. Die Aussichtsplattform und die Zwischenpodeste bestehen jeweils aus vernagelten, vollflächigen Brettstapelelementen.

Die Randbretter an der Außenseite der Stufen dienen dazu, den Turm torsionssteif auszubilden. Diese wurden vor Ort entsprechend dem Kraftverlauf verschraubt.



Abb. 328: Turmansicht [54]



Abb. 329: unter der Aussichtsplattform [54]



Abb. 330: Bauphase [54]

Standort:	Bois de Sauvabelin, 1018 Lausanne / CH
Baujahr:	2003, Neubau
Funktion / Zweck:	Aussichts- und Beobachtungsturm
Bauherr:	Stadt Lausanne / CH
Konstrukteur / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.5.6 Aussichtsturm in Wil

Der Turm von Wil bietet ein einzigartiges 360° Panorama. Die Gesamthöhe des Turms beträgt 38m. Er besteht aus drei Zwischenplattformen auf einer Höhe von 8, 17 und 25m und der überdachten Aussichtsplattform in 34m Höhe. Der Grundriss des Turms besteht aus einem gleichseitigen Dreieck mit einer Schenkellänge von 12m an der Basis. Dieses Dreieck verjüngt sich bis zu einer Höhe von 17m, um dann auf einer Höhe von 34m wieder die ursprüngliche Größe aufzuweisen. Die Nutzlasten und die Windlasten werden über drei X-förmige „Stützen“ abgetragen. Ein „X“ besteht dabei aus zwei oberen und zwei unteren Rundhölzern, die auf Höhe der mittleren Zwischenplattform biegesteif miteinander verbunden werden. Diese werden im Grundriss dreiecksförmig angeordnet. Die Lasten aus dem Dach und der Aussichtsplattform werden von drei „W“-förmigen Fachwerken in die Außenstützen eingetragen. Der Kern des Turmes besteht aus einer doppelten Wendeltreppe, die sich spiralförmig über die ganze Höhe hinaufschraubt und zwei voneinander unabhängige Treppenläufe ergibt.

Die Massivholz - Treppenstufen in zylindrischer Schraubenflächenform ergeben mit einem Durchmesser von 5 m einen getrennten Auf- und Abgang. Die Massivhölzer der Wendeltreppe liegen in der Mitte auf einer zentralen metallenen Spindel und Außen auf Stützen aus Halbrundhölzern auf. Die Treppe dient nicht nur als tragendes Element, sondern trägt auch zur Aussteifung des Turmes bei.

Der schraubenflächige Kern kann als ein doppelt räumlich gekrümmtes Flächentragwerk betrachtet werden. Einseitig vertikale Lasten werden weitgehend durch die Vertikalstäbe aufgenommen. Die Horizontallasten aus Wind werden durch das räumliche Stabwerk und den spiralförmigen Wangen, welche zugleich das Hirnholz schützen, abgetragen.

Weitgehend wurde versucht, durch den Massivholzbau Metallfachwerkknoten zu vermeiden. Sie sind auf drei Auflagedetails und drei Stabknotendetails begrenzt. In der Taille des Turmes ist ein Stahlring zur Aufnahme und zum Ausgleich der einseitigen Lasten, vom Oberteil des Turms kommend, montiert.

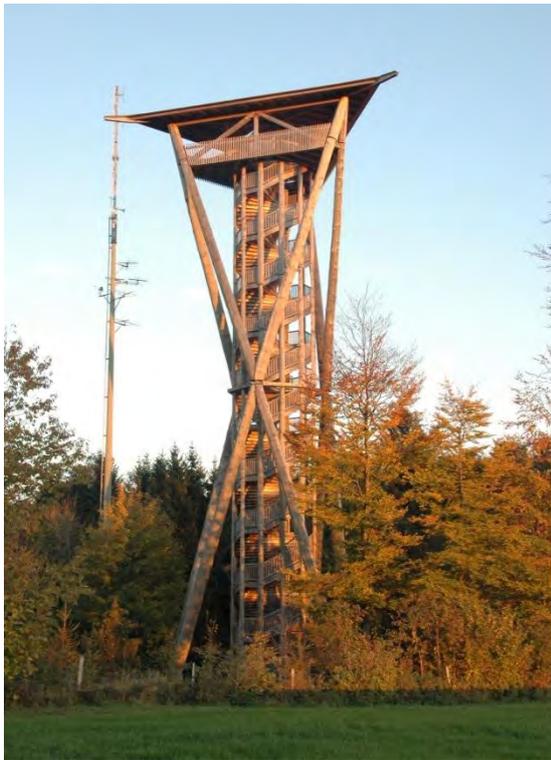


Abb. 331: Turmansicht [52]



Abb. 332: Aussichtsplattform [52]



Abb. 333 u. Abb. 334: Mittelebene mit Knotenpunkt [52]

Standort:	9500 Wil St. Gallen / CH
Baujahr:	2004, Neubau
Funktion / Zweck:	Aussichtsturm
Bauherr:	Stadt Wil SG / CH, Projektleiter Max Forster
Konstrukteur / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

### 8.5.7 Wisentbeobachtungsturm Hammerhof im Kreis Hörter

Die Grundfläche des Wisentturms beträgt 4 x 4m an der Basis. Zur Plattform hin erweitert sie sich auf

5 x 5m. Der Turm hat eine Gesamthöhe von ca. 12m. Über 43 Stufen gelangt man auf die in 9m Höhe liegende Aussichtsplattform.

Der Kern des Turmes besteht aus einer doppelten Wendeltreppe, die sich spiralförmig über die ganze Höhe hinaufschraubt und zwei voneinander unabhängige Treppenläufe ergibt. Die Treppe ist durch die vier Eckstützen des Turmes und die dazwischen verlaufenden Balkenlagen eingefasst. Die Trittstufen der Wendeltreppe liegen in der Mitte auf einer zentralen Spindel und den außen umlaufenden Balkenlagen auf.

Die Aussteifung des Turmes erfolgt sowohl über die Abstreben an den vier Eckstützen als auch über die Treppenkonstruktion. Als Verbindungstechnik kamen ausschließlich Holzschrauben- und Nagelverbindungen mit einfachen Stahlblechen zum Einsatz.

Die Gründung erfolgt über einen auf Schraubfundamenten aufliegenden Stahlträgerrost.



Abb. 335: Turmansicht [54]



Abb. 336: Turmansicht [54]



Abb. 337: Treppenaufgang [54]

Standort:	34414 Warburg - Hardehausen / D
Baujahr:	2008, Neubau
Funktion / Zweck:	Wildbeobachtungsturm
Bauherr:	Regionalforstamt Hochstift, 33014 Bad Driburg - Neuenheerse / D
Konstrukteur / Tragwerksplaner:	Bois Consult Natterer SA, 1163 Etoy VD / CH

## 9 Dokumentation Bauwerksbesichtigungen

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Analyse verschiedener Bauweisen, Konstruktions- und Tragwerkstypen sowie deren Detail- und Verbindungskonzepte an ausgewählten Holzbauwerken“ wurde Bauwerksbesichtigungen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Bauwerke in unterschiedlichen Holzbauweisen besichtigt und deren aktueller Zustand nach der bisherigen Nutzung erfasst und dokumentiert.

Dies soll Aufschlüsse über das Langzeitverhalten und die Dauerhaftigkeit verschiedener Holzkonstruktionen und Holzbauweisen geben. Während der Besichtigung der Bauwerke wurde ihr aktueller Zustand per Fotografie dokumentiert. Bei einigen Bauwerken war es zudem möglich, mit Personen zu sprechen, die das Bauwerk im Rahmen es Unterhaltes betreuen. So bekam man Erkenntnisse über Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten, die in den Jahren der Bauwerksnutzung anfielen. Zu den besichtigten Objekten gehören Wohn- bzw. Hausbauten, Hallen, Brücken und Sonderkonstruktionen wie Türme oder Überdachungskonstruktionen.

Nachfolgend werden die Bauwerke getrennt in Abschnitte entsprechend ihrem Nutzungszweck vorgestellt und festgestellte Probleme bzw. Schäden an der Konstruktion beschrieben.

1. Wohnungsbau / Hausbau
2. Hallen
3. Brücken / Stege
4. Sonderkonstruktionen

Alle Abbildungen in diesem Kapitel sind sofern nicht anders gekennzeichnet von [52].

## 9.1 Wohnungsbau / Hausbau

Zu diesem Bereich sollen Bauwerke gezählt werden, die als Wohnungs-, Büro- und Aufenthaltsgebäude gelten, d.h. Gebäude allseitig umschlossen und beheizt sind.

### 9.1.1 Etoy – Umbau eines Stadels 1988-1989 CH

Das Bauvorhaben betraf den Umbau und die Sanierung eines Stadels (Scheune) in Etoy zu einem Wohnhaus mit mehreren Wohnungen. Dabei handelt es sich um das erste Projekt, bei dem die Brettstapelbauweise und die Holz-Beton-Verbundbauweise mit Brettstapeln zur Anwendung kamen.

Aktueller Zustand:

Seit dem Umbau 1988 bis heute gibt es keine nennenswerten Schäden an der Konstruktion, bei denen Reparatur oder Sanierungsmaßnahmen erforderlich wurden. Die Arbeiten an dem Wohnhaus beschränkten sich auf vereinzelte Reparaturen oder Neuanschaffungen bei der Installations- bzw. technischen Gebäudeausrüstung einzelner Wohneinheiten bzw. des gesamten Wohnhauses (Wasserversorgung, Heizungssystem, usw.).





### 9.1.2 Genolier - Ferienheim für behinderte Menschen 1988 CH

Das Bauvorhaben umfasste den Neubau eines Ferienheims für behinderte Menschen, bestehend aus mehreren Gebäudeteilen die Schlafräume, Aufenthaltsräume, Essräume und Waschräume aufnehmen. Es ist hauptsächlich als Mauerwerks- und Holzkonstruktion ausgeführt. Die Holzkonstruktion ist als räumliches Stabwerk konzipiert, deren Hauptbestandteile sind Stab- und Strebenbündel, Sprengwerke, mehrteilige Querschnitte, Kontaktstöße und Stabdübel und geschweißte Stahlteile in den Verbindungen.

Aktueller Zustand:

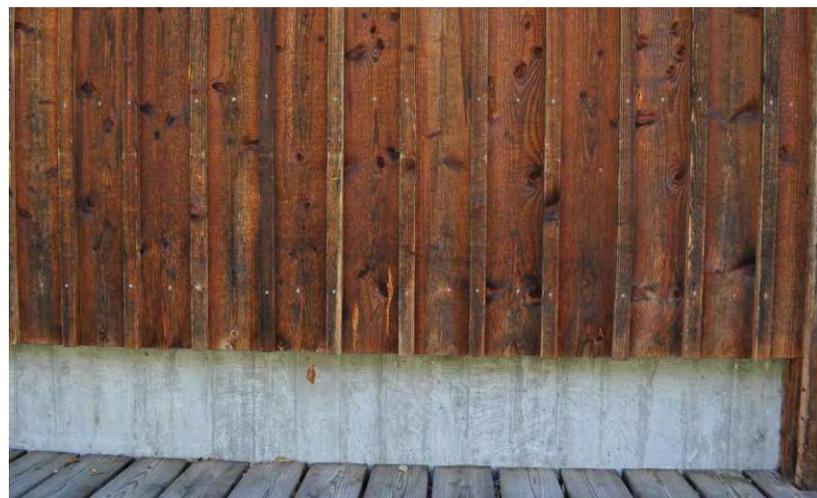
Die Gebäudeteile und seine Konstruktion zeigen sich in einem guten Allgemeinzustand, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich. Folgende Schäden bzw. problematische Stellen ließen sich bei der Begehung und im Gespräch mit dem Herbergsleiter ausfindig machen.

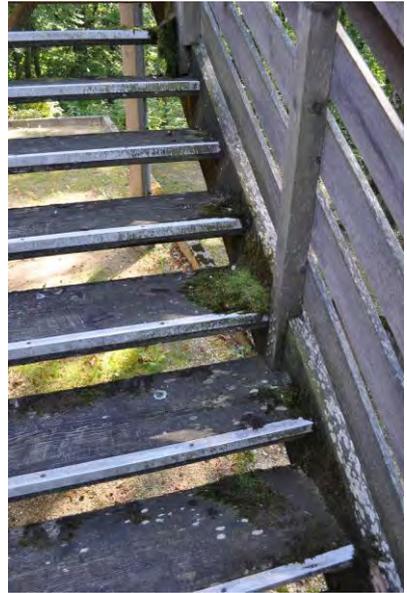
Es gibt starke Feuchteschäden an der Stegkonstruktion am Gebäudeende. Es kam zur Durchfeuchtung und starkem Moosbefall. Als Grund läßt sich der nicht vorhandene oder nur unzureichende Dachüberstand am Steg und seiner Außentreppe festmachen. Zudem ist der Bereich recht schattig und es herrschen schlechte Abtrocknungsbedingungen vor.

Die Nordfassade wurde wegen Feuchteschäden erneuert. Der Dachüberstand ist nicht ausreichend wodurch die Fassade direktem Regen ausgesetzt ist und aufgrund der ungünstigen Lage schlecht abtrocknen kann (Nordseite schattig).

Kleintiere (Mardern) konnten hinter die Vorsatzschale und in den Dachaufbau eindringen. Hier kam es zu Beschädigungen an der Dämmung im Dach und dem Einfallen von Schmutz und Dämmmaterial in die Aufenthaltsräume (durch die Marderbeschädigungen). Es wurde nachträglich ein Schutz gegen das Eindringen von Kleintieren angebracht.

Die Hölzer im Außenbereich sind vergraut, je nach Lage und Bewitterung ist das mehr oder weniger stark ausgeprägt. Die Bauteile sind aber trocken und entsprechend in einem guten Zustand.





### 9.1.3 Monruz - Hotel Palafitte 2002 CH

Das Hotel Palafitte in Monruz am Neuenburger See wurde für die Expo02 in der Schweiz entworfen. Die Anlage (Zentralgebäude und 40 Bungalows) steht auf gepfähnten Plattformen zu großen Teilen direkt über dem Wasser. Die Bungalows bilden die Appartements und der Eingang mit der Rezeption, die Küche, die Bar und das Restaurant sind im Zentralgebäude untergebracht.

In der Dachkonstruktion über dem Bereich Eingang-Rezeption und Küche-Bar kamen Tragelemente aus Holz und Glas im statischen Verbund zu Einsatz. Sie setzen sich aus einer als Steg wirkenden stehenden Glasscheibe und einem beidseitig auf ihr verklebten Holzrahmen zusammen. Ihre Spannweite beträgt 6m. Die Anlage wurde als temporärer Bau für eine sehr kurze Nutzungszeit geplant. Mittlerweile ist die Anlage seit 10 Jahren deutlich länger in Benutzung als im Ursprung geplant und zeigt sich in einem guten Zustand.

Aktueller Zustand:

Das Hauptgebäude und die Bungalows zeigen sich in einem guten Zustand, angesichts der Tatsache dass die Anlage als temporärer Bau für nur kurze Zeit geplant war sogar in einem sehr guten Zustand. Es zeigen sich lediglich kleine Feuchteprobleme an den Beplankungen (Holzwerkstoffplatten) der Bungalows. Sämtliche Konstruktionselemente, auch die im Freien zeigen ein gutes Bild. Stärkere Schäden gibt es nur an den Bohlen des Gehbelages (infolge Feuchtigkeit), die in der gesamten Anlage als Verbindungswege angelegt sind.





#### 9.1.4 Bayreuth - Dach der TU Mensa 1981 D

Auf eingespannten Stahlbetonstützen lagern schirmartig aufgefächerte Holzstützen, die das räumliche Faltdach des Speisesaales der Universitätsmensa in Bayreuth tragen. Die Betonstützen sind auf einem Quadratraster mit 14,4 m Seitenlänge angeordnet. Das Faltdach setzt sich aus dreieckigen Elementen zusammen, die gegeneinander geneigt zusammenlaufen. Die Randbalken der Dachelemente bilden die First- bzw. Kehlträger. Sie sind durch Stützen und Streben gehalten.

Aktueller Zustand:

In den vergangenen 31 Jahren der Nutzung der Mensa gab es an der hölzernen Dachkonstruktion keinerlei nennenswerte Schäden oder Instandsetzungsarbeiten. Lediglich an der Glaspypamide gab es eine undichte Stelle, durch die Wasser eindrang und zu Wassernasen führte (nur kleine kaum sichtbare optische Beeinträchtigung → kein Schaden an der Konstruktion).



### 9.1.5 Zwiesel - Jugendcamp am Falkenstein 2001 D

Das Wildniscamp am Falkenstein liegt im Nationalpark Bayerischer Wald bei Zwiesel. Auf dem Gelände wurden ein Zentralgebäude und 6 Themenhütten – Waldzelt, Baumhaus, Wasserhütte, Wiesenbett und Erdhöhle – errichtet. Mit dem Neubau im Jahr 2001 entstanden 5 der 6 Themenhütten, die Themenhütte Lichtstern kam erst vor kurzem dazu. Im Mittelpunkt des Wildniscamps steht das Zentralgebäude. Es ist auch im Winter nutzbar und bietet einen Schlafraum für ca. 20 Personen. Die einzelnen Themenhütten sind auf dem Gelände verteilt und in die Landschaft passend eingebettet.

Das Hauptgebäude zeigt sich in einem sehr guten Zustand. An den Themenhütten gab es jedoch erhebliche Schäden, die zu teilweise umfangreichen Sanierungsarbeiten führten.

Aktueller Zustand:

Haupthaus:

Im Außenbereich wurden an der Terrasse immer wieder einzelne Bretter und kleinere Bauteile erneuert (Gehbelag, Geländerhandlauf, Geländerabstrebungen, usw.). Das sind aber alles Maßnahmen, die normalen Rahmen des Unterhaltes für eine derartige Konstruktion anfallen. Am eigentlichen Gebäude selbst gab es bisher keine Schäden. Im Unterschied zu den Themenhütten ist das Hauptgebäude aber auch ganzjährig bewohnt, benutzt und beheizt und steht in sonniger Lage auf dem Campgelände.



#### Wiesenbett:

Die Erdschicht für die Dachbegrünung des Wiesenbettes war wesentlich dicker (weit mehr als 10cm Erdschichtdicke) als geplant. Dadurch bogen sich die Rippen der Schale unter der zu hohen Last sehr stark durch. Die Erde musste abgetragen werden und ein Neuaufbau der Begrünung ist in Arbeit. Die Absturzsicherung wurde durch eine neue ersetzt. Z.T. gibt es kritische Stellen, die vom Betreiber beobachtet und auch bearbeitet werden müssen

(Schmutz und Erdansammlungen mit Feuchte in Ecken und direktem Kontakt zu Holzbauteilen).



#### Erdhöhle:

Aufgrund massiver Moderfäule infolge Feuchte musste die Erdhöhle komplett abgerissen werden. Die Höhle hatte eine Dachbegrünung mit darunter liegender Folie als Dichtungsschicht und Lehm direkt auf der Holzkonstruktion (gestapelte Kanthölzer). Unter der Folie bildete sich Schwitzwasser, welches durch den direkten Kontakt zum Holz zu den Feuchteschäden führte. 2010 wurde sie neu aufgebaut (Planung durch ein Regensburger Ingenieurbüro). Die Neukonstruktion der Erdhöhle erhielt eine Hinterlüftung und Lüftungsrohre (Dachaufbau: massive Kantholzstapel, Bretter, Dachpappe, Lattung, Hasendraht, Hohlraum (Erdauffüllung), Juteschicht, Seedungsmatten für Begrünung). Zum

Beheizen der Höhle wurde statt der ursprünglichen offenen Feuerstelle (Problem des Rauchabzuges) ein Ofen eingebaut.



#### Baumhaus:

Der Zugangssteg bzw. die Brücke zum Baumhaus musste aufgrund von Feuchteschäden (Moderfäule) abgerissen und komplett neu gebaut werden. Der neue Zugangssteg ist als eigenständiges Tragwerk konzipiert, ist also auch ohne eine Verbindung zum Baumhaus standsicher und bekam eine Überdachung. Im April 2011 wurde er fertiggestellt. In seinem Erscheinungsbild unterscheidet sich der neue Zugangssteg deutlich vom alten Zugang. Ob er gestalterisch passend ist, liegt im Auge des Betrachters.

Bei der Dacheindeckung wurden einzelne Bretter erneuert. Hier gab Feuchteschäden, an den Längsstößen der Dachbretter gab es offene Hirnholzflächen, die vermehrt Feuchtigkeit aufnehmen. Auf diese Problemstellen wurde von Herrn Prof. Natterer bereits bei der Einweihung der Anlage hingewiesen.

Die Abstrebungen des Baumhauses wurden nachträglich mit einer Bretterlage versehen, die als Abdeckung und Regenschutz der Stützen dienen soll, da der Dachüberstand des Baumhauses zum Schutz der Streben zu gering ist. Über deren Wirksamkeit und Nutzen lässt sich diskutieren. Beim Waldzelt hatte eine derartige Bretterlage sogar den Feuchteintrag in die tragende Unterkonstruktion begünstigt. Zudem gab es diverse Auflagen bezüglich der Absturzsicherheit beim Baumhaus.



#### Wasserhütte:

Aufgrund von Feuchteschäden musste der Zugangssteg zur Wasserhütte komplett abgerissen werden. Der Steg hatte kein Dach und war der Witterung direkt ausgesetzt. Aufgrund der schattigen Lage, konnte Feuchtigkeit ähnlich wie bei allen anderen Hütten nur schwer trocknen. Der Zugangssteg musste neu errichtet werden, er wurde mit Dach ausgeführt. Fragwürdig ist, weshalb dabei so sehr viel Holz verbaut wurde. An den Giebelseiten der Hütte selbst wurde der Dachüberstand zum Schutz der Konstruktion vergrößert. Bei der Begehung zeigte sich, dass aufgrund der leichten Hanglage bei Regenwetter Sand an die Fußpunkte der Konstruktion gespült wird. In Verbindung mit Wasser entstehen so Gefahrenstellen für Moderfäule und Schimmelpilze an den Fußpunkten. Diese Stellen müssen regelmäßig kontrolliert und ggf. gesäubert werden. Die Bauwerksnutzer und Betreiber wurden bei der Begehung auf ihre Verantwortung hierbei hingewiesen.



### Waldzelt:

Das Waldzelt musste komplett abgerissen werden. Grund dafür waren starke Moderfäule und Schimmelpilzbefall an der ganzen Konstruktion. Die Bretterabdeckung war durch starke Fäule infolge von Feuchtigkeit zerstört. Durch direkten Kontakt wurde die Feuchtigkeit in die Unterkonstruktion eingebracht, die ihrerseits erhebliche Schäden erlitt. Durch die schattige Lage konnte die Konstruktion nie austrocknen, regelmäßiges Trocknen hätte die Lebensdauer erheblich verlängern oder die Beschädigungen sogar gänzlich verhindern können.

Auf demselben Grundriss wurde ein neues Waldzelt errichtet. Der Neubau war nun aber kein Zelt mehr, sondern eher ein Bungalow mit vertikalen Wänden, Wärmedämmung und Dacheindeckung.



Lichtstern:

2003 kam zwei Jahre nach der Fertigstellung des Jugendcamps eine sechste Themenhütte hinzu, der Lichtstern. An den Brettern der Dacheindeckung sind bereits Feuchteprobleme erkennbar. Insbesondere auf den schattigen Teilen der Eindeckung, die schlechter Abtrocknen. Aufgrund des sonnigeren Standortes im Vergleich zu den anderen Hütten, zeigt sich der Lichtstern aber in einem besseren Zustand. Der Campleiter hat bereits Maßnahmen zur Änderung der Konstruktion geplant.



### 9.1.6 Dießen - Bootshaus und Segelclubgebäude 1978 D

Nachdem 1975 das alte Bootshaus abbrannte, wurde es 1978 wieder neu aufgebaut. Das neue Bootshaus steht nicht nur am Wasser sondern komplett auf dem Wasser (Bootshaus, Clubräume, Apartments, Werfthalle (Tanzsaal)). Damit ist dieses Bootshaus einmalig in Deutschland, die meisten stehen nur teilweise auf dem Wasser. Der Turm am Bootshaus wird bei Regatten als Kommandozentrale genutzt, sonst ist er ungenutzt.

Die direkt angrenzenden Nachbarbootshäuser sind über 100 Jahre alt. Ihrem Erscheinungsbild wurde der Neubau angepasst.

Das Tragwerk ist als Skelettbau ausgeführt. Die Verbindungen der einzelnen Bauteile erfolgt hauptsächlich durch Kontaktstöße oder Stabdübelverbindungen, die Gründung erfolgt über Stahlbetonpfähle.

Aktueller Zustand:

Die Bausubstanz des gesamten Gebäudes zeigt sich in einem guten Zustand, es waren nur wenige Reparaturen in den vergangenen Jahren erforderlich.

Im Außenbereich wurde die Terrasse verbreitert, um sie mit Stühlen und Bänken für den Aufenthalt zu nutzen. Unter dem Bootshaus wurden Stahlträger eingesetzt, die auskragend sind und damit die Terrassenerweiterung tragen. Der Dachüberstand wurde nicht erweitert, so überdeckt das Dach nur den ursprünglichen Terrassenbereich, es gibt aber bereits Überlegungen den Dachüberstand zu vergrößern.

Das gesamte Gebäude steht auf Holzstützen, welche direkt auf den Fundamenten (Betonpfeiler) standen. An diesen Auflagestellen der Stützenfüße kam es zu Feuchteproblemen. Die Stützenfüße wurden gekürzt und Stahlfüße eingesetzt.

Die Zugangstreppe zum Turm ist nicht überdacht. Dort kommt es zu vermehrter Feuchte und Moosbefall. Das Moos wird regelmäßig mit einem Hochdruckreiniger entfernt, durch diese Maßnahme wird die Lebensdauer der Treppe erheblich verlängert.





### 9.1.7 Johanniskreuz - Haus der Nachhaltigkeit 2003/04 D

Das „Haus der Nachhaltigkeit“ soll eine zentrale Einrichtung für die Nachhaltigkeit in allen Lebens- und Wirtschaftsbereichen sein. Es ist in Johanniskreuz im Biosphärenreservat Pfälzerwald-Nordvogesen errichtet. Es dient nicht nur als Dienstleistungs- und Servicezentrum, sondern auch als Besucherzentrum und Ausstellungsgebäude.

Das Gebäude ist eingeschossig ohne Unterkellerung. Acht Wände mit bis zu 30 m Länge stehen nebeneinander. Sie bestehen aus verschiedenen Materialien (verschiedene Holzarten (Douglasie, Eiche), Lehm, Sandstein, Glas) und sollen die verschiedenen Elemente des Biosphären-reservats verkörpern. Das Dach ist begehbar und Teil der Ausstellung.

Die Bodenplatte und die Decke sind in Brettstapelbauweise ausgeführt. Die Bodenplatte hat eine Spannweite zwischen 3 und 4 m und eine Dicke von 12 cm. Sie ist auf Streifenfundamenten aufgeständert (als Einfeldträger) und hinterlüftet. Die Deckendicke beträgt 12 bis 16cm bei Spannweiten von 4 bis 6 m. Die Brettstapelwände sind zweischalig ausgeführt. Die tragende Wand ist bis zu 14 cm dick, die nichttragende Vorsatzschale 3 cm. Die Holzoberflächen aller Wände und Decken wurden sichtbar belassen.

Aktueller Zustand:

Der Gesamtzustand des Gebäudes und seiner Tragstruktur ist gut, jedoch gab es viele kleinere Schäden.

Durch undichte Stellen im Dach und einen fehlerhaften Dachaufbau, kam es zu Feuchteproblemen im Dach infolge eingedrungenem und kondensiertem Wasser.

Durch das Wasser kam es zu punktuellen Verfärbungen und Auswaschungen einzelner Bretter in der Decke.

Die Abdeckungen aus Zinkblech, die im Außenbereich die Hirnholzflächen der Massivholzwände abdecken, brachten keinen vollen Schutz vor der Feuchtigkeit. Zum einen war ihre Abfalzung zu gering, so dass bei Schnee und Regen dieser infolge Wind leicht unter das Blech auf das Hirnholz gelangen konnte und Feuchtigkeit in Holz einbrachte, was zu Verfärbungen und Tropfnasen führte. Zum anderen waren die Stoßstellen dieser Zinkbleche nicht dicht. Die Stöße wurden mit liegendem Falz ausgeführt, durch den Wasser hindurch kam, ein stehender Falz wäre hier wahrscheinlich die bessere Lösung gewesen. Die nachträgliche Abdichtung und Ausbesserung der liegenden Fälze mit Silikon brachten keinen dauerhaften Erfolg (Rissbildung nach kurzer Zeit).

An Teilen der Außenfassade mussten infolge Feuchteschädigungen die Fassadenleisten ausgetauscht werden (stehendes Wasser und Schmutz auf den mit Fuge verlegten Leisten, Schattenlage). Die an dieser Stelle neu eingebrachten Fassadenleisten sind im Querschnitt nicht mehr rechteckig sondern parallelogrammförmig. Wasser kann so besser abfließen und abtropfen.

An der hölzernen Dachterrasse gibt es kleinere Faulstellen, die wohl in den nächsten Jahren Ausbesserungen erfordern.

An der Lehmwand kam es im Außenbereich zu Frostschäden, so dass sie etwas zurückgebaut werden musste.

An Brettstapeln über Stahlträgerstürzen kam es zu Verfärbungen, deren Herkunft unklar ist. Vermutungen gehen dahin, dass es sich um aufgenommenes Kondenswasser Am Stahlträger oder auch um eine chemische Reaktion von Holzbestandteilen an dieser Stelle handeln könnte.

In Brettstapelwände aus Eichenholz kam es infolge Schwinden zu unterschiedlichen Formänderungen einzelner Bretter, so dass sich Fugen in der Wand öffneten und die Wand durch Aus- und Einrücken einzelner Bretter zudem nicht mehr plan eben ist.





### 9.1.8 Ober-Ramstadt - Haus des Handwerks 1996 D

Für den Neubau des Informations- und Schulungszentrum „Haus des Handwerks“ entschied man sich für eine Kuppelkonstruktion mit nebenstehendem Flachbau. Die Gesamtfläche der Gebäude umfasst etwa 850m<sup>2</sup>. 500m<sup>2</sup> davon überspannt die mit rechteckigem Grundriss 20 x 25m große Kuppel.

Die Kuppel ist als Brettstapelrippenschale konstruiert, d.h. die einzelnen Rippen der Schale sind aus einzelnen Brettern in Brettstapelbauweise zusammengesetzt.

Die Montage erfolgte über einem Lehrgerüst aus Nagelplattenbindern in Negativform der Schale.

Aktueller Zustand:

In den bisherigen 11 Jahren der Nutzung gab es keinerlei Probleme an dem komplette Gebäude und seiner Konstruktion. Lediglich im Flachdachbereich mit Dachbegrünung bei den Nebengebäuden kam es bei einem Regen zu Wassereinfluss. Das Problem wurde schnell bemerkt, die betreffende Stelle ausfindig gemacht und repariert. An der Konstruktion musste nichts ausgebessert werden.



## 9.2 Hallen

Zum Bereich Hallen zählen in dieser Betrachtung Bauwerke bzw. Konstruktionen die größere Flächen stützenfrei überspannen, um entsprechende Nutzungen zu ermöglichen. Das können z.B. Sporthallen, Lagerhallen oder Messehallen sein.

Die jeweiligen Hallenbetreiber merkten an, dass seit dem Unglück in Bad Reichenhall vermehrt die Hallen untersucht und begutachtet werden. Die Betreiber selbst stecken sich kürzere Intervalle zur Untersuchung der Tragwerke, aber auch von der Seite der öffentlichen Behörden gibt es strenge Vorgaben was die Häufigkeit und Genauigkeit der regelmäßigen Besichtigungen betrifft insbesondere bei Eishallen.

### 9.2.1 Selb - Eissporthalle 1978 D

Die Hutschenreuther-Eissporthalle wurde 1978 für den ortsansässigen Eishockeyverein neu erbaut.

Die Hallenüberdachung überspannt eine Fläche von 74 x 61m. Das Haupttragwerk bildet ein über die Hallenlängsrichtung spannender zentraler Dreigelenkbogen. In Hallenquerrichtung gehen beidseitig des Dreigelenkbogens Nebenträger ab.

Aktueller Zustand:

Im bisherigen Nutzungszeitraum kam es zu keinerlei Schäden, Instandsetzungen oder Reparaturen an der Konstruktionen. An der Dachhaut gab es einmal eine defekte, undichte Stelle, so dass Wasser eindringen konnte. Sie wurde schnell ausgemacht und repariert. Auf die Konstruktion hatte dies keine Auswirkung. Um die Gefahr von Feuchtigkeitsproblemen zu reduzieren, wurde eine Belüftungsanlage nachgerüstet, die für einen stetigen Luftaustausch sorgt.





### 9.2.2 Deggendorf - Eissporthalle 1973 D

1973 wurde die bestehende Eislauffläche durch eine Hallenkonstruktion überdacht.

Das Haupttragwerk bilden in Hallenquerrichtung verlaufende unterspannte Dreigelenkstabzüge. Sie spannen über 48 m und sind im Abstand von 8,50 m verlegt.

Aktueller Zustand:

Im Rahmen der bisherigen Nutzung der Halle gab es einige Schäden und Reparaturen, z.T. musste die Halle sogar gesperrt werden.

Die Randträger an den Giebelseiten bekamen außenseitig neue Abdeckungen (Siebdruckplatten), da die alten Abdeckungen infolge von Witterungseinflüssen verschlissen waren und die dahinter liegenden Träger nicht mehr ausreichend schützen konnten. Zusätzlich brachte man an den Randträgern im Auflagerbereich Verstärkungsplatten (Sperrholz) an.

Die Dachabdichtung wurde erneuert, da sie Schadstellen aufwies, durch die Wasser eindrang und die Konstruktion durchnässte.

Die Firstpunkte der unterspannten Dreigelenkhauptträger wurden verstärkt, eine umlaufende Verschraubung wurde angebracht. Die Brettschichtträger zeigten zahlreiche Risse, welche

alle mit Harz ausgepresst wurden. Zwei der Zugbänder (Unterspannungen) wurden demon-  
tiert, um sie auf Schäden zu untersuchen und eine Einschätzung für die restlichen Stahlzug-  
bänder vornehmen zu können. Die beiden ausgebauten Zugbänder wurden jeweils durch  
zwei neue ersetzt.

2011 wurden zusätzliche Notausgänge geschaffen. Das Dach muss 2-3 mal im Jahr vom  
Schnee beräumt werden.





### 9.2.3 Verbier – Eislaufhalle 1983 CH

1983 wurde in Verbier im Schweizer Kanton Wallis eine neue Sportanlage errichtet. Sie umfasst eine Eishalle, ein Schwimmbad, Tennisplätze und eine Curlinganlage. Die Sportanlage steht auf einem etwa 20% geneigten Südhang mit Blick auf die Alpen.

Das Haupttragssystem der Überdachung der Eissporthalle besteht aus statisch unbestimmten Fachwerkrahmen. Die Dachkonstruktion ist für etwa  $8 \text{ kN/m}^2$  Schneelast bemessen. Über Stahlzugbänder sind die Rahmen rückverankert. Am Hauptdruckknoten des Rahmens erfolgt die Kraftübertragung durch geklebte Buchensperrholzblöcke über Kontakt. Die Fachwerkrahmen sind im Abstand von 10 m angeordnet. Zwischen ihnen spannen fachwerkartige Sprengwerke als Nebenträger.

Aktueller Zustand:

Bei den BFU-Knotenblöcken (Buchensperrholz) kam es durch eingedrungenes Wasser zu starken Schäden, von außen nur sehr schwer zu erkennen, waren sie im Inneren z.T. komplett verfault. Sie wurden entfernt und die Hohlräume mit Kunstharzsuspension neu aufgefüllt. Das Wasser ist über die Dachseiten in die Konstruktion hineingelangt und konnte bis zu den Knoten gelangen.

Von den BFU-Knotenblöcken abgesehen, zeigt sich die Konstruktion in einem guten Zustand. Kritisch sind geplante Maßnahmen zur Einhausung der offenen Eishalle zu bewerten. Für Eishallen ist eine gute Belüftung zwingend erforderlich, um die entstehenden Mengen anfallender Feuchtigkeit abzuführen und die Konstruktion trocken zu halten. Die offene Eishalle lebt diesbezüglich von einer entsprechend der Lage guten natürlichen

Belüftung. Bei einer Einhausung durch Wände, die an warmen Tagen die Kälteverluste verringern und die Energiekosten für die Eisfläche reduzieren soll, muß man mit infolge der deutlich verringerten Belüftung mit hoher Luftfeuchtigkeit und Nässeanstauung rechnen.



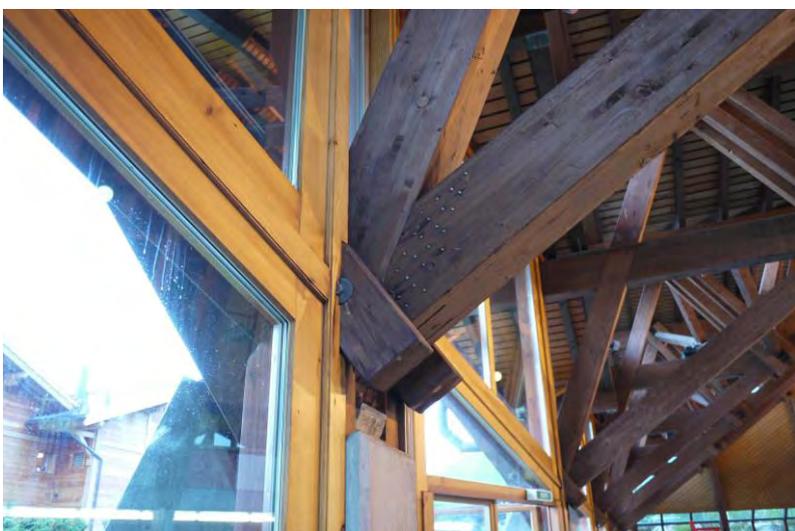


#### 9.2.4 Verbier – Schwimmhalle 1983 CH

Das Dach der Schwimmhalle überdeckt nicht nur das 25m x 12m große Schwimmbecken mit seinen Umkleideräumen, sondern auch ein dem Gebäude integriertes Restaurant. Die Dachkonstruktion bildet eine räumliche Fachwerkkonstruktion. Im Bereich über dem Schwimmbecken ist die Konstruktion abgestuft, so dass das Dach stufenartig nach Süden abfällt. Diese der Hanglage angepasste, abgestufte Dachgestaltung sorgt für eine sehr gute natürliche Belichtung der Schwimmhalle.

Aktueller Zustand:

Im Rahmen der Begehung der Schwimmhalle waren keine Beschädigungen am Tragwerk ersichtlich. Mitarbeiter der Schwimmhalle vor Ort konnten in Gesprächen den guten Zustand über den bisherigen Nutzungszeitraum bestätigen. Die Hallenkonstruktion zeigt sich in einem guten Allgemeinzustand.





### 9.2.5 Nürnberg – Messehallen 1974 D

Die Messehallen in Nürnberg wurden 1974 um 10 Hallen umfangreich erweitert. Bei der Erweiterung entschied man sich für eine Dachkonstruktion der Halle in Holz. Im Grundriß setzen sich die z.T. zusammenhängenden Hallen aus 168 gleichseitigen Dreiecken mit jeweils 28,80 m Seitenlänge zusammen. Das Tragsystem aus Haupt- und Nebenträgern bildet ein Trägerrostsystem (Dreiecke).

Aktueller Zustand:

Im Jahre 2007 (nach Bad Reichenhall) wurde die Trägerrostkonstruktion durch Gutachter des TÜV umfangreich untersucht. Seither finden die vorher auch durchgeführten Kontrollen in kürzeren Abständen statt. Die Untersuchungen deckten Schäden unterschiedlichster Schwere auf, z.T. handelte es sich lediglich um optische Schäden, z.T. mussten aber auch Träger durch repariert (Anlaschungen) oder sogar komplett ausgetauscht werden. Auffallend war, dass die Schäden nicht in den Verbindungen bzw. an den Detail waren, sondern an den freien Feldern der Träger und an Stellen die nicht unmittelbar einen Verbindungs- bzw. Knotenpunkt darstellen. Der Grund für derartige Beschädigungen lag bei den ständigen Arbeiten in den Hallen für das Auf- und Abbauen von Messeveranstaltungen, bei denen Geräte und Fahrzeuge beim Montieren gegen die Tragwerksteile stoßen und sie dabei beschädigen.

Bis Anfang der 1990er Jahre waren die umlaufenden Randträger Hallen nicht eingehaust, die Außenwände standen also unter den Randträgern und diese waren Teil der Außenwand. Dadurch waren die Träger der Witterung frei ausgesetzt und es kam zu Schäden. Die Träger zeigten z.T. starke Rissbildung. In den nachfolgenden 2-3 Jahren wurden die entsprechenden Träger repariert oder erneuert. Die Außenwände wurden umgestaltet, so dass die Randträger vor der Witterung geschützt sind.

Im Zuge von Hallenvergrößerungen wurden auch die Grundrisse verändert. Die vormals sechseckigen Grundrisse zeigten sich für die Orientierung der Besucher in den Hallen als unpraktisch, so dass man auf rechteckige Grundrisse umbaute.



### 9.2.6 Amberg – Schwimmbad 1989 D

Zwei gegeneinander versetzt angeordnete Hängedachschalen überdachen die Schwimmhalle des Kurfürstenbades in Amberg. Die Rippen (Brettschichtholz) des Netzwerkes überspannen in radialer Anordnung 43m von der 17m hohen zentralen Stütze bis zu den Auflagerstützen in den Außenwänden.

Aktueller Zustand:

Das in den Jahren 1988/89 erbaute und 1990 in Betrieb genommene Schwimmbad musste bereits 1998/99 umfangreich saniert werden.

Die Folie des Daches lag direkt auf der Holzkonstruktion auf. Das darunter anfallende Schwitzwasser gelangt somit direkt auf das Holz und konnte zudem unter der Folie schlecht

abtrocknen. Hinzu kam, dass man die anfallenden Mengen an Schwitzwasser unterschätzt hat. An den höher gelegenen Stellen des Tragwerkes konnte das Wasser aufgrund der Dachneigung noch recht gut ablaufen, an den tiefen Stellen im Bereich der Außenwandaufleger kam es jedoch zu erheblichen Feuchteschäden. Die Hängerippen waren durch Moderfäule stark angegriffen. An den Fußpunkten wurden die Hängerippen großzügig ausgeschnitten und durch Einsetzten neuer Teile saniert. Über Abstandshalter auf den Rippen wurde die Dachhaut um 10 cm angehoben, so dass die Holzbauteile allseitig umlüftet sind und das an der Dachhaut anfallende Schwitzwasser nicht direkt auf das Holz gelangt.

Zusätzlich gab Probleme an der Dachabdichtung, insbesondere in den Randbereichen des Daches mit viele Ecken und Kanten. In diesen Bereichen kam es immer wieder zu undichten Stellen und Wasser drang von außen die Konstruktion ein. Seit dem lassen die Schwimmbadbetreiber die Halle in regelmäßigen Abständen (alle 3 Jahre) vom TÜV untersuchen (Feuchtemessungen im Holz, Bohrwiderstandsmessungen).

An den Stabdübelverbindungen zeigen sich zahlreiche Rostlaufnasen. Untersuchungen ergaben die Stabdübel im Inneren der Verbindung an ihrem Schaft in Ordnung sind und die Verzinkung nicht beschädigt ist. Lediglich an den Stirnseiten der Stabdübel ist die Zinkschicht durch das Eintreiben mit dem Hammer beschädigt worden.

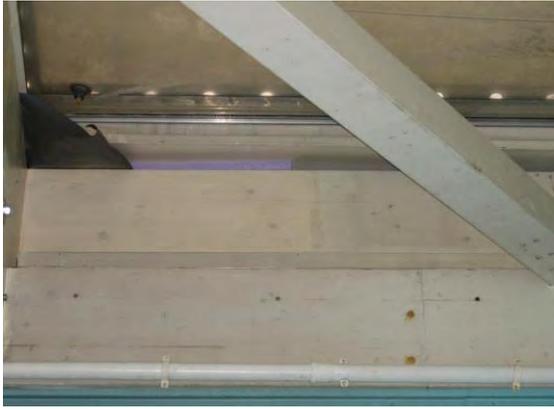
Die stützen im Außenbereich waren ebenfalls von Feuchteschäden betroffen. Äußerlich gut aussehend, war der Kern des Stützenquerschnitts vom metallischen Anschlussstück am Fußpunkt ausgehend stark geschädigt. Im Außenbereich herrscht aufgrund des Wasserdampfes durch das Warmwasserbecken ein sehr hoher Luftfeuchtegehalt (Wasserdampfnebel). Bei kühlen Außentemperaturen kommt dann zu Tauwasserbildung an den metallischen Verbindungsmitteln der Fußpunkte, auch im Innern des Holzquerschnitts fällt Tauwasser aus, wodurch es zu der beschriebenen Moderfäule in der Querschnittsmitte der Stützen kam.

Der Regenwasserabfluss an den Traufbereichen funktionierte nicht, dadurch es dort kam zu stehendem Wasser. Alle Abläufe und Abflussrohre mussten erneuert werden.

1999 wurde eine Zusatzlüftung eingebaut, die erhöhte Menge an feuchter warmer Luft absaugt (z.B. bei hoher Besucheranzahl im Schwimmbad).







### 9.2.7 Lausanne Salzlagerhalle CH

1989 baute die Stadt Lausanne eine neue Lagerhalle für Streusalz. Der elfeckige und damit annähernd runde Grundriss hat einen Durchmesser von 26m. Die umlaufenden Wände sind aus Stahlbeton, sie sind 6,60m hoch. Die Haupttragstruktur des Daches besteht aus einem über dem Grundriss radial angeordneten Balkenrost.

Aktueller Zustand:

Die Stahlbleche in den Verbindungen zeigen beginnende Korrosion. An den Ecken und Kanten der Stahlbleche ist die Verzinkung beschädigt.

Davon abgesehen befindet sich die Konstruktion in einem soweit ersichtlich guten Zustand und es sind keine Beschädigungen zu erkennen.



### 9.2.8 Mehrow-Trappenfelde Reithalle 1997 D

In Mehrow-Trappenfelde östlich von Berlin wurde eine Reithalle in Holzbauweise errichtet. Die Grundfläche der Reithalle beträgt 35 x 45 m. Zusätzlich zur Reitfläche von 20 x 40 m. überspannt die Konstruktion 28 Pferdeboxen, Arbeits-, Lager- und Umkleideräume, Umkleideräume sowie einen Gaststättenbereich. Die Dachkonstruktion, gebildet aus einer Holzrippenschale (Tonnennetzwerk), überspannt die 20 m breite Reitfläche.

Aktueller Zustand:

Bei der Bauwerksbegehung waren keine größeren Schäden ersichtlich. In der bisherigen Nutzungszeit gab es auch keine größeren Reparaturen an der Halle.

Vereinzel war etwas Feuchtigkeitsbefall an der Bretterschalung des Daches auszumachen. An einem Bolzen einer Zugverankerung war die Mutter nicht vollständig auf das Schraubengewinde gedreht. Nutzungsbedingt fällt an manchen Stellen etwas mehr Schmutz an, die Bereiche sind aber trocken.







### 9.2.9 Kleinmachnow – Sporthalle Steinweg-Grundschule 1997 D

Das Dach der Sporthalle ist als Tonnendach in Brettstapelrippenbauweise (Rippennetzwerk) konzipiert und überdacht eine Fläche von etwa 50 x 35 m. Zusätzlich zu der Sportfläche überspannt die Konstruktion auch die Umkleide-, Toiletten- und Geräteräume.

Aktueller Zustand:

Am gesamten Gebäude der Sporthalle gab es Schäden (Dach, untere Räume).

An der hölzernen Dachkonstruktion gab es erhebliche Feuchteschäden, die Rippen der Tonnenschale und die Bretterschalung waren von Moderfäule und Schimmel befallen und z.T. stark geschädigt. Durch das Dach drän Wasser in die Konstruktion, zudem bildete sich Schwitz- bzw. Kondenswasser im Dachaufbau. Das gesamte Dach war oft und langanhaltend durchnässt. Grund dafür war die Verwendung einer Dachdämmung, die nicht als Dichtung wirkte, als solche aber verwendet wurde. Im Dachaufbau wurde eine PE-Folie verlegt, die nicht wie gefordert diffusionsoffen war. Die wurde umfangreich saniert.

Die Bauwerksunterhalter gaben an, dass aufgrund zu geringer Schneelastannahmen bei der statischen Berechnung nun das Hallendach bei Schnee geräumt werden muss. Es kann aber auch daran liegen, dass sich während der Nutzungszeit der Halle die Schneelastannahmen der DIN-Norm geändert haben (s. Anlage 1.1/2 zu DIN 1055-5 Schneelasten, erhöhte Schneebeiwerte für Hallen in der Norddeutschen Tiefebene nach dem Unglück in Bad Reichenhall).

An den Dachüberständen der Giebelwände gibt es ebenfalls Feuchteprobleme. Durch undichte Stellen kann Wasser in die Konstruktion eindringen und diese durchnässen. Dort kommt es dann zutropfendem Wasser an der Unterseite und im Winter zur Bildung von Eiszapfen.





[54]



[54]

[54]



[54]



[54]

### 9.2.10 Lausanne – Polydome 1991 CH

Zum 700. Jahrestag der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne sollte ein Ausstellungspavillon errichtet werden. Der Vorschlag von Julius Natterer, eine Kuppel in Holzrippenbauweise aus Brettstapeln zu errichten, wurde aufgegriffen und umgesetzt.

Die Kuppel (Holzrippenschale in Brettstapelbauweise) spannt über einem quadratischen Grundriss von 25 x 25 m. Die Höhe des Firstes beträgt 6,80m. Das gesamte Tragwerk ist in den Eckpunkten des Grundrisses gelagert. Die beiden Diagonalen zwischen den Eckpunkten bestimmen die Hauptrichtungen der Rippen. In den vier Eckpunkten konzentrieren sich die Kräfte der Diagonalen und werden über spezielle Auflagerböcke aus Stahl in die Fundamentkonstruktion aus Stahlbeton abgetragen. Die Rippen setzen sich aus vier Brettlagen zusammen, von denen in den Knotenpunkten jeweils zwei durchlaufen. Die Brettlagen sind durch Holzschrauben miteinander verbunden.

Aktueller Zustand:

Aufgrund von Feuchteschäden durch eingedrungenes Wasser an den Eckauflagern, den Auflagern der vier Hauptdiagonalen der Schale mussten diese Punkte 1998 saniert werden.

Alle weiteren Stellen der Konstruktion zeigen sich soweit ersichtlich in einem guten Zustand.



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]



[54]

## 9.3 Brücken/Stege

Zu diesem Bereich Brückentragwerke bzw. Stegkonstruktionen betrachtet.

### 9.3.1 Martigny – Brücke über die Dranse 1983 CH

Die Brücke über die Dranse bei Martigny dient als Fußgänger- und Radwegbrücke. Zudem ist sie auch für Forstfahrzeuge bis 5 t Gesamtgewicht zugelassen. Die freie Spannweite der Brücke beträgt 28 m. Das Tragsystem besteht aus auskragenden Randträgern, die über Pylone abgespannt sind und zwischen denen ein einfacher Balken als Mittelteil eingehangen ist.

Aktueller Zustand:

Bei der Besichtigung wurden z.T. Abnutzungserscheinungen am Tragwerk festgestellt. Einige davon wurden bereits repariert, andere sollten in nächster Zeit repariert bzw. genauer untersucht werden.

So waren vor allem Feuchtebeschädigungen am Gehbelag und den darunter liegenden Querträgern zu erkennen. Teile des Gehbelages wurden in der Vergangenheit bereits erneuert (Austauschbohlen). Die Geländerkonstruktion zeigt ebenfalls Abnutzungserscheinungen und Feuchtebeschädigungen.







### 9.3.2 Wimmis – Brücke über die Simme 1989 CH

Im August 1989 wurde die Holzbrücke über die Simme bei Wimmis eingeweiht. Die 108 m lange Rad- und Fußwegbrücke verbindet die Gemeinden Wimmis und Reutigen. In Brückenmitte liegt die Fahrbahn etwa 25 m über dem mittleren Wasserspiegel des Flusses. Die Brücke liegt auf den beiden Widerlagern an ihren Enden und auf zwei Zwischenpfeilern auf. So ergeben sich drei Felder von 27, 54 und 27 m Länge. Die konzipierte Holzbrücke konnte sich gegen Varianten aus Stahl und Beton durchsetzen. Bei etwa gleichen Herstellungskosten gemäß der durchgeführten Kostenermittlungen für die Varianten in Stahl, Beton und Holz beinhaltete nur der Holzbrückenentwurf ein Dach.

Das Haupttragsystem ist ein über drei Felder durchlaufender parallelgurtiger Fachwerkträger

Aktueller Zustand:

Die Brücke zeigt sich in einem sehr guten Zustand. Alle Konstruktionsteile sind trocken und sind keine Schäden oder Problemstellen erkennbar.







### 9.3.3 Vallorbe – Brücke über die Bundesstraße N9 1989 CH

Für die Verbindung von Forst- und Wanderwegen wurde zur Überquerung der Nationalstrasse N9 bei Vallorbe/Ballaigues im schweizerischen Kanton Waadland eine Brücke mit Zufahrtsrampe errichtet.

Das Haupttragwerk der Brücke bilden zwei Pylone, die über Abspannungen die Brückenbahn tragen. Der Hauptträger der Brückenbahn besteht aus zweiteiligen, nachgiebig zusammengesetzten Rundholzquerschnitten (sägegestreift mit Entlastungsnut, s. Bilder 5.97 und 5.98). Diese Hauptträger sind als einfache Balken auf den Querträgern aufgelagert, die wiederum mit der Abspannung verbunden sind und durch diese getragen werden. Die Spannweite der Brücke im Ganzen beträgt 24 m.

Aktueller Zustand:

An Teilen der Geländers und des Gehbelages sind Feuchteschäden zu erkennen, teilweise kam es auch bereits zum Austausch einzelner Bohlen, von Geländerholmen und Teilen des Handlaufes. Derartige Maßnahmen liegen aber im Rahmen des zu erwartenden Unterhaltes für eine Holzbrücke ohne Dach. An den Stahlteilen in den Verbindungen ist Korrosion zu erkennen.

Die Haupttragkonstruktion zeigt ein gutes Erscheinungsbild, die Verbindungen sehen bis auf die Korrosionsspuren der Metallteile soweit ersichtlich auch gut aus.



[53]



[53]





[53]



[53]



### 9.3.4 Amberg – Lederersteg 1978 D

Der Lederersteg ist eine überdachte Fußgängerbrücke über die Vils im Altstadtzentrum der Stadt Amberg. Das Haupttragssystem der über 24 m spannenden Brücke bildet ein Faltdach im Dach. Es besteht aus zwei gegeneinander geneigten Brettschichtholzscheiben. Die Gehbahn ist daran abgehängt.

Aktueller Zustand:

Bis auf Korrosionserscheinungen an Stahlteilen in den Verbindungen sind keine Schäden oder durchgeführte Reparaturen erkennbar.





### 9.3.5 Neutraubling – Fischbrücke über die Ortsumgehungstraße 2001 D

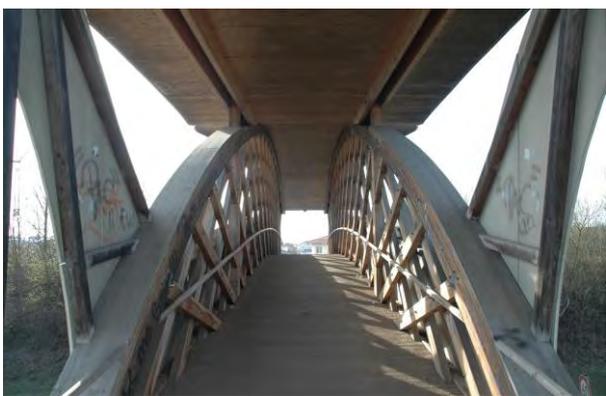
Die überdachte Fußgängerbrücke wurde errichtet, um Kindern eine sichere Überquerung über eine stark befahrene Schnellstraße zu den Sportplätzen und Badeweihern zu ermöglichen.

Die Brücke wurde als überdachte 3-Feld-Holzbrücke mit Auskragung konzipiert. Die Brückenlänge beträgt ca. 23,5m.

Das Haupttragsystem wird aus 2 Rautenfachwerken mit dazwischen liegendem Fahr- und Gehweg gebildet. Die Gehbahn besteht aus Bohlen, das Dach aus einer Brettstapeldecke.

Aktueller Zustand:

An der Brücke sind soweit keine Schäden erkennbar. Vereinzelt gibt es feuchte Stellen (Brettstapel am Dach; im Luftoffenen Bereich des Gitterfachwerkes), die wohl auf gelegentlich vorhandene hohe Luftfeuchtigkeit oder Regen bei stärkerem Wind zurückzuführen sind, somit unproblematisch erscheinen und immer wieder abtrocknen sollten.







### 9.3.6 Wiesenfelden – Naturbeobachtungssteg (2002 D)

Der Naturbeobachtungssteg verbindet ein Neubaugebiet mit dem Ortskern. Der Steg besitzt eine Länge von ca. 110m und ist in der Draufsicht leicht gekrümmt. Er besteht aus 13 gleichen Einzelementen, die jeweils eine Spannweite von ca. 7,60m in Feldmitte, die lichte Gehwegbreite 2,50m beträgt. Gegründet wird der Steg auf 52 Rammpfählen aus Lärche. Das Haupttragwerk bilden auf den Rammpfählen aufgelagerte Sprengwerke (Druckstreben, Zugbänder).

Das Dach besteht aus Brettstapeln, die mit Bitumenbahnen abgedeckt sind und liegt auf dem Sprengwerk auf. Die Breite des Daches von knapp 6m sichert durch den daraus resultierenden großen Dachüberstand den konstruktiven Holzschutz der Konstruktion.

Aktueller Zustand:

An der Stegkonstruktion sind keine Schäden, Problemstellen oder durchgeführte Reparaturen zu erkennen.





### 9.3.7 Kerzers – Holz-Beton-Verbundbrücken über die Erli (1991 CH)

1991 wurden bei Kerzers in der Schweiz zwei baugleiche Brücken in Holz-Beton-Verbundbauweise errichtet. Sie verlaufen über die Erli und verbinden landwirtschaftliche Nutzflächen mit Feldwegen und ermöglichen kürzere Zugangswege. Die Spannweite beträgt 8m. Die Konstruktion besteht aus Rundholzstämmen (mittlerer Durchmesser 30cm) mit einer etwa 10cm dicken Betonaufschicht. Der Schubverbund zwischen Holz und Beton erfolgt durch in das Holz eingeschnittene Kerfen.

Aktueller Zustand:

Die Randträger zeigen Feuchtschäden, sie wurden z.T. bereits ausgebessert. Große Teile wurde ausgeschnitten und durch das Einbringen von neuem Kantholz repariert. Dabei zeigt sich, dass die seitlichen Verkleidungsbretter zum Schutz der Konstruktion vor Feuchtigkeit (Regen) zu kurz sind. Tropfnasen sind an den Brettern eingearbeitet, jedoch wurden die Bretter verkehrt herum montiert, so dass die Abtropfnasen wirkungslos sind, das Wasser läuft so sogar noch einfacher zu den Tragbalken am Rand hin. Wie auch bei der ähnlichen Brücke in Le Sentier fehlt ein kleiner Luftspalt zwischen den Verkleidungsbrettern und den Tragbalken, so kann Feuchtigkeit durch Kontakt von der Verkleidung leicht in die Tragbalken weitergeben werden.

Am Auflagerbereich sind problematische Stellen beim hölzernen Auflagerbock aus alten Eisbahnschwellen zu erkennen. Durch Wind wurde Staub, Sand und Schmutz unter die Brücke in die Auflager getragen. Kommt Feuchtigkeit hinzu (Hohe Luftigkeit, Nebel oder starke Verwucherung durch Pflanzen) wird es Problematisch. An der untersten Lage der Holzschwellen sind bereits Schäden zu erkennen

Brücke 1





Brücke 2



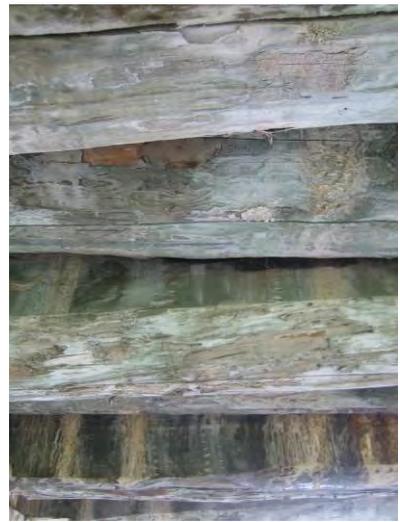


### 9.3.8 Le Sentier – Holz-Beton-Verbundbrücke über die L'Orbe (1991 CH)

Die 1991 erbaute Brücke in Le Sentier zeigt die vielfältige Einsatzmöglichkeit der Holz-Beton-Verbundbauweise. Die für den Kraftfahrzeugverkehr errichtete Einfeldbrücke ist für eine Nutzlast von 30 t zugelassen. Die Spannweite beträgt 13m. Die Konstruktion besteht aus Rundholzstämmen (52 cm Durchmesser) und einer 20 cm dicken Normalbetonschicht. Der Verbund zwischen den Rundholzstämmen und dem Beton erfolgt durch Kerven. Zur Sicherung des Verbundes sind HILTI-HBV-Dübel in die Kerven eingesetzt.

Aktueller Zustand:

An den frei bewitterten Stellen der Brücke sind Schäden infolge Feuchtigkeit zu erkennen. So zeigen die Geländer (Moosbefall) und die Verkleidungsbretter für die Tragbalken Feuchteschäden. In der Zukunft wird es am Geländer sicher zum Austausch einzelner Teile kommen, einzelne Teile wurden bereits erneuert. Die seitlichen Verkleidungsbretter vor den Tragbalken der Holz-Beton-Verbundkonstruktion zeigten sich stark durchnässt. Dieser Umstand ist aufgrund ihrer vorgesehenen Funktion vertretbar. Da sie aber ohne Abstand direkt an den Tragbalken montiert sind, leiten sie die Feuchtigkeit direkt weiter. So sind die äußeren Tragbalken (jeweils am Rand) z.T. feucht. Desweiteren sind die Verkleidungsbretter zu kurz und besitzen keine richtige Abtropfkante, so dass ablaufendes Wasser zu den äußeren Tragbalken hin abläuft und weitere Nässe einbringt. An den Auflagern sind am Rand ebenfalls feuchte Stellen vorhanden. Dort wird Wasser und Schmutz durch Wind und Regen eingetragen. Die übrigen hölzernen Tragbalken der HBV-Konstruktion sind soweit ersichtlich in einem guten Zustand, bis auf die Nässe von der Seite scheinen auch die Randträger in Ordnung zu sein.





### 9.3.9 Ravines – Brücke über die Doubs (1989 CH)

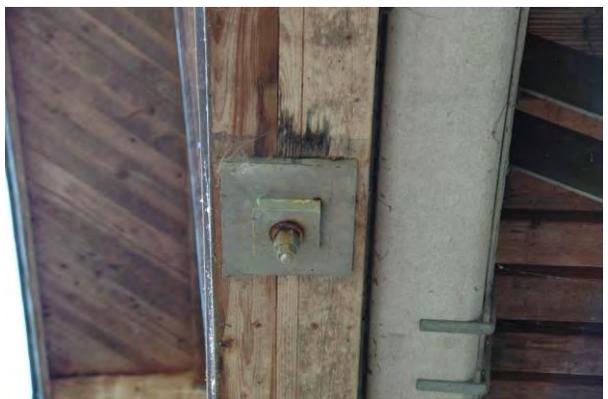
Die 1989 bei Ravines im schweizer Kanton Jura erbaute Brücke zur Überquerung der Doubs besitzt eine Spannweite von 36m. Sie ist für das Befahren von landwirtschaftlichen Geräten und Holztransportern aus gelegt. So ist sie für Lastpaare und Lastgruppen von bis zu 6x 60kN bemessen. Das Haupttragsystem wird durch ein Rahmenfachwerk gebildet. Dadurch ließ sich die Anzahl der Knotenpunkte reduzieren.

Aktueller Zustand:

Am Tragwerk der Brücke sind keine Schäden, Problemstellen oder durchgeführte Reparaturen zu erkennen. Die Brücke zeigt sich in einem sehr guten Zustand.







## 9.4 Sonderkonstruktionen

Bauwerke die sich nicht in eine der vorigen Kategorien direkt einordnen lassen.

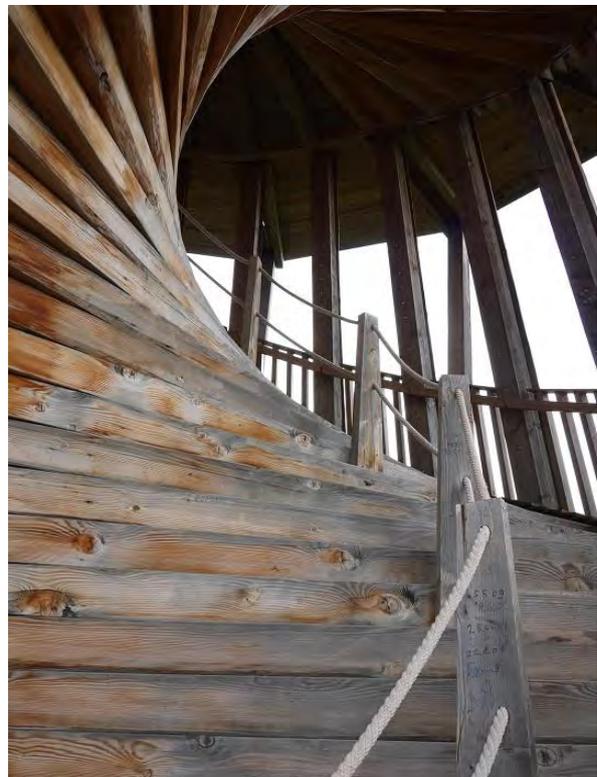
### 9.4.1 Lausanne – Turm Sauvabelin (2003 CH)

Der „Turm von „Sauvabelin“ ist als Aussichts- und Naturbeobachtungsturm konzipiert. Der Turm hat eine Gesamthöhe von 36m. In 30m Höhe befindet sich die oberste Aussichtsplattform mit einem Durchmesser von 10 m. Der Grundriss des Bauwerks ist kreisförmig. Die oberste Plattform wird von der Dachkonstruktion mit einem Durchmesser von 13,5m überdacht und schützt den Turm und seine Besucher gegen die Witterung.

Aktueller Zustand:

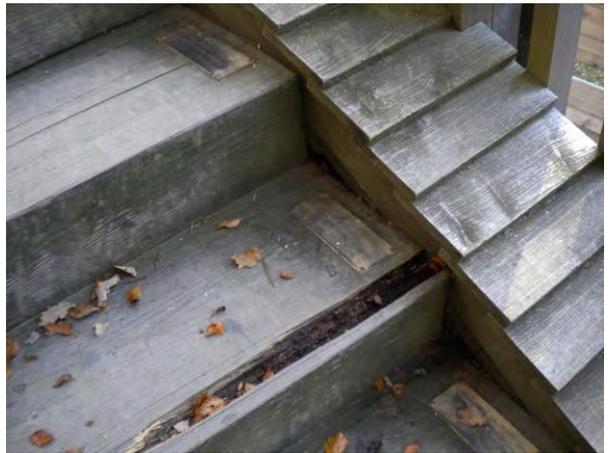
Der allgemeine Zustand des Turmes ist gut. An vereinzelten Stellen sind Beschädigungen durch Feuchtigkeit zu erkennen, wie z.B. am Geländer oder an den Trittstufen.

Das Douglasienholz zeigt Probleme, äußerlich sieht es noch gut aus, jedoch zeigt sich, dass es im Innern geschädigt ist. Beim Versuch einen spitzen Gegenstand (Schraubenzieher) in das Holz einzudrücken, gelingt dies z.T. ohne großen Kraftaufwand. Daraus lässt sich schließen, dass die Holzsubstanz im Inneren der Querschnitte z.T. stark beschädigt ist. Das lässt sich wohl vor allem darauf zurückführen, dass die verwendete europäische Douglasie nicht die Dauerhaftigkeit besitzt, wie die amerikanische Douglasie, wovon man bislang ausgegangen ist.



[53]





### 9.4.2 Wil – Turm (2004 CH)

Der Turm von Wil bietet ein einzigartiges 360° Panorama. Die Gesamthöhe des Turms beträgt 38m. Er besteht aus drei Zwischenplattformen auf einer Höhe von 8, 17 und 25m und der überdachten Aussichtsplattform in 34m Höhe. Der Grundriss des Turms besteht aus einem gleichseitigen Dreieck. Das Dach dient als Witterungsschutz für die Konstruktion und die Besucher.

Aktueller Zustand:

Am Turm und seiner Konstruktion sind Beschädigungen, Mängel oder Problemstellen erkennbar. Die Bausubstanz zeigt sich einem sehr guten Zustand.





### 9.4.3 Altusried – Tribünenüberdachung (1999 D)

Die Wände des Unter- und Erdgeschosses wurden teilweise in Brettstapelbauweise und teilweise in Blockbauweise gefertigt. Die Decken und die geneigte Auflagerplatte für die Zuschauersitze wurden in Holz-Beton-Verbundbauweise errichtet.

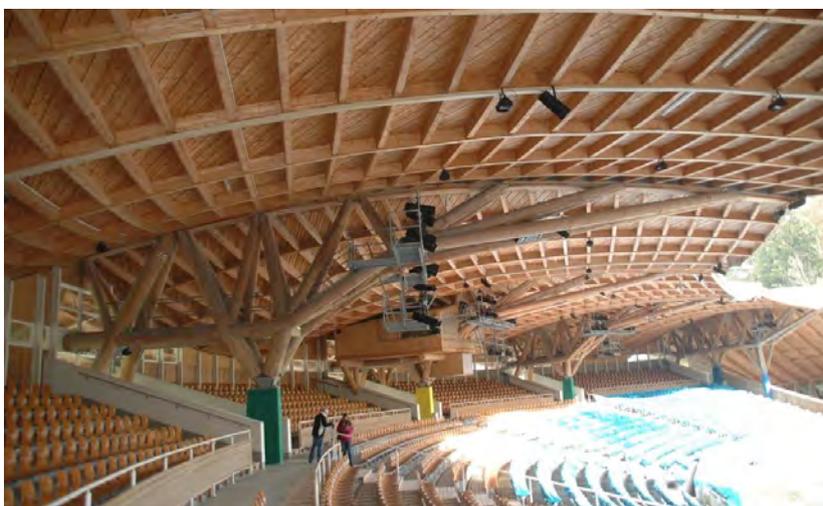
Die Dachkonstruktion überspannt eine Grundfläche von ca. 31 x 110 m. Deren Haupttragwerk wird durch fünf dreieckförmige, räumliche Fachwerkträger (31m lang) gebildet. Sie sind auf den Treppenaufgängen aufgelagert. Die gekrümmten, einteiligen Obergurte der Fachwerkträger bestehen aus Brettschichtholz und haben einen Querschnitt von 80 cm x 45 cm. Die Untergurte (zweiteilig, weit gespreizt) und die Füllstäbe wurden aus Rundholzstämmen von 30 bis 50 cm Durchmesser hergestellt.

Die Dachschaale besteht im Wesentlichen aus Hängerippen, die an den Fachwerkträgern gelenkig eingehängt sind.

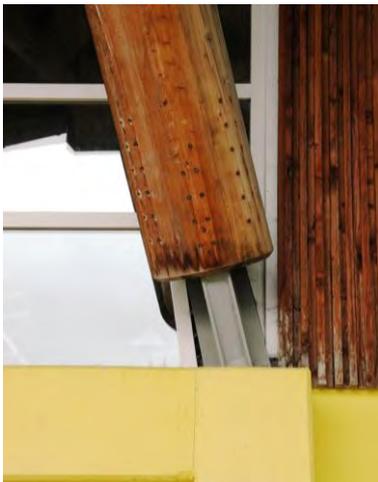
Aktueller Zustand:

Im Rahmen der Begehung und im Gespräch mit den Betreibern wurden keine nennenswerten Schäden an der Holzkonstruktion ausgemacht.

Nach 11 Jahren Nutzung kam es 2010 in der Dachhaut an einer Stelle zu einem Riß, der schnell bemerkt und repariert wurde. Die äußeren Zugbänder (Rundholzstämmen) zur Rückverankerung der Dachschaale sind der Witterung ausgesetzt (Spreizung und geringer Dachüberstand). Um sie vor Regen zu schützen, hat man sie mit Bitumenpappe überdeckt. Diese Maßnahme ist durchaus auch kritisch zu bewerten, da im Falle von eingedrungener Feuchtigkeit, das Holz an dieser Stelle nur sehr schwer wieder abtrocknen kann und man ev. entstehende Schäden nicht sichtbar sind.









#### 9.4.4 Hannover – EXPO-Dach auf der Messe Hannover D

Als Witterungsschutz für Freiluftveranstaltungen wollte man auf dem Messegelände in Hannover ein Dach errichten, im Sinne des Leitthemas „Mensch – Natur – Technik“ entschied man sich für eine Holzkonstruktion. Die ausgeführte Dachkonstruktion zeigt in technischer und architektonischer Hinsicht eindrucksvoll die Möglichkeiten des Ingenieurholzbaus.

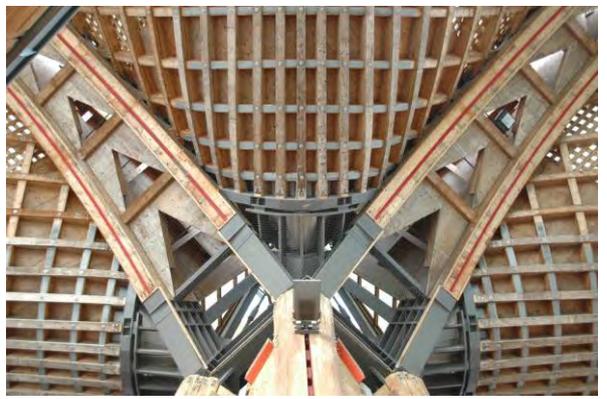
Die Konstruktion des Daches wird durch zehn gleiche, jeweils 26 m hohe freistehende Holzschirme gebildet. Jeder dieser Schirme überdeckt eine quadratische Grundfläche von ca. 40 x 40 m. Vier jeweils etwa 19 x 19 m messende Gitterschalen in Brettstapelbauweise ausgeführt, bilden einen Schirm. Die zentrale Stahlpyramide trägt die Kragträger und Rippenschalen und leitet die Lasten an die Turmkonstruktion weiter.

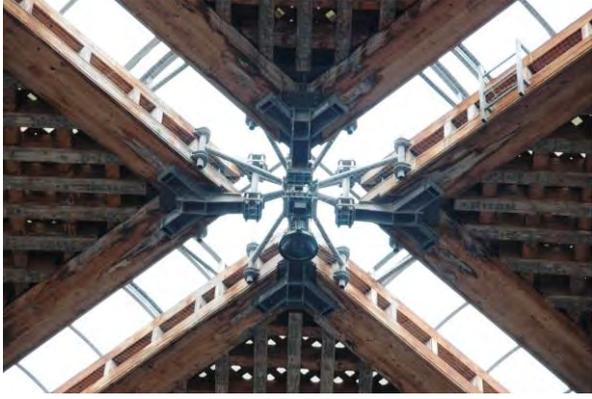
Aktueller Zustand:

Die Konstruktion zeigt sich in einem guten Zustand, es gab keine nennenswerten Schäden oder Reparaturen. So wurde lediglich die Dachfolie ausgebessert, Schrauben nachgezogen und Anstriche erneuert. Die Maßnahmen beschränken sich also auf normale Wartungsarbeiten, die im Rahmen des zu erwartenden Unterhalts liegen. Die jährlichen Unterhaltskosten für die Wartung belaufen auf ca. 25000,- jährlich für Material und Personal. Der Zustand der Konstruktion und seiner Teile wird jährlich kontrolliert.









## 10 Anpassungsfähigkeit und Nachhaltigkeit mehrgeschossiger Holzgebäude

### 10.1 Holz als tragend Baumaterial

Das Zimmereihandwerk hat sich über Jahrhunderte in der Gesellschaft entwickelt und gefestigt. Moderne Fertigungstechniken wie sie z.B. im Möbelbau verwendet werden, haben mittlerweile auch den Holzbau einzug gehalten, allen voran äußerst genau arbeitende CAD-gestützte Abbundmaschinen. Holz läßt sich dadurch sehr viel flexibler, zuverlässiger und in weiteren Anwendungsgebieten verwenden. Technische Produkte für den Holzbau verfügen über eine Vielzahl von Profilen und Typen, die die Grundlage für eine Verwendung im modernen Bauen liefern, wie riesige Spannweiten, räumliche Strukturen oder auch mehrgeschossige Häuser für den Städtebau.

Die im Ingenieurholzbau bei Häusern am häufigsten eingesetzten Holzprodukte sind [25]:

- Massivholz als Brettstapelelemente
- Brettsperrholz
- zusammengesetzte Holzprofile und Hohlprofile
- Holz-Beton-Verbund Elemente
- Tafel- oder Rahmenbau.

Brettstapelholz:

Brettstapel setzen sich aus stehend nebeneinander angeordneten Brettern und Bohlen zusammen, die mittels Verbindungselementen wie Nägeln, Schrauben oder Hartholzdübeln miteinander verbunden und zusammengefasst werden [14]. Glatte Kontaktflächen der einzelnen Bretter gewährleisten eine besonders gute Festigkeit der Verbindung und damit der ganzen Baugruppen. Zudem verbessern sich die Dichtigkeit, die isolierenden, thermischen und akustischen Eigenschaften. Durch die Möglichkeiten maschineller Bearbeitung und Vorfertigung lassen sich Abmessungen, statische Werte und Profil für verschiedene Anwendungen anpassen und somit weitere Einsatzbereiche erschließen [25].



Abb. 750: Brettstapelelement [53]



Abb. 751: Brettstapelelement [53]

## Brettsperrholz:

Brettsperrholz setzt sich aus mindestens drei Schichten Brettern zusammen, die kreuzweise miteinander verklebt werden. Im Vergleich zum Brettstapel entsteht ein homogeneres Holzelement, es gibt nicht mehr nur eine Richtung in Faser und eine quer zur Faser der Holz. Die Elemente sind formstabiler (Schwinden quer zur Faser) und können Nachteile in der Festigkeit quer zur Faser des Holz ausgleichen. Somit erzielt Brettsperrholz hohe Tragfähigkeiten (mehrachsig Plattenbeanspruchung, Scheibenbeanspruchung), ist formstabil, anpassungsfähig lässt sich vorfertigen und einfach bearbeiten und eignet sich daher für mehrgeschossige Gebäude in Holz [25].



Abb. 752: Brettsperrholz [58]



Abb. 754: Verwendung von Brettsperrholz [11]

## zusammengesetzte Holzprofile und Hohlprofile:

Hohlkasten- und Profilträger verschiedener Formen sind Entwicklungen, um Holz wirtschaftlich, effizient und materialschonend einzusetzen. Einzelquerschnitte (Bohlen, Bretter, Kanthölzer, Spanplatten, OSB-Platte oder Sperrholz) werden durch Kleben und Verschrauben zusammengefügt. Derartige Querschnitte eignen sich für größere Spannweiten und verbrauchen dabei relativ wenig Material. Zum Einsatz kommen Bauteile mit solchen Querschnitten in der Regel bei horizontalen Elementen, wie Träger und Balken für Dach- oder Deckentragwerke [25].



Abb. 755: I-Träger [58]



Abb. 756: Hohlkasten [53]

### Holz-Beton-Verbund Elemente:

Bei Holz-Beton-Verbundelementen werden Holz und Beton durch eine schubfeste Verbindung zu tragfähigen Verbundbauteilen zusammengefügt. Beide Materialien werden entsprechend ihrer Eigenschaften effektiv genutzt, Holz in der Zugzone und Beton der Druckzone des Verbundquerschnittes. Die Übertragung der Scherkräfte zwischen beiden Teilen (Schubverbund) erfolgt durch Verbindungselemente verschiedenster Art oder den direkten Formschluss (z.B. Kerfen). Holz-Beton-Verbundelemente werden vorrangig bei Decken eingesetzt. Für Dach- und Wandelemente sind sie gleichfalls geeignet und finden ihre Anwendung. Neben hohen Trag- und Gebrauchsfähigkeiten liegen ihre Vorteile auch bei guten Eigenschaften hinsichtlich bauphysikalischer Anforderungen [25].



Abb. 757 u. Abb. 758: Holz-Beton-Verbund, Brettstapel mit Kerfe als Verbundelement [54]

### Tafel- oder Rahmenbau:

Tafel- oder Rahmenbauelemente bestehen grundsätzlich aus Rippen und Riegeln (vertikale und horizontale hölzerne Elemente) die mit einer oder mehreren Platten beplankt sind. Vertikale Lasten werden hauptsächlich durch die Rippen abgetragen, horizontale Lasten dagegen hauptsächlich über die aussteifend wirkende Beplankung. Derartige Elemente lassen sich unter einem hohen Vorfertigungsgrad im Werk vorfabrizieren und können auf der Baustellen in kurzer montiert werden. Fenster, Wärmedämmung, Dampfsperren, Windabdichtungen und Leitungen der Haustechnik (Stromleitungen, Wasserleitungen, usw.) sind oft bereits in die Elemente integriert. In Kanada und den USA wird diese Holzbauweise als 2-by-4-System bezeichnet.

Obwohl auf dem gleichen Konzept basierend, können sich die Ausführungen für den Aufbau der Wand oder Decke (Multi-Schicht-Platte) stark unterscheiden und komplex sein. Ein Ausführungsbeispiel ist als Grundtyp nachfolgend dargestellt.

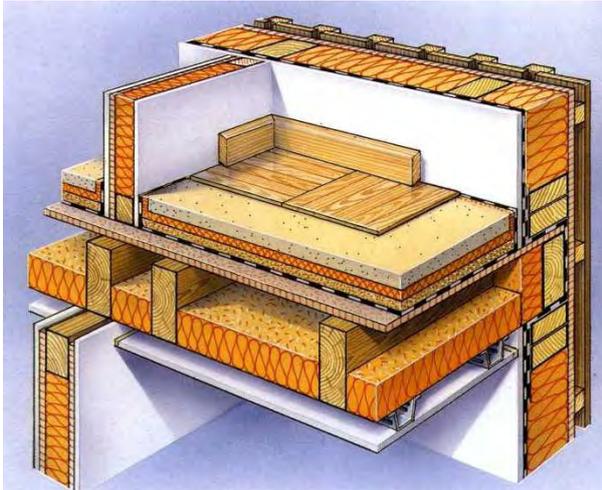


Abb. 759: Tafel- oder Rahmenbau [19]



Abb. 760: Tafel- oder Rahmenbau [53]

Verbundelemente aus Holz, wie Brettstapel, Brettsper Holz und Holzprofile, bieten zuverlässige, steuerbare und vorhersehbare Eigenschaften. Das traditionelle Schnittholz bzw. Vollholz weist naturbedingt Fehlstellen und Defekte im Material auf, die die mechanischen Eigenschaften reduzieren und somit zu Unsicherheiten beim Material führen. Die Folge ist das Arbeiten mit 5%-Quantilwerten für Festigkeiten und Steifigkeiten. Zusammengesetzte Elemente aus vielen Einzelquerschnitten verringern die Unsicherheiten deutlich und gleichen Defekte im Material, was zu einer effizienteren Verwendung des Baustoffes Holz führt.

Andererseits bieten Verbundelemente, die aus zwei oder mehreren Materialien zusammengesetzt sind ein weiteres Konzept, um Holz in einer effizienten Weise zu verwenden. Diese Entwicklungen werden nicht nur zur Komplementierung der Eigenschaft von Holz genutzt, sondern auch um es für weitere Anwendungen in Konkurrenz zu anderen Baustoffen und Bauweisen einzusetzen und zu etablieren. So z.B. bietet die Holz-Beton-Verbundbauweise eine Alternative zu herkömmlichen Stahlbetondecken im Geschossbau. Die Materialien werden entsprechend ihrer Materialeigenschaften eingesetzt, zudem können durch den nachwachsen Rohstoff Holz größere Mengen an Stahl und Beton substituiert werden.

Profilquerschnitte und Hohlquerschnitte bieten weitere Möglichkeiten Holz effizient zu nutzen. Bei verringertem Gewicht und Materialeinsatz lassen sich Elemente mit großem Trägheitsmoment herstellen.

Ein weiteres Material, das sich für einen Verbund mit Holz eignet ist Glas. So entstanden z.B. Träger in Holz-Glas-Verbundbauweise (Stegträger mit Holzgurten und Glassteg). Universitäre Forschung und die Umsetzung in Bauvorhaben zeigen die Machbarkeit und Verträglichkeit solcher Verbundträger für tragende Bauteile.



Abb. 761 u. Abb. 762: Holz-Glas-Verbundträger [53]

## 10.2 Holz als ökologisches Material

Produkte aus Holz haben im Vergleich zu anderen Baustoffen und Bauprodukten geringere Umweltauswirkungen, weshalb sie als ein nachhaltiger Werkstoff für Lebenszyklusanalysen betrachtet werden können. Während seiner gesamten Lebensdauer speichert Holz Kohlenstoff und hat damit einen positiven Effekt auf das Treibhauspotenzial. Eine vermehrte Anwenden von Holz im Bauwesen kann die Treibhausgasemissionen des Baugewerbes reduzieren und zur Milderung der Auswirkungen auf den Klimawandel beitragen. Diese Eigenschaften sind einzigartig unter den verschiedenen Baustoffen.

Betrachtet man den Energieverbrauch, benötigen Holzprodukte zur ihrer Herstellung in der Regel weniger Energie aus fossilen Brennstoffen als andere Materialien wie z.B. Beton oder Stahl [37]. Für unsere Gesellschaft, in der die gesamte Energieverbrauch stetig wächst, spielen Produkte und Dienstleistungen mit geringen Energieverbrauch eine wichtig Rolle und bieten Möglichkeiten der Beeinflussung. Am Ende der Lebensdauer eines Holzproduktes lässt sich das Holz auch verschiedene Arten nutzen. Möglichkeiten hierfür sind die einfach und direkte Wiederverwertung oder auch die Verbrennung zur gewinnung von Energie. Mit seinem Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung während der Nutzung und mit der Rückgewinnung der gespeicherten Energie kann Holz sogar als energieproduktives Material für Teile seines Lebenszyklusses betrachtet werden. Je nach Produkt kann die Herstellung eines Kubikmeters Holz 500 bis 3000 MJ Energie betragen, während bei der Verbrennung der gleichen Menge Holz 5000 MJ genutzt werden können [14].

Durch die Wälder mit ihrem sozialen und wirtschaftlichen Wert für die Menschen nimmt Holz schon traditionell eine wichtige Rolle ein. Mit einer kontinuierlichen Versorgung an Holz bietet Wald natürliche Ressourcen und gewerbliche Gewinne für die mit ihm verbundenen Personen. Die Bevölkerung und die Unternehmen profitieren beide von nachhaltig genutzten Wäldern. Die Stabilität und Unabhängigkeit der Region wird gefördert. So übernimmt der Wald eine Schutzfunktion für die Landschaft und die angrenzende Umgebung.

## 10.2.1 Klimawandel

Der Klimawandel, vor allem aufgrund von Treibhausgasemissionen hervorgerufen, ist durch wissenschaftliche Untersuchungen erwiesen. Die Entdeckung des Treibhauseffekt und erste wissenschaftliche Beweise stammen bereits aus dem 19. Jahrhundert. Im Jahr 1896 erhob Svante Arrhenius die erste Hypothese für Treibhauseffekt, hervorgerufen durch CO<sub>2</sub>-Emissionen menschlicher Aktivitäten [2]. 1957 fand Roger Revelle heraus, dass der durch Menschen erzeugt Kohlenstoff nicht durch Ozeane, einer der größten und wichtigsten Kohlenstoffspeicher der Biosphäre, absorbiert wird [35]. Drei Jahre später entdeckte Charles David Keeling die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre und stellt fest, dass diese weiter zunimmt [22]. Im Jahr 1982 zeigten einige Studien, dass die Temperatur des Eiskerns in Grönland gewaltig zunimmt [12]. Der grönländische Eiskern zeigt klimatischen und geologischen Entwicklungen der letzten zehntausend Jahre auf. Bei einer Konferenz in Kopenhagen im März 2009 wurde zeigt, dass der Meeresspiegel zweimal schneller steigt, wie noch in den Vorhersagen der Vereinten Nationen im Jahr 2007 angenommen. Als Konsequenz dieser Forschungsergebnisse wurde im Dezember 2009 die Klimakonferenz von Kopenhagen einberufen [15].

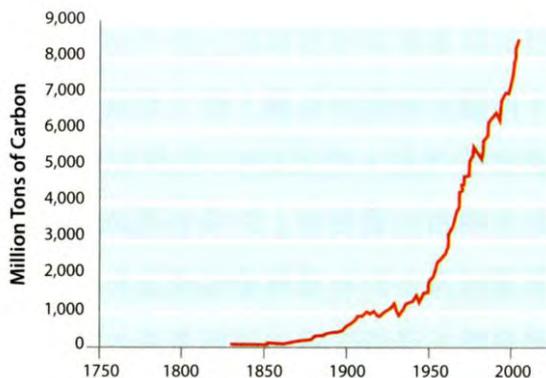


Abb. 763: Freisetzung von Kohlenstoff in die Atmosphäre (CDIAC, BP) [37]

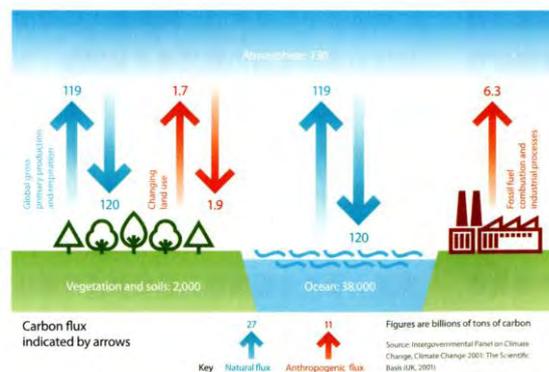


Abb. 764: Kohlenstoffspeicher [15].

Seit dem der Klimawandel als ökologische Herausforderung entstand, ist es von großer Bedeutung, umweltverträgliche Lösungen für die menschliche Gesellschaft, die menschlichen Aktivitäten und vor allem für den Schutz der Natur zu finden. Alle Produkte und industriellen Prozesse, die die Emission von Treibhausgasen reduzieren sind bedeutende Schritte für eine Verringerung des Treibhauspotenzials. Soweit es die Bauwirtschaft betrifft, bietet Holz nachweislich eine umweltfreundliche Alternative zu anderen Baustoffen [3][5].

Der Wald spielt eine wichtige Rolle zur Erhaltung und Steuerung des Kohlenstoffgleichgewichtes in der Atmosphäre und Biosphäre. Für die Speicherung und Rückgewinnung von Kohlenstoff aus der Luft kommt dem Wald große Bedeutung zu. Generell lässt sich sagen, dass man zur Produktion einer Tonne Kohlehydrat, was in verschiedenen Teilen des Baumes vorhanden ist, 1,6 Tonnen CO<sub>2</sub> benötigt und dabei 1,2 Tonnen O<sub>2</sub> freisetzt. Im Mittel kann der Wald je Hektar 5 bis 15 Tonnen Kohlenstoff aus der Atmosphäre absorbieren [15]. Nachfolgend ist die Reaktionsgleichung der Photosynthese dargestellt.



Basierend auf den oben erwähnten Eigenschaften können Holzprodukte sich in ihrem Lebenszyklus selbst festigen. Obwohl die Herstellung und Verarbeitung von Holzprodukten Energie aus fossilen Brennstoffen benötigt und CO<sub>2</sub> emittiert wird, sind die Verbrauchs- und Emissionswerte relativ gering. Somit bleibt die gesamte Kohlenstoffbilanz von Holzprodukten signifikant negativ, was bedeutet, dass mehr Kohlenstoff vom Produkt gespeichert wird als man bei seiner Herstellung freisetzt. Das hat eine positive Wirkung auf den Treibhauseffekt. Der Zyklus im nachfolgenden Diagramm zeigt, dass Holzprodukte auch eine wichtige Rolle bei der Speicherung von Kohlenstoff früherer Prozesse spielen können [37].

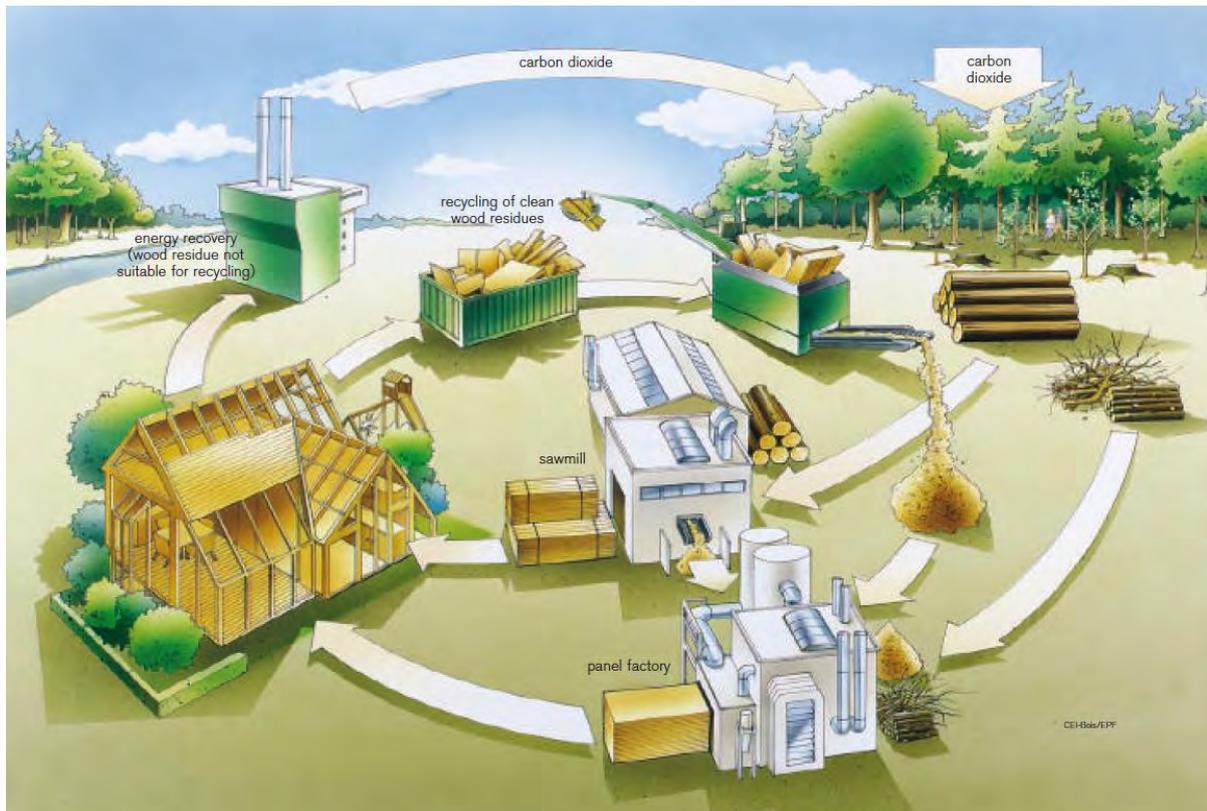


Abb. 765: Kohlenstoffkreislauf und Materialfluss von Holz [37]

Koch [23] verglich die Kohlenstoff-Bilanzen einiger Baustoffe mit gleichwertiger Leistung. Die Studie umfasste Holzprodukte und Produkte die nicht aus Holz gefertigt sind, wie Aluminium, Stahl, Stein und Beton. Der Vergleich zeigte, dass Bauholz weniger Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen erzeugt als andere Materialien. Künninger und Richter [24] untersuchten die durch Strommasten aus Holz, Beton und Stahl verursachten Umweltbelastungen. Im Vergleich zu anderen Materialien, erzeugten Holzmasten einschließlich der Treibhausgase geringere Belastungen.

Petersen und Solberg [34] haben die Auswirkung von Holz- und Nicht-Holz-Materialien in Konstruktionen bewertet. Eine Reihe von Studien von Petersen und Solberg zeigten, dass Konstruktionen aus Holz weniger Treibhausgase erzeugen als Nicht-Holz-Materialien.

Auf der anderen Seite / Zusätzlich / Parallel hat Eriksson et al. [13] eine Studie über den Kohlenstoffvorrat und -fluss in Bäumen, Boden, Holzprodukten, alternativer Materialien und Brennstoffen durchgeführt. Das Ergebnis zeigt, dass ein gut bewirtschafteter Wald mit der Absicht Holz zu produzieren, die Gesamtmenge der Kohlenstoffemissionen erheblich verringern kann. Die gesamte Kohlenstoff-Bilanz hängt maßgeblich von der Holzver-

wendung. Die Nutzung von Holz, um Nicht-Holz-Werkstoffe zu substituieren kann die Emission von Kohlenstoff in die Atmosphäre verringern.

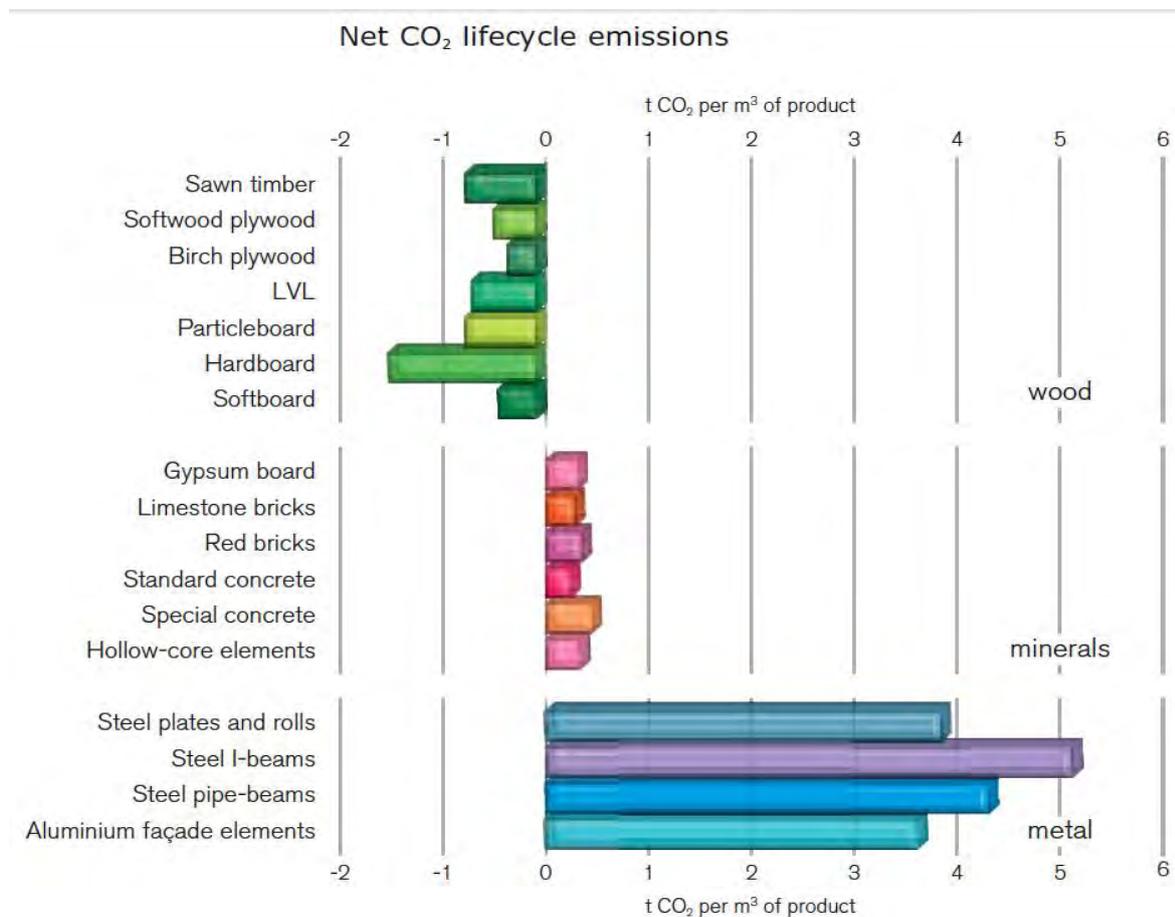


Abb. 766: netto CO<sub>2</sub>-Emission verschiedener Materialien [37]

Tabelle 1 zeigt die CO<sub>2</sub>-Äquivalenz und die graue Energie verschiedener Materialien, die üblicherweise in Baukonstruktionen eingesetzt werden [1]. Die Daten zeigen, dass zur Herstellung von Bauholz verhältnismäßig wenig Energie verbraucht wird und bei der Gewinnung und Produktion die geringsten Treibhausgase erzeugt werden. Die negativen Abgabewerte bzw. Emissionswerte der Holzprodukte entstehen dadurch, dass mehr Kohlenstoff vom Holz gebunden als durch die Herstellung der Holzprodukte freigesetzt wird. Das hat positive Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz.

Tabelle 5: CO<sub>2</sub>-Äquivalenz und freigesetzte Energie verschiedener Materialien, Alcorn, 2003 [1]

Material	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>	g-CO <sub>2</sub> /kg	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
Aluminum, virgin	192	517185	8000	21600
Asphalt (paving)	0.2	335	14.6	22.8
Bitumen (feedstock)	2.4	2475	171	176
Bitumen (fuel)	44.3	45632	3020	3111
Cement, average	6.2	12005	994	1939
Cement fiber board	9.4	13286	629	894
Ceramic brick, new tech	2.7	5310	138	271
Ceramic brick, old tech	6.7	13188	518	1021
Concrete, precast	1.9	4546	214	526
Concrete, grout	1.5	3496	209	496
Concrete, 30MP	1.2	2762	159	376
Concrete, 40MP	1.4	3282	189	452
Copper, virgin	97.6	872924	7738	69173
Glass, float/tint	15.9	40039	1735	4372
Gypsum plaster	3.6	8388	218	501
Plaster board	7.4	7080	421	404
Steel, virgin, structural	31.3	245757	1242	9749
Steel, stainless	74.8	613535	5457	44747
Timber, pine, sawn, air dried	2.8	1179	-1665	-699
Timber, pine, air dried	3	1273	-1662	-698
Timber, pine, bio dried	4.1	1732	-1644	-690

## 10.2.2 Energie

Die Gewinnung von Energie und die Möglichkeiten sie zu nutzen, sind seit jeher die Ziele der Menschen [6]. Die Mittel und Möglichkeiten zur Energieerzeugung und -nutzung entwickelten sich parallel mit der menschlichen Gesellschaft. Man suchte nach nutzbaren Energiequellen und Technologien mit immer höherer Energiedichte und Stromerzeugung. Seit Beginn der industriellen Revolution stieg auch der Energiebedarf explosionsartig an.

**World Marketed Energy Use by Energy Type, 1980-2030**

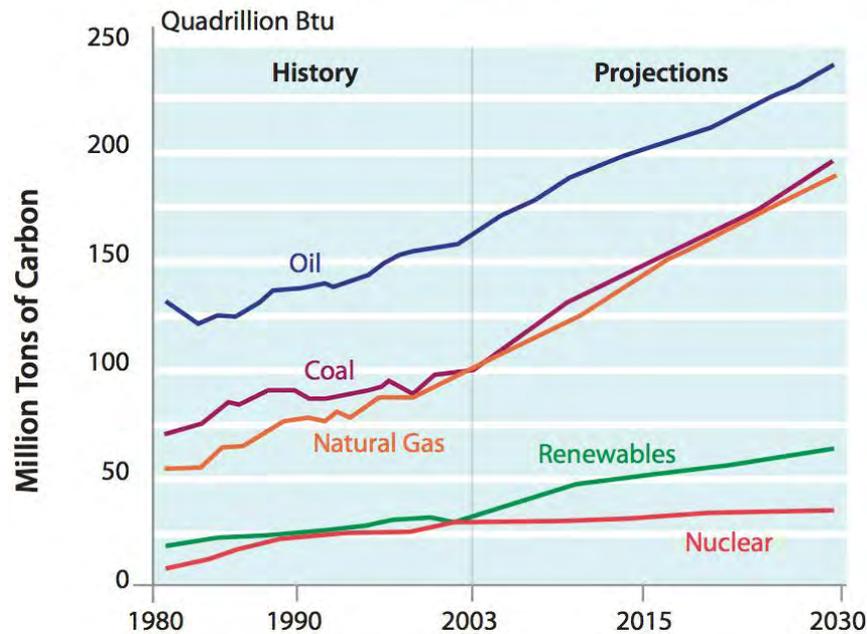


Abb. 767: Energieressourcen und ihre Nachfrage [15]

Infolge der oben beschriebenen Entwicklung zum Energiebedarf, ist es unerlässlich nach geeigneten und nachhaltigen Lösungen zur Deckung des Energiebedarfs zu suchen. Zahlreiche Möglichkeiten zur Linderung der Energieproblematik wurden untersucht. So wurden beispielsweise erneuerbare Energiequellen und selbsteffiziente Energieversorgung zu Diskussionsthemen unter Experten und Ingenieuren. Mit derartigen Bemühungen versucht man der drohenden Erschöpfung fossiler Energiequellen gegenüber zu treten und zu steuern.

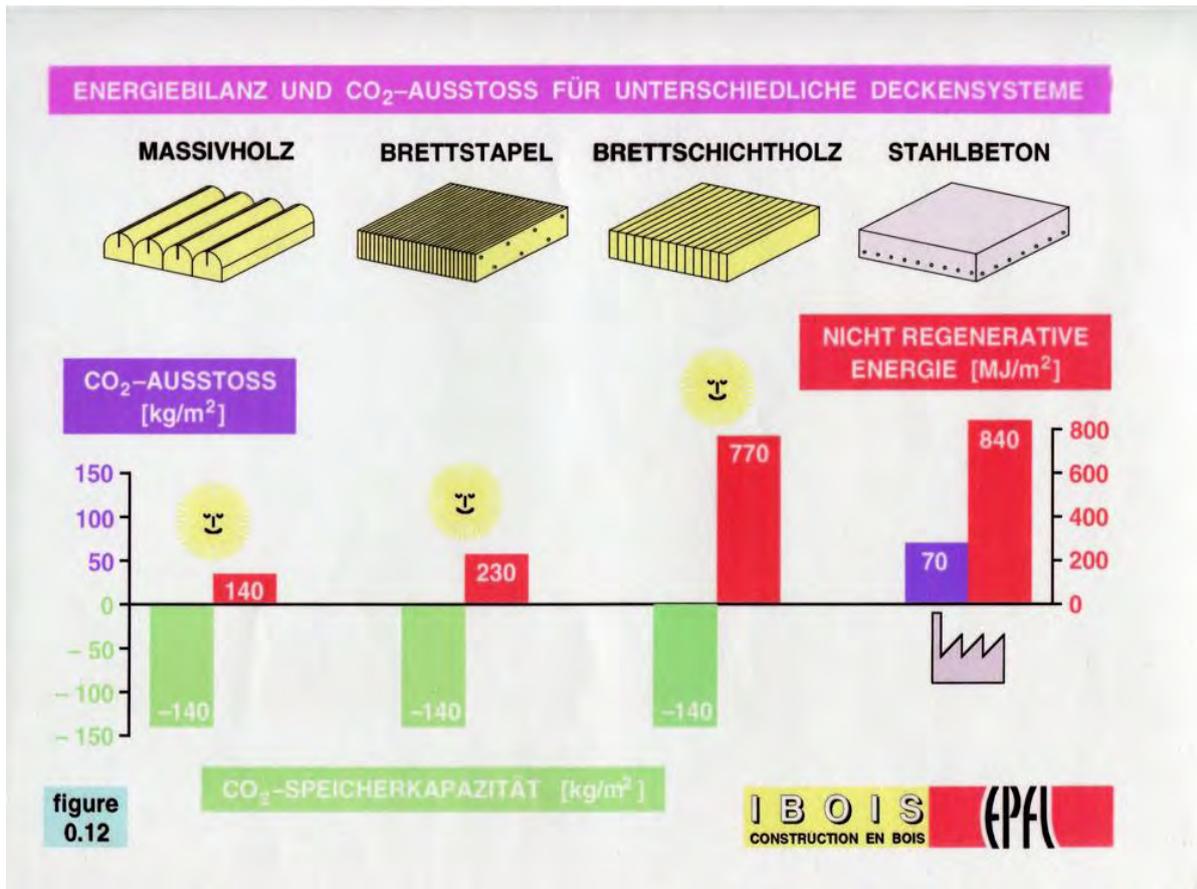


Abb. 768: Umweltbelastung verschiedener Baumaterialien (Deckensysteme) [54]

Auf der anderen Seite / Zusätzlich / Parallel sind mittlerweile energiesparende Produkte oder Dienstleistungen zu günstigen Optionen und damit konkurrenzfähig zu bekommen. In zahlreiche Untersuchungen wurde die Energieeffizienz von verschiedenen Materialien Baugruppen abgeschätzt, untersucht und verglichen und dann versucht, geeignete und energiesparende Produkte zu entwickeln. Auf Grundlage dieser Untersuchungen und Auswertungen sind die Verbraucher in der Lage energieeffiziente Produkte und Dienstleistungen zu wählen.

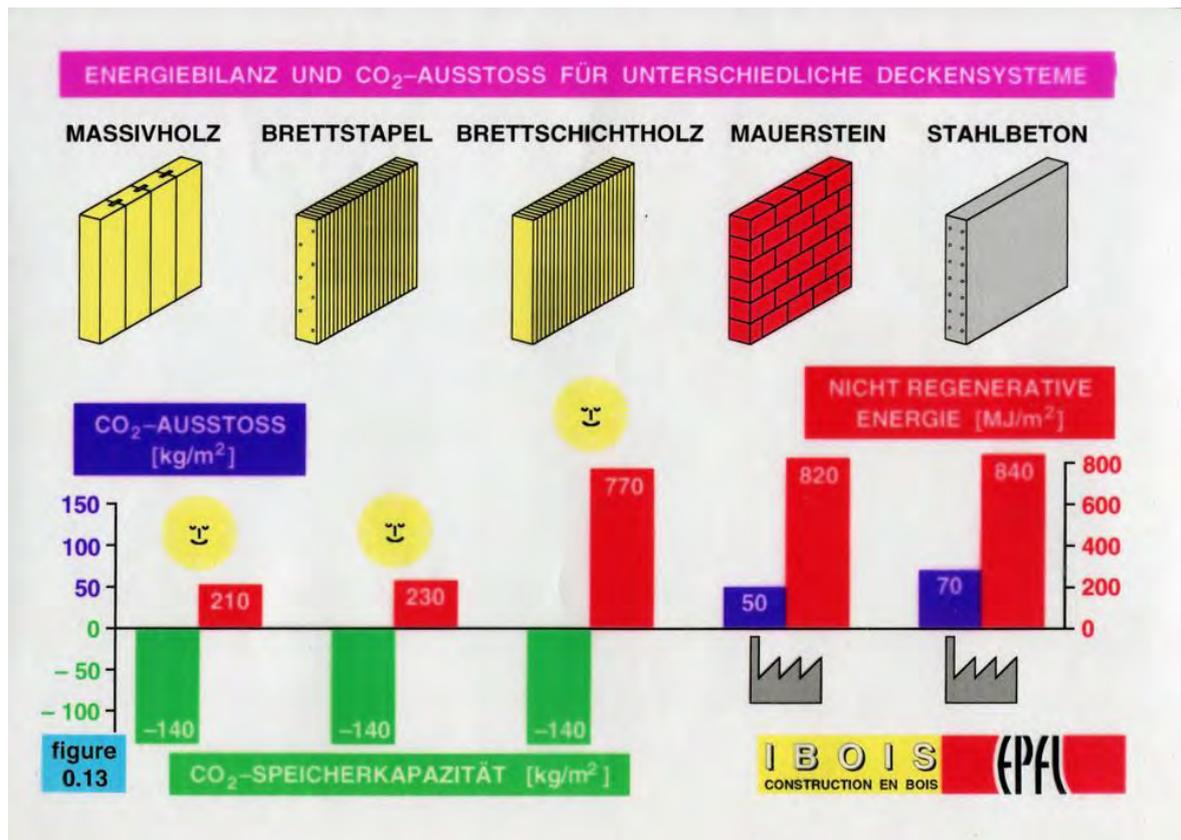


Abb. 769: Umweltbelastung verschiedener Baumaterialien (Wandsysteme) [54]

Obwohl Technologien für erneuerbare Energien in enormem Tempo entwickelt werden, bleibt die Energie aus fossilen Brennstoffen unersetzlich für viele industrielle Prozesse. Diese industriellen Prozesse, u.a. für die Herstellung von manchen Bauelementen, benötigen Energietechnologien, die die Energie in großen Mengen und permanent zur Verfügung stellen können. Derzeit sind die meisten erneuerbaren Energiequellen hierfür nicht geeignet. Somit ist die herkömmliche fossile Brennstoffenergie unersetzbar für energieintensive Herstellungsverfahren. Analysen und Diskussionen über die graue Energie von Baustoffen können dabei helfen, die von regenerativen Energien im Baugewerbe zu verbessern.

Einige Studien haben sich mit der Energieeffizienz von Holzprodukten beschäftigt. Buchanan and Honey [5] haben die CO<sub>2</sub>- und Energieverbräuche der industriellen Prozesse für die Herstellung von Baustoffen beurteilt. In dieser Studie werden die Ergebnisse verschiedener Gebäude-Modelle, einschließlich Holz, Stahl und Stahlbetonrahmen, quantitativ ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass Holzbauten weniger fossile Brennstoffe verbrauchen und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Fertigungsprozesse erzeugen. Börjesson und Gustavsson [3] haben die Auswirkungen, die durch verschiedene Baustoffe auf die Umwelt wirken vergleichen und beurteilt. Betrachtet man die Primärenergie zur Herstellung von Bauteilen, so wird bei Stahlbetonbauten etwa 60-80% mehr Energie verbraucht als bei Holzkonstruktion.

Neben geringer grauer Energie, kann Holz sogar in Bezug auf seine gesamte Lebensdauer als energieproduktiv bezeichnet werden, auch unter Berücksichtigung der Wiederverwendung nach einer Nutzungsperiode. Holz kann als Biomasse in Form von z.B. Sägestaub, Hackschnitzel oder auch Bau- und Abbruchabfall (C & DW) als Energiequelle genutzt werden. Einige Untersuchungen haben die Wirksamkeit von Biomasse aus Holz ausge-

wertet. Boyd et al. [4] haben eine quantitative Studie durchgeführt und festgestellt, dass die Holzindustrie durch die Nutzung von Biomasse und Reststoffverwertung zur Stromerzeugung energieeffizienter ist. Diese Studie hat auch gezeigt, dass Holzprodukten deutlich energiesparender sind als andere Materialien mit vergleichbaren Eigenschaften. Jungmeier et al. [21] haben den Energiebedarf für die zugehörigen Forstprozesse und -produkte bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Energie zur Erzeugung der Produkte niedriger ist als der Energiegehalt der Biomasse.

Das nachfolgende Biokohle-Diagramm wurde ursprünglich zur Darstellung verschiedener Kohlenstoffsenken für den gesamten Lebenszyklus vom Holzbau bestimmt. Zudem zeigt dieses Diagramm verschiedene Möglichkeiten Holz als Biomasse oder andere ökologische Funktionen zu verwenden.

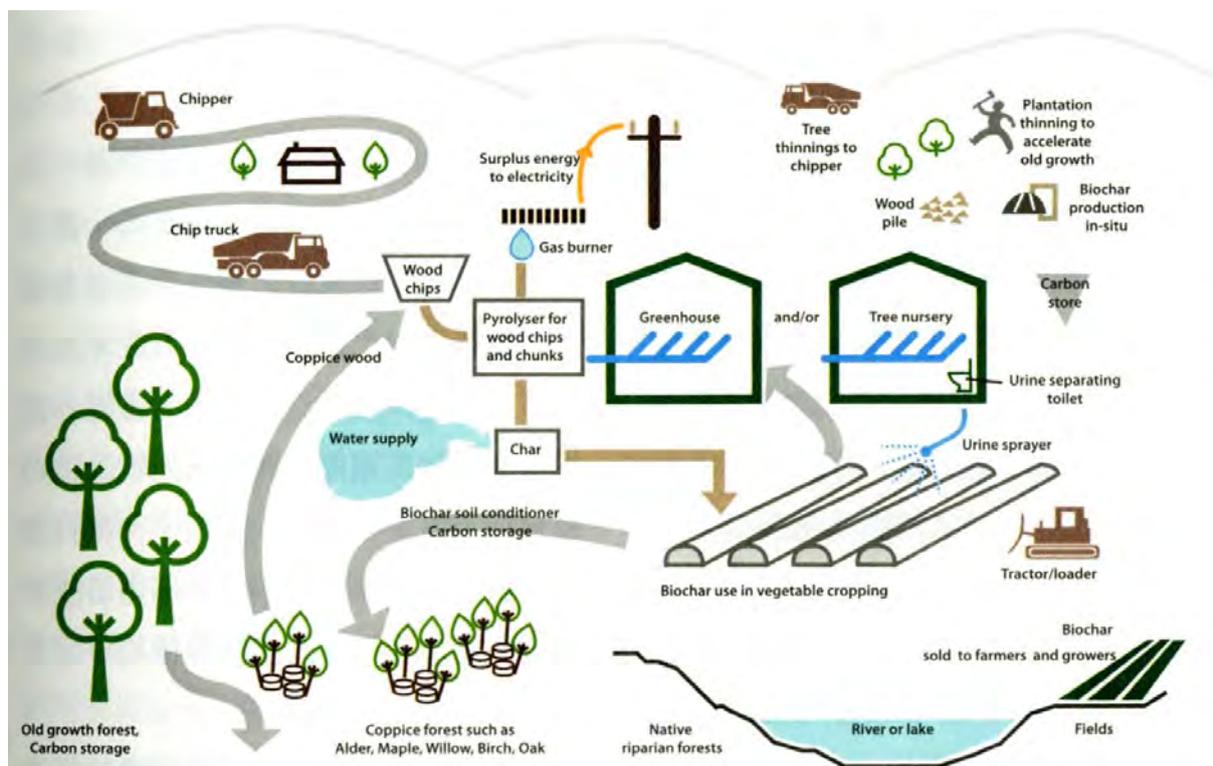


Abb. 770: Biokohle [15]

## 10.3 Holz als angenehmes Material

### 10.3.1 Akustisch

[19]

Mit Holzbalken- und Brettstapeldecken sind hohe und sehr hohe Schalldämm-Anforderungen am Bau möglich. Das "holzbau handbuch" wendet sich an Konstrukteure, Planer und Sachverständige - aber auch an Ingenieure, die neue Systeme entwickeln.

Anhand von erprobten neuen und alten Bauweisen werden die Vor- und Nachteile bestimmter Systeme sowie die besondere Problematik der Schalldämmung von Holzdecken diskutiert.

In Wohnungen und Arbeitsstätten wird man mit verschiedenen Lärmbelastungen

konfrontiert. Lärmquellen innerhalb der Gebäude sind beispielsweise: Musik und Gespräche aus fremden Wohnungen, Gehgeräusche auf Decken und Treppen, Geräusche der Haustechnik, insbesondere der Wasserinstallationen. In der Bauakustik unterscheidet man Trittschall und Luftschall.

**Trittschall** Beim Trittschall handelt es sich um einen Körperschall, der z.B. durch Gehen, Stühlerücken, Klopfen und Hämmern oder durch das Hüpfen von Kindern entsteht. Das Störgeräusch wird mechanisch direkt in die Decke eingeleitet und in die benachbarten Räume (in der Regel nach unten) abgestrahlt.

**Luftschall** Sprache und Musik sind Beispiele für Luftschall. Die Schallwellen im Raum treffen auf die Wände und Decken, werden in diesen Bauteilen weitergeleitet und in die benachbarten Räume als Luftschallwellen abgestrahlt.

Nur bei Kenntnis der wichtigsten theoretischen Grundlagen können Planungs- und Ausführungsfehler vermieden werden. Der "gesunde Menschenverstand" ist beim Schallschutz nicht immer ein guter Lehrmeister. Bei Veränderung bewährter Konstruktionen, sollten die wichtigsten schalltechnischen Gesetze beachtet werden. Schadensfälle zeigen, dass z.B. die Funktion der Trittschalldämmung, Rohdeckenbeschwerung oder Unterdecke oft falsch eingeschätzt wird.

Nachfolgend sollen die für Decken im Holzbau wesentlichen physikalischen Grundlagen und Zusammenhänge erläutert werden. Die Autoren weisen darauf hin, daß dieses kurze Kapitel ein Lehrbuch nicht ersetzen kann. In diesem Zusammenhang wird auf die Standardwerke von verschiedenen Literaturen verwiesen.

Im Holzbau setzen sich die Bauteile aus mehreren Schichten zusammen. Dadurch wird dem Schall auf seinem Weg durch das Bauteil ein mehrfacher Widerstand entgegen gesetzt. Während die Schalldämmung einschaliger Bauteile nur auf ihrer Masse und Biegesteifigkeit beruht, können im Holzbau durch mehrschalige Konstruktionen mit entkoppelten Schalen und Hohlraumdämmstoffen gleiche Schalldämmwerte bei wesentlich geringeren Massen erreicht werden.

Für die schalltechnische Optimierung der Holzdecken sind somit folgende Punkte zu beachten:

- Erhöhung der flächenbezogenen Massen von Estrich, Rohdecke, abgehängter Decke
- Verringerung der Steifigkeit der Trittschalldämmplatte;
- Erhöhung des Abstands zwischen Unterdecke und Rohdecke;
- Entkopplung der Unterdecke von den Balken;
- Einsatz biegeweicher Materialien;
- Hohlraumdämpfung durch geeignete Materialien,
- Schallabsorption im Estrich.

### **10.3.2 Thermische Behaglichkeit**

Das Raumklima ist wichtig für die menschliche Gesundheit [16]. Einige Studien haben gezeigt, dass sich die Menschen in gewissen Bereichen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit wohler fühlen. Ein schlechtes Raumklima kann zu Unwohlsein und manchmal sogar zu Krankheiten führen [36].

Konstruktionselemente, wie z.B. Gebäudehülle, Decken oder Wände, können als Wärme- und Feuchtespeicher wirken, was für die Regulierung des Innenraumklimas wichtig ist. Die Wärmespeicherfähigkeit eines Materials beschreibt seine Fähigkeit Wärme aus der Raumluft aufzunehmen und wieder abzugeben und damit auch bei der Regulierung der Raumtemperatur mit zu wirken. Die Feuchtespeicherfunktion eines hygroskopischen Materials bezieht sich auf seine Fähigkeit Feuchtigkeit aus der Raumluft aufzunehmen und wieder abzugeben und somit Feuchtigkeitsschwankungen ausgleichen zu könne [16]. Die Nutzung von Wärme- und Feuchtespeicherfähigkeit von Gebäudehülle, Decken und Wänden kann dabei helfen, das Raumklima zu regulieren und somit den Energieverbrauch durch den Betrieb von Heiz- oder Kühlgeräten zu senken.

Als hygroskopische Material besitzt Holz die Fähigkeit Wärme- und Feuchtigkeit zu speichern. Entsprechend eingesetzt, können Holzelemente als Puffer wirken und Änderungen der Innentemperatur und Luftfeuchtigkeit abfangen und somit Innenraumklima- und Wohnkomfort verbessern. Durch diese Effekte ließe sich die nötige Energie zum Heizen oder Kühlen deutlich verringern.

Hinsichtlich des jährlichen Energieverbrauches besitzt die Holzmassivbauweise Vorteile [16]. Holz besitzt eine niedrige Wärmeleitfähigkeit. Somit ist Holz im Vergleich zu Beton oder Mauerwerk ein sehr viel besserer Dämmstoff. Große exponierte Oberflächen aus Holz bieten eine effektive Wärmekapazität, um die Spitzen von Temperaturschwankungen zu mildern. Mit seiner hohen thermischen Trägheit ist die Gebäudehülle aus Massivholz resistent gegen den Austausch und Verlust von Wärme zwischen beiden Seiten der Wand.

### **10.4 Holz als Baumaterial**

Basierend auf den in den vorigen Kapiteln erwähnten Eigenschaften, lässt sich Holz auf vielfältige Weise für Konstruktionen und Gebäude verwenden. Im Bereich von Holzbauten, sind bereits einige praktische Projekte für große und mehrgeschossige Gebäude im urbanen Kontext realisiert [10]. Verschiedene Holzelemente werden sowohl für tragende und nichttragende Teile in einem Gebäude verwendet. Zahlreiche Beispiele, einschließlich Wohngebäude, Schulen und Büros, haben die Anpassungsfähigkeit von Holzhäusern für ein breiteres Spektrum verschiedener Zwecke demonstriert.

Die vielen Wege mit denen versucht wurde, Gebäude aus Holz zu etablieren, zeigen die große Vielfalt zu hölzernen Gebäuden einzurichten zeugen von der großen Vielfalt mögliche Holzbauten. Häuser können in verschiedenen Formen und Systemen errichtet werden. Die Vielfalt zeigt, wie Holz genutzt und für die verschiedenen Anwendungen von Architekten und Ingenieuren immer wieder angepasst werden kann.

### 10.4.1 Einteilung von mehrgeschossigen Holzbauten

Tabelle 6: Einteilung und Auflistung mehrgeschossiger Holzbauten

Nr.	Projekt	Ort	N	Funktion	Jahr	Geschosse	Notiz
1	Schule	Triesenberg	FL	Schule	1994	5	HBV
2	Wohnanlage	Shaanwald	FL	Housing	1996	4	
3	Sonderschule	Buchegg	CH	Schule	1998	3	BSH
4	Siedlung	Arlesheim	CH	Housing	1999	2+1	BSH
5	Wohnanlage	Freiburg	DE	Housing	1999	4	HBV
6	Studentenwohnheim EPFL	Lausanne	CH	Housing	2004	4	Skeleton
7	7-Geschosser Wohnhaus	Berlin	DE	Housing	2008	7	Skeleton + HBV
8	Holzbausiedlung Hegianwandweg	Zürich	CH	Housing	2003	5	HBV
9	Kantonsschule Wil	Wil	CH	Schule	2004	2–4	Skeleton
10	Büro- und Gewebebau	Biel	CH	Mixture	2005	3	
11	Mehrfamilienhaus	Köniz	CH	Housing	2005	3+1	
12	Primarschulhaus mit Turnhalle	Ossingen	CH	Schule	2006	3	
13	Mehrfamilienhaus	Steinhausen	CH	Housing	2006	6	

14	Verwaltungs- und Wohngebäude	Bulle	CH	Mixture	2007	4	Massivholz
15	Sekundarschulhaus Seymaz	Genf	CH	Schule	2007	2	Skeleton
16	Green Offices	Givisiez	CH	Office	2007	3	Skeleton
17	Mehrfamilienhäuser Grosswil	Horw	CH	Housing	2007	3	
18	Support Office Marché International	Kemptthal	CH	Office	2007	3	Skeleton
19	Verwaltungsgebäude Swisshgenetics	Zollikofen	CH	Office	2007	3	BSH
20	Casa Montarina	Lugano	CH	Housing	2008	5	

Tabelle 7: Bauwerke im Bild, Abbildungen von [53]

		
1. Schule in Treisenberg	2. Housing in Schaanwald	3. Schule in Buchegg

		
4. Housing in Arlesheim	5. Freiburg am Breisgau	6. EPFL, Lausanne

		
7. Complex in Berlin	8. Hegianwandweg, ZR	9. Kantonsschule Wil

		
<p>10. Complex in Biel</p>	<p>11. Housing in Köniz</p>	<p>12. Schule in Ossingen</p>

		
<p>13. Steinhausen</p>	<p>14. Complex in Bulle</p>	<p>15. Schule in Genf</p>

		
<p>16. Office in Givisiez</p>	<p>17. Office in Kempththal</p>	<p>18. Housing in Horw</p>

		
19. Office in Zollikofen	20. Housing in Lugano	

## 10.4.2 Repräsentative Holzgebäude

### 10.4.2.1 Siedlung in Arlesheim, Basel, CH

[26]

Das Konzept der nach aussen abgeschlossenen Wohnsiedlung übernimmt Geometrie und Erschliessung der einstigen Spinnerei. Die drei ältesten Bauten (Mühle, Fabrik und Kantine) sind erhalten. Der Bebauungsplan unterscheidet die Kernzone A und die Randzone B. Im Bereich A liegt die dichte Zellenstruktur der zweigeschossigen Holzreihenhäuser mit zusätzlichem Lukarnengeschoss. In der Zone B stehen die viergeschossigen Klinkerbauten mit Etagenwohnungen. Mit den bestehenden Bauten der einstigen Spinnerei schliessen sie die Siedlung gegen Strasse und Gewerbezone ab. Wichtigstes Ordnungselement ist der L-förmige Erschliessungsraum zwischen beiden Bereichen. Die vier rund 100 Meter langen Hauszeilen sind von der alten Fabrikstrasse her zugänglich. Die einzelnen Häuser sind ostseitig über einen Vorplatz erschlossen. Im Westen öffnen sich die Wohnzimmer auf private Gärten. Über dem transparenten Erdgeschoss liegt jeweils ein Obergeschoss mit zwei Zimmern und Bad. Ein Giebellukarne erstreckt sich beinahe über die gesamte Gebäudelänge. Sie dient zur Belichtung der einzelnen Treppenhäuser und enthält weitere, zweiseitig belichtete Zimmer.

Geplant wurden Häuser aus industriell und seriell hergestellten Massivholzelementen mit bauphysikalischen und architektonischen Eigenschaften des Massivbaus. Die Haustrennwände sind als mehrschichtige Holzkonstruktion gebaut: Tragende Schalen aus geschosshohen Elementen (sägerohe, genagelte Bretter 28 x 70 mm Tanne-Fichte), raumseitig verkleidet mit Gipskartonplatten, weiss gestrichen. Mit den Decken aus gehobelten, scharfkantigen Brettern (Tanne-Fichte, Länge 4.90 m, Querschnitt 28 x 150 mm) wird Rohbau zum Ausbau. Decken und Wände sind im Werk industriell mittels Nageltechnik ohne Verwendung von Leim und Behandlungsmitteln elementweise hergestellt. Die zu den Schotten senkrecht stehenden inneren, aussteifenden Scheiben bestehen aus beplankten Holz-Rahmenelementen. Die Bauten sind durch das additive Prinzip der Elemente und die engen Fugenabstände der Brettstapelelemente geprägt. Die Aussenhülle ist elementweise aus geschosshohen Douglasstäben (30 x 30 mm) auf Sperrholz vorgefertigt. Die Oberfläche

bleibt sägeroh und unbehandelt. Dieses additive Prinzip hilft beim Ausgleich der Bautoleranzen. Einzelne Teile lassen sich später nach Bedarf ersetzen.



Abb. 771: Arlesheim [53]



Abb. 772: Arlesheim [53]



Abb. 773: Außenansicht [26]



Abb. 774: Außenansicht [26]



Abb. 775: Innenraum [26]

#### 10.4.2.2 Kantonschule, Wil, CH [28]

Die Wahl des Baustoffes Holz beruht auf einer Vorentscheidung der Bauherrschaft. Davon ausgehend geschah die Gestaltung auf einer konstruierten Räumlichkeit. Die Verwendung von Holz sollte in der äusseren Form mit Ursprung im inneren Aufbau darstellen, und zwar sowohl in Bezug auf die konstruktive als auch auf die räumliche Ordnung.

Die neue Kantonsschule liegt am Stadtrand von Wil, inmitten einer zerstreuten, von Massenwohnungsbauten und Industrieansiedlungen dominierten Bebauung. Um dem Neubau einen eigenständigen Stellenwert zu geben, wurde eine prägnante Grossform konzipiert. Das Volumen ist ganz auf der Westseite des beinahe quadratischen Grundstücks plaziert. Dadurch entstand auf der Ankunftsseite ein weiter Vorplatz.

Die Gliederung in vier Holzbaustrakte mit Betonkernen an den Nahtstellen folgt aus brandschutztechnischen Überlegungen. Diese Ecktürme bilden die Brandabschnitte, enthalten Nassräume, Treppen, Installationsschächte und dienen gleichzeitig der Aussteifung der dazwischenliegenden Holzbauten. Sekundäre Brandabschnitte werden durch die Decken und Zwischenwände gebildet. Eine weitere Massnahme der Brandverhütung ist der Sprinklervollschutz, wobei ein Wasserabführkonzept umgesetzt wurde, um Wasserschäden möglichst zu vermeiden.

Basierend auf einer für die Holzbauweise typischen Rasterung wurden alle geforderten Räume in einem dreidimensionalen Gerüst eingenistet. Der gewählte Achsabstand der Raumtiefe beträgt 7.80 Meter, jener der Raumbreite 5.40 Meter. Ausgehend von diesen Massen und deren Halbierung oder Vervielfachung bilden sich alle Räume. Nichttragende Wände unterteilen die Flächenmasse der in den Längstrakten liegenden Schulräume in Sprüngen von 20 Quadratmetern. Die in den quergestellten Gebäudeteilen (Aula- und Sporttrakt) liegenden, spezielleren und grösseren Räume ordnen sich entlang demselben Grundmodul, allerdings mit vertauschtem Massverhältnis. Das System erlaubte es auch, die Module zusammenzuführen, indem partiell Stützen entfernt und die Spannweiten verdoppelt wurden. Die Masssprünge erfolgen sowohl im Grundriss als auch im Schnitt, wobei sich die Raumhöhen an der Geschossigkeit orientieren. So entstanden eingeschossige, zweigeschossige oder dreigeschossige Räume. Durch die Anordnung der grösseren Räume über den kleineren wurde das Weglassen von Stützen möglich.

Das primäre Tragsystem wird in allen Räumen angewendet. Es besteht aus Stützen, Unterzügen und darüberliegender Balkenlage. Das Prinzip gilt auch bei verlängerten Spannweiten wie zum Beispiel in der Sporthalle (27 Meter), wo jedoch anstelle der Balken Hohlkastenträger zum Einsatz kommen. Wände und Böden wurden in Schichten gebaut, in welche sowohl der Schallschutz als auch die Installationstechnik integriert wurden. Die Leitungsführungen erfolgt vertikal in den Korridorwänden - ausgehend von den umlaufenden Ringleitungen im Untergeschoss -, von wo sämtliche Räume über den Hohlbodenaufbau unsichtbar versorgt werden. Die durch die Installationen gegebene Distanz in den Hohlböden ist für den Schallschutz von Vorteil. Die über den Balkenlagen liegenden Sandwichelemente tragen die Überkonstruktionen, dazwischen eingefügte Gummilager erfüllen die schalltechnische Trennung.



Abb. 776: Kantonsschule, Wil [53]



Abb. 777: Außenansicht [53]



Abb. 778: Kantonsschule, Wil, Außenansicht [53]



Abb. 779: Innenansicht [28]



Abb. 780: Kantonsschule, Wil [28]



Abb. 781: Innenansicht [28]

#### 10.4.2.3 Mehrfamilienhaus am Finkenweg, Köniz, CH [29]

Der Neubau ist der erste viergeschossige Wohnbau in Holz des Kantons Bern. Südlich des Könizer Zentrums zeugt er vom erklärten Willen der Bauherrschaft, Nachhaltigkeit baulich umzusetzen, und der daraus folgenden Offenheit für den Baustoff Holz. Diese spiegelt sich formal ehrlich im Ausdruck des klar strukturierten Fassadenbilds.

Lokal ansässige Handwerker und Geschäftsleute sowie die Gemeinde Köniz gründeten 1944 die <Genossenschaft Wohnraum Köniz>, um einerseits Schwung ins lokale Gewerbe zu bringen und andererseits das Sozialwohnungsproblem zu lösen. Die Genossenschaft baute zu Ende des Zweiten Weltkrieges die umstehenden Häuser am Finkenweg mit 84 Wohnungen. Dabei war sie mit einkommensabhängigen Mietzinsen, mit der vollumfänglichen Investition der Gewinne in die Liegenschaften und dem statutarischen Ausschluss von spekulativen Geschäften wegweisend. Noch heute stellt sie mit den gleichen Statuten wie damals preisgünstige Wohnungen zur Verfügung.

Beste Voraussetzungen für das genossenschaftliche Bauen bot das südliche Blinzern-Quartier mit der familienfreundlichen Lage sowie der Nähe zur Schule, zum Kindergarten und zum Naherholungsgebiet Gurten.

Hier füllt das vierstöckige Mehrfamilienhaus eine Baulücke und orientiert sich in seiner Ausrichtung von Nordwesten nach Südosten am Bestand.

Die Bauherrschaft war von Holz als nachhaltigem, einheimischem und zugleich umweltverträglichem Rohstoff für Bau und Innenausbau von Beginn an überzeugt. Entsprechend wurde der Baukörper ab dem Untergeschoss als Holzbau realisiert und gibt sich von innen wie auch von außen als solcher zu erkennen. Einzig die Einstellhalle im Zentrum der Siedlung, die vom Neubau direkt zugänglich ist, die zwei Treppenhäuser mit einem rollstuhlgängigen Aufzug sowie die zwei nach Nordosten orientierten Eingangsbereiche sind in Beton ausgeführt.

Der Gebäudegrundriss ist über alle drei Vollgeschosse gleich organisiert: vier Wohnungen mit zweieinhalb bis viereinhalb Zimmern, eine Schicht an der Nordostfassade, die primär Bäder und Küchen umfasst, sowie eine Schicht an der Sonnenfassade mit den Schlafzimmern. Im Attikageschoss sind zwei Wohnungen mit Terrassen über das eine Treppenhaus erreichbar.

Das Haustechnikkonzept wurde für den Wohnungsbau in Holz zeitgemäß umgesetzt, wodurch das Gebäude schließlich auch mit dem Minergielabel ausgezeichnet wurde. Dazu trugen die großzügig dimensionierte und mehrschichtige Dämmung, die Komfortlüftung und die Energie aus Sonnenkollektoren zur Aufbereitung des Warmwassers bei. Die primäre Energiegewinnung erfolgt über einen bestehenden Nahwärmeverbund.

Als einem der ersten viergeschossigen Wohnbauten im Kanton Bern liegt dem Projekt ein objektspezifisches Brandschutzkonzept mit rein baulichen Maßnahmen zugrunde. So sind das Tragwerk und die Brandabschnitte auf 30 Minuten Feuerwiderstand ausgelegt; die Treppenhäuser und der Eingangsbereich im Erdgeschoss bestehen aus Beton. Für die Außen- und Innenwände kam die Holzrahmenbauweise zur Anwendung. Brettstapелеlemente bilden das Tragwerk der Decken, Kastenelemente dasjenige der Terrassen und des Daches. Entsprechend der Bauweise mit dem hohen Vorfertigungsgrad war eine Montage innerhalb von nur gerade drei Wochen möglich.

Die Bauherrschaft schätzt den Neubau, denn die zugrundeliegenden Konzepte gewährleisten gute Werterhaltung, tiefe Unterhaltskosten und einen niedrigen Energieverbrauch, aber auch hohe Bewohnerzufriedenheit und somit eine geringe Mieterfluktuation. Die Erstvermietung erwies sich als äusserst einfach, und die Chancen für eine Wiedervermietung stehen damit gut.



Abb. 782: Außenansicht [53]



Abb. 783: Außenansicht [29]

#### 10.4.2.4 Sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus, Steinhausen, CH

[29]

Im zugerischen Steinhausen, in unmittelbarer Nähe zum Dorfkern und einem Gebiet mit unterschiedlichen Mehrfamilienhäusern, entstand ab August 2005 im Auftrag einer privaten Bauherrschaft ein sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus im Holzsystembau mit Platz für zwei Gewerbe- und neue Wohneinheiten. Als Generalunternehmung für diese Schweizer Premiere trat eine national führende Holzbaufirma auf.

Da das Gebäude eine Sonderstellung im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus einnimmt, war es naheliegend, dass sich das Konstruktionsmaterial Holz in der Fassade zeigt, auch wenn das im Kontext der umliegenden, durchwegs verputzten Gebäude nicht das selbstverständlichste ist. Die Fensteröffnungen liegen übereinander und vermitteln den Eindruck einer klaren Struktur. Das vertikale Muster ergibt sich aus dem Tragwerk, da die vertikale Lastabtragung in dieser Dimension des Holzbaus eine große Disziplin verlangt. Die notwendigen Brandschutzmaßnahmen führen in der Fassade zu einem die Vertikale unterteilenden Ornament, das nicht auf der Höhe der Geschosdecken, sondern jeweils in der Mitte der einzelnen Stockwerke liegt. Das für die Fassade verwendete rötliche Zedernholz führt zusammen mit den anthrazitfarbenen Fenstern und Balkon-Eternitplatten zu einem kontrastreichen, aber harmonischen Zusammenspiel der Farben und Materialien.

Im Untergeschoss befinden sich Keller, Technikräume und Garagen. Das Erdgeschoss stellt zwei Einheiten zur Nutzung als Büro- oder Gewerberäume zur Verfügung. In den Obergeschossen reagiert der Grundriss auf die beiden primären Orientierungen und bietet zwei verschiedene Wohnungstypen an: eine grössere Einheit (166 m<sup>2</sup>) mit dem Wohnraum gegen Süden und eine kleinere (149 m<sup>2</sup>), welche mit den Haupträumen gegen Westen blickt. Die meisten Zimmer der beiden Varianten geniessen Morgensonne. Jede Wohnung verfügt über einen grossen, teilweise eingezogenen Aussenraum, der die Ausrichtung verdeutlicht. Das <Haus auf dem Dach> ist ganz spezifisch auf die Wünsche und die Vorstellungen der Bauherrschaft ausgerichtet, bietet spannende räumliche Bezüge und differenzierte Ausblicke in die Landschaft und verspricht somit ein spektakuläres Wohnerlebnis. Alle Räume sind überhöht: die Gewerberäume im Erdgeschoss 2.97 m, die Vollgeschosse 2.57 m und das Attikageschoss 2.75 m. Zusammen mit der grosszügigen Tageslichtnutzung und dem Einsatz von ausschliesslich schadstofffreien Innenmaterialien wird so dem Bedürfnis nach gesundem, behaglichem Wohnklima Ausdruck verliehen.

Mit dem Energiebewusstsein der Bauherrschaft als auch der maßgeblichen Planer war das Einhalten der Minergiestandards reine Formsache, aber auch Gewähr dafür, dass das Gebäude nach Jahren noch dem Stand der Technik entsprechen wird. Mit hochwärmedämmenden, opaken Bauteilen, dreifach verglasten Fenstern und einem konsequent umgesetzten Haustechnikkonzept wird dieser Energie- und Komfortstandard erreicht. Die Energiegewinnung wird von 72 Erdwärmekörpern gewährleistet. Eine Wasser-Sole-Wärmepumpe arbeitet gleitend auf einen Pufferwärmespeicher. Die Vorlauftemperatur wird witterungs- und lastabhängig gesteuert. Vom Technikraum im Untergeschoss führen die Wärmeverteilungen auf die einzelnen Wohnungsverteiler für die Fußbodenheizungen. Alle Wohn- und Schlafräume verfügen über eine Einzelraumregelung. Zusätzlich kann mittels eines digitalen Raumgerätes jede Wohnung als Separate Zone geregelt werden. Mit demselben System kann eine leichte Kühlung der Räumlichkeiten realisiert werden. Als Schnittstelle ist ein zusätzlicher Wärmetauscher eingebaut, welcher die von der

Fußbodenheizung aufgenommene Wärme an die Soleflüssigkeit der Energiekörbe abgibt. Gleichzeitig wird über elektrische Rafflamellenstore die Nutzung der Sonneneinwirkung bei den Fenstern reguliert.

Jede einzelne Wohn- und Gewerbeeinheit ist mit einem Kompaktlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung und Feinstaubfilter ausgestattet. Die Fassung der Aussenluft erfolgt über das Dach. Das Lüftungsgerät, die Schalldämpfer und weitere Systemteile haben ihren Platz in einem Hochschrank, der sich jeweils im Eingangsbereich der Einheiten befindet. Die Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert den Lüftungswärmeverlust um etwa einen Drittel, womit bei korrektem Nutzerverhalten ein effektiver Heizwärmebedarf von noch 20 kWh/m<sup>2</sup> erreicht wird.

Nicht nur beim Energie- und Haustechnikkonzept, sondern auch beim Schallschutz wurden beste Standards gewünscht. So orientierte man sich bei der Planung an den erhöhten Anforderungen gemäß der erst später erscheinenden Norm SIA 181 (Ausgabe 2006). Eine ideale Grundrisskonzeption war die Basis für einen guten Schallschutz: Der Erschließungskern trennt die beiden Wohnungen voneinander ab und bietet links und rechts vom Liftschacht auch eine großzügige vertikale Erschließungszone für die Haustechnik. Durch die schalltechnische Entkoppelung des Holzhaus vom Erschließungskern in Stahlbeton sollen auch Luft- und Trittschallübertragungen vom Treppenhaus in die Wohnungen reduziert und die in die Wohnungen abgestrahlten Liftgeräusche minimiert werden. Die abschließende Qualitätsüberprüfung mittels Messungen am Bau bestätigte die gewählte konstruktive Umsetzung: Die erhöhten Anforderungen wurden teils deutlich übertroffen, und Geräuscheinwirkungen aus dem Treppenhaus und vom Lift waren weder subjektiv noch messtechnisch ermittelbar.

Basierend auf einem baulichen Brandschutzkonzept wurde der sechsgeschossige Holzbau gemäß der Qualitätssicherungsstufe Q4 umgesetzt. Das Untergeschoss mit der Decke darüber, der Gemeinschaftsraum und die Eingangspartie im Erdgeschoss sowie der ganze Treppenhausturm sind in Massivbauweise ausgeführt. Ab hier wurde die gesamte Konstruktion aus vorgefertigten Elementen in Holz erstellt. Eine gezielte Raumgestaltung ermöglichte zudem die Anordnung der tragenden Innenwände übereinander. In den Innen- und Außenwänden sind lastabtragende Stützen mit Querschnitten bis maximal 160 x 380 mm integriert. Bei den Geschossübergängen erfolgt die setzungsfreie Lastübertragung über Stirnholzverbindungen oder über in den Decken integrierte, stehende Hölzer.

Durch den asymmetrischen Grundriss des Mehrfamilienhauses und infolge der in grossen Mengen verwendeten Materialien lasten auf einzelnen Elementen in den unteren Geschossen enorme Kräfte. Betroffene Wände wurden deshalb mit stahlverstärkten Massivholzplatten gefertigt.

Die Stabilität des Gebäudes gewährleisten aussteifende Wände des Massivbaus und des Holzhaus, wobei sich die Beplankung der Holzbauwände nach der Beanspruchung richtet und davon abhängig mit OSB oder Dreischichtplatten ausgeführt wurde. In den untersten zwei Geschossen übernehmen die sieben- und fünfschichtigen Massivholzplatten mit bis zu 200 mm Dicke diese Funktion. Kastenträger als Tragwerk der Geschossdecken und des Attikadaches reichen mit einer Länge von maximal 13.5 m über das ganze Gebäude. Im Bereich der Attikaterrassen kamen Brettstapelelemente zum Einsatz. So konnte eine flächige

Wärmedämmung auf die Tragsysteme aufgebracht werden, ohne die Aufbauhöhen der Decken im Übergang von innen nach außen zu ändern.



Abb. 784: Außenansicht Steinhausen [53]



Abb. 785: Außenansicht [53]



Abb. 786: Außenansicht [53]



Abb. 787: Außenansicht Steinhausen [29]

#### 10.4.2.5 Casa Montarina, Lugano, CH [30]

In einem bukolischen Tälchen gelegen, jedoch ganz in der Nähe des Stadtzentrums von Lugano, befindet sich der erste sechsgeschossige Holzbau der Südschweiz. Dies ist allerdings nicht die einzige Besonderheit dieser Liegenschaft, deren Bauherr, der gleichzeitig auch der Architekt war, sich ein innovatives und wirtschaftliches Objekt wünschte. Sowohl hinsichtlich der Baumaterialien als auch der Gebäudenutzung wurde den energetischen Belangen derart großes Augenmerk geschenkt, dass der Bau schließlich das Label Minergie-Eco zugesprochen erhielt.

Dem Architekten war es ein Anliegen, ein Bauwerk zu schaffen, welches einerseits die Vorteile von Einfamilienhäusern besitzt. Andererseits sollte angesichts der städtischen Umgebung trotzdem eine erhöhte Verdichtung stattfinden. So umfasst der Bau vier Triplex-

Wohnungen mit je 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Zimmer und mit Wohnflächen von 150 m<sup>2</sup>. Die Einheiten sind durch eine zentrale Symmetrieachse voneinander abgetrennt. Das Gebäude ist zu einem Teil nach Osten in Richtung Stadtzentrum ausgerichtet, zu einem größeren Teil jedoch nach Westen in Richtung des grünen Val Tassino. Dank seiner Hanglage ist der Zugang von den nördlichen Nachbarliegenschaften her einfach möglich. Jede Wohneinheit besitzt einen eigenen Eingang, was den individuellen Charakter der Wohnungen unterstreicht.

Die beiden Wohnungen im oberen Teil verfügen über Balkone und großzügige Dachräume, die im unteren Teil dagegen haben je einen großen Gartensitzplatz. Die Grundrisse sind um die zentralen Nasszellen herum angeordnet und bezüglich der Raumaufteilung flexibel

Das Gebäude besteht vollständig aus Holz. Eine Besonderheit der „Casa Montarina“ liegt darin, dass die sechs Geschosse ohne massiven Erschließungskern realisierbar waren. Die Hanglage und die individuellen Zugänge zu den Wohnungen ermöglichten den Verzicht auf ein massives Treppenhaus. Jede Wohnung stellt für sich allein einen Brandabschnitt mit direktem Ausgang ins Freie dar.

Die Decken zwischen den Wohneinheiten bauen auf 220 mm hohen Kastenelementen auf, wodurch alle bauphysikalischen und statischen Anforderungen erfüllt werden können. Innerhalb der Wohnungen dagegen sind die Deckenelemente nur 140 mm hoch, dafür aber mit einem zusätzlichen Installationsraum versehen, in welchem insbesondere die kontrollierte Lüftung untergebracht ist. Diese horizontalen Träger liegen auf Metallwinkeln auf, welche ihrerseits in die Wände eingelassen sind ebenfalls die Funktion von Fensterstürzen haben.

Der Wunsch der Bauherrschaft nach möglichst großen Fenstern und nach versetzten Geschossen sowie der Wunsch des Ingenieurs nach übereinander liegenden Stabilisationswänden haben zur Entwicklung einer außergewöhnlichen Lösung geführt. Der konsequente Verzicht auf einen massiven Hauskern machte im Zentrum aussteifende Wände notwendig. Vervollständigt wird das Stabilisierungskonzept durch die Trennwände innerhalb der Wohnungen und die Deckenscheiben.

Die Geometrie des Baukörpers mit seinen Zwischengeschossen und Winkeln schafft vielfältige Blickpunkte und Interaktionen zwischen den einzelnen Geschossen und lässt die Sonne bis in die hintersten Zimmer vordringen. Die Fenster erstrecken sich über die ganze Geschosshöhe. Dadurch sind Sonneneinstrahlung und Ausblick maximal und bieten zusammen mit dem Standard Minergie-Eco höchsten Wohnkomfort.



Abb. 788: Außenansicht [53]



Abb. 789: Casa Montarina [53]



Abb.7890:Innenraum [30]



Abb. 791: Casa Montarina Innenraum [30]

#### **10.4.2.6 Neubau Primarschulhaus mit Turnhalle, Ossingen, CH** [31]

Die Inbetriebnahme der neuen Schulanlage ist das Resultat eines Prozesses, der im Jahr 2002 mit dem Gewinn des offenen Projektwettbewerbes seinen Anfang nahm. Nachdem das Neubauprojekt nach Abschluss des Wettbewerbs hinsichtlich Standort einer eingehenden Prüfung unterzogen worden waren, fiel der Entscheidung, am jetzigen Ort festzuhalten, womit die eigentliche Planungsphase beginnen konnte.

Die neue Primarschulanlage südlich der Guntibachstraße bildet durch Lage, Gliederung und Ausrichtung der Volumen und Außenräume das Gegenstück zur bestehenden Schulanlage Orenberg. Mit dem Neubau der Primarschule ist ein eigentliches Schulquartier entstanden, das durch den bestehenden Kindergarten und die neue Bibliothek ergänzt wird. Die Umwandlung und Aufwertung der Guntibachstraße zur Begegnungszone ermöglichte die Schaffung eines fußgänger- und kinderfreundlichen Areals.

Pausenplatz und Hauptzugang des neuen Primarschulhauses öffnen sich auf diese Zone der Begegnung. Sitzbänke und in einigen Jahren schattenspendende Bäume gliedern den Pausenbereich. Ein Velounterstand fasst den Außenraum und schafft Distanz zum Kindergarten. Ausgehend vom Pausenplatz, vorbei an Kulturhof, Spielplatz und Spielwiese, führt ein Weg zu den Parkplätzen am südlichen Rand des Schulhausareals.

Das Erdgeschoss des Schulhauses wird über einen gedeckten Pausenbereich betreten. Ein großzügiges, lichtdurchflutetes Foyer erschließt den Sing- und Mehrzwecksaal sowie die Bibliothek. Diese auch außerhalb des Schulbetriebs genutzten Räume können mittels Schiebetor von übrigen Schulhaus abgetrennt werden. Sie orientieren sich nach Süden auf den vielfältig nutzbaren Kulturhof, der durch ein langes Sitzelement und eine Baumreihe

gefasst wird. Der Lehrerbereich und das Sekretariat mit Schulleitung ergänzen die Nutzung des Erdgeschosses.

Aus dem Foyer führt eine Treppe kaskadenartig ins Untergeschoss zu Turnhalle und zugehörigen Nebenräumen. Dieses Geschoss kann auch über einen separaten Zugang betreten werden. Im Obergeschoss und im Dachgeschoss sind südseitig hinter einer schattenspendenden Balkonschicht die Klassenzimmer und an der Nordseite die Gruppenräume angeordnet. Die Klassenzimmer öffnen sich auf den vor dem Schulhaus liegenden Grünraum und lassen den Blick in die Ferne schweifen. Im Gegensatz dazu orientieren sich die Gruppenräume auf die neue Begegnungszone. Nach außen wirken sie wie große Schaufenster, die der Umwelt einen Einblick in den Schulalltag erlauben.

Alle Bauteile im Bereich der Klassenzimmer wurden in Holzelementbauweise erstellt. Treppenhaus, Untergeschoss und Erschließungszonen sind massiv, mehrheitlich in Sichtbeton ausgeführt. Eine hinterlüftete Fassadenbekleidung aus Weißtanne, mit einer Vorbewitterungslasur behandelt, umhüllt den neuen Gebäudekörper.

Der Neubau ist an das bestehende Fernwärmenetz angeschlossen. Alle Räume sind natürlich belüftet, der Sing- und Mehrzwecksaal sowie die Garderoben der Turnhalle sind zusätzlich mit einer mechanischen Lüftung sind alle Räume behindertengerecht erschlossen.



Abb. 792: Primarschulhaus Außenansicht [53]



Abb. 793: Primarschulhaus [53]



Abb. 794: Außenansicht [31]



Abb. 795: Innenansicht [31]

#### **10.4.2.7 Sekundarschulhaus Seymaz, CheneChêne-Bourg, CH**

[31]

Wo sich früher Gärten und Obstbäume befanden, steht heute das neue Sekundarschulhaus mit Platz für rund 650 Schülerinnen und Schüler. Das Gebäude liegt am Rand der städtischen Zone und ist das größte Schulhaus aus Holz in unserem Land. Trotzdem fügt es sich dank seiner Kompaktheit und seiner geringen Höhe diskret in die Landschaft ein.

Das zweigeschossige Schulhaus erhebt sich auf einer quadratischen Grundfläche von 112 x 112 m. Dieses Gebäudevolumen wird von insgesamt sieben Innenhöfen belebt und beherbergt unter einem einzigen Dach alle für den Schulbetrieb und das dazugehörige soziale Leben benötigten Räume.

Die Klassenzimmer liegen im Obergeschoss auf dem Gebäudeumgang und orientieren sich auf die Umgebung. Unterrichtsräume, die mehr Intimität benötigen, sind gegen die Innenhöfe hin angelegt. Im Erdgeschoss befinden sich die großzügige Eingangshalle, die Verwaltungsräume, die Aula, der Konferenzraum sowie die Mensa und - aus Lärmgründen etwas abgelegen - Musikzimmer und Werkstatt. Drei vom Erdgeschoss her einsehbare Turnhallen wurden zur Hälfte ins Untergeschoss verlegt. Sie sind von außen direkt zugänglich.

Mit Ausnahme der Betonkerne, welche die sanitären Einrichtungen beherbergen, besteht das Gebäude vollständig aus Holz. Die Stabilität des Baus wird einerseits von diesen Betonkernen, andererseits von den 160 mm starken Holzwänden sichergestellt, welche die Klassenzimmer von den Gebäuden trennen; sie sind aus mehrschichtigen Massivholzplatten aufgebaut. Außer einer leicht pigmentierten Lasur erhielten diese Platten keine weitere Oberflächenbehandlung oder zusätzliche Bekleidung. Da die zur Verfügung stehende Raumhöhe ausreichend war, besteht die Deckenkonstruktion aus Balkenlagen. Zur Reduktion der Schwingungsanfälligkeit und zur Verbesserung der Schalldämmung wurde die ganze Deckenfläche mit Betonplatten beschwert. Die tragende Fassadestruktur besteht aus Holzstützen in einem Raster von 1.3 m Abstand. Sie laufen über beide Stockwerke durch. Das relativ einfache und repetitive Tragsystem ermöglichte eine Vorfabrikation der einzelnen Elemente. Dadurch ließ sich die Gesamtbauzeit auf zwei Jahre verkürzen.

Die Gebäudehülle bilden Fassaden aus Glas und Metall und einem integrierten Sonnenschutz. Sie bewahrt das darunter liegende Holz optimal vor der Witterung. Ein Lüftungssystem aus Glaslamellen und ständigen Gebäudeöffnungen sorgt zudem dafür, dass man sich im Gebäude auch im Sommer wohl fühlt.

Nebst der Verwendung von Holz als Baustoff wurden beim Bau auch noch weitere Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Das nicht unterkellerte Gebäude liegt direkt auf der Bodenplatte aus Beton, wodurch sich die Erdbewegungen auf ein Minimum reduzieren ließen. Die Dachbegrünung schafft wieder ein Stück Natur.



Abb. 796: Außenansicht [31]



Abb. 797: Sekundarschulhaus Innenansicht [31]



Abb. 798: Innenraum [31]



Abb. 799: Innenraum [31]

#### 10.4.2.8 Verwaltungs- und Wohngebäude Sagérime SA, Bulle, CH [32]

Wer würde beim Anblick des neuen Verwaltungs- und Wohngebäudes an der Zufahrtsstraße zum Industriegebiet von Bulle ahnen, dass sich hinter der Metallfassade ein Kern aus Holz verbirgt? Und doch war es für den Bauherrn, den Besitzer einer der größten Sägereien unseres Landes, die natürlichste Sache der Welt, unter diesem äußeren Erscheinungsbild eines modernen Gebäudes die Möglichkeiten des Massivholzbaus hervorzuheben.

Das viergeschossige Gebäude am Stadtrand beherbergt die Verwaltungen von mehreren Firmen aus verwandten Branchen, welche bisher über die ganze Stadt verstreut waren. Dadurch ergaben sich zwei Vorteile: Die Nutzung von Synergien unter den Verwaltungseinheiten und deren Nähe zur Produktion.

Das viergeschossige Volumen baut auf einem Betonsockel auf. Die unteren drei Etagen werden als Büroräumlichkeiten genutzt, das oberste Geschoss dient dem Wohnen. Bis auf einen Kern in Beton, der an der Nordfassade angeordnet ist und das Treppenhaus, den Aufzugsschacht sowie die Nasszellen umfasst, ist das Gebäude vollständig aus Holz gebaut.

Die vertikale Tragstruktur wird von vier über die gesamte Gebäudelänge verlaufenden Wandscheiben gebildet, welche aus kleinformatigeren Massivholzplatten bestehen, die am oberen Ende mit einem Unterzug in Brettschichtholz gekoppelt sind. Diese Scheiben stehen in jedem Geschoss genau übereinander. Die Massivholzplatten werden dann über mit Harz eingegossene Metallanker im Unterzug auf Druck und Zug verankert. Auf der Südseite sind

die zwei mittleren Scheiben mit einem Andreaskreuz ausgefacht. Zusammen mit dem massiven nördlichen Kern ergibt sich die Gesamtstabilisierung des Gebäudes.

Dank modernsten Holzbearbeitungstechnologien konnte wieder an traditionelle Verbindungen angeknüpft werden. So sind die Geschossdecken, welche aus 400 mm breiten Massivholzelementen bestehen, mittels eines Systems aus kreisförmigen Schwalbenschwanz-Verbindungen mit den Unterzügen der Wandscheiben verbunden. Die Massivholzelemente der Geschossdecken sind oben mit OSB beplankt, worüber der Bodenaufbau mit Fußbodenheizung aufgebracht wurde.

Um mehr Freiheit bei der Dimensionierung der Bauteile zu haben, wurde bezüglich des Brandschutzes das Standardkonzept mit Sprinkler gewählt. Die Leitungsführung für dieses Sprinklersystem ist ebenfalls im Bodenaufbau integriert.

Im Inneren der Büroräume erzeugt das Holz goldfarbene Widerspiegelungen, welche in einem spannenden Kontrast zu den anthrazitfarbenen Teppichen stehen. In den Wohnräumen sorgen schwimmende Parkettböden für eine raffinierte Raumnote. Eine zusätzliche Dynamik entsteht durch das rote Geländer der Innentreppe zwischen dem ersten und dem zweiten Geschoss.

Die Fassade zeigt grosse, regelmässig angeordnete Fensteröffnungen. Lediglich im obersten Geschoss ist diese Gleichmässigkeit zugunsten von zwei Loggien auf der Südseite modifiziert worden. Die hinterlüftete Fassadenbekleidung besteht aus einer Schalung, welche von 0.8 mm dicken Platten aus rostfreiem Stahl bedeckt ist. Diese Lösung schützt das darunter liegende Holz optimal, widerspiegelt die Wetterbedingungen je nach Jahreszeit ganz unterschiedlich und verleiht dem Bauwerk den Hauch eines städtischen Hochhauses als Zukunftsvision.



Abb. 800: Außenansicht [53]



Abb. 801: Außenansicht [53]



Abb. 802: Innenraum [32]



Abb. 803: Innenraum [32]

#### **10.4.2.9 Verwaltungsgebäude Swisshgenetics, Zollikofen, CH**

[32]

Swisshgenetics ist ein international erfolgreiches Dienstleistungs- und Produktionsunternehmen in der Rindviehzucht. Die Firma kombiniert Innovation und Tradition in der Landwirtschaft auf ganz besondere Weise. Für ihren neuen Hauptsitz in Zollikofen waren nebst 60 Arbeitsplätzen für die Verwaltung auch Räumlichkeiten für die Lagerung und den Vertrieb des Samengutes zu realisieren.

Das Räumprogramm der Verwaltung ist im dreigeschossigen Hauptgebäude organisiert. Das Lager mit den Stickstofftanks und die Überdeckung der Einstellhalleneinfahrt sind als eingeschossige, geschlossene und zenital belichtete Baukörper konzipiert. Alle Baukörper zusammen bilden einen gegen Westen offenen Vorplatz mit dem Hauptzugang.

Anstelle der traditionellen Büroorganisation mit einzel- und Gruppenbüros entschied sich Swisshgenetics für eine offene Raum- und Bürostruktur, welche unter den Mitarbeitenden das Zusammenwirken, die Kommunikation und das Verständnis als Team fördert. Die Gliederung in verschiedene Bereiche erfährt die offene Raumstruktur durch die beiden Treppenhauskerne und den dreigeschossigen Lichthof. Im Erdgeschoss befinden sich der Empfang, die Cafeteria, der grosse Meetingraum sowie die Lagereinrichtungen. Die beiden Obergeschosse werden als Büroräume der verschiedenen Abteilungen genutzt.

Die Fensterfronten beider Längsfassaden sind in einem Pfosten-Riegel-System mit Dreifach-Isolierverglasung ausgeführt. Rafflamellenstoren ermöglichen die außenliegende Beschattung. Entlang dieser Fensterfronten sind Bodenkanäle angeordnet, in welchen Heizungskonvektoren und Lüftungsauslässe integriert sind. Das im Minergie-Standard ausgeführte Bauwerk wird mit einer Wärmepumpe und acht Erdsonden beheizt. Zudem ist es mit einer kontrollierten Lüftung und einer automatischen Gebäudesteuerung ausgerüstet.

Die Verwendung von einheimischem Holz als primäres Baumaterial war für die Bauherrschaft ein zentrales Anliegen und steht für die Nähe der Unternehmung zu Natur und Landwirtschaft. So wurde das dreigeschossige Gebäudevolumen als Holzbau realisiert, einzig das Untergeschoss und die Erschließungskerne sind in Beton ausgebildet.

Der praktisch absatzlose Übergang von Bodenfläche respektive Deckenunterseite zu den Fensterflächen, die vollflächige Verglasung der Längsfassaden sowie das Fehlen von Trennwänden lassen die Geschossdecken zu multifunktionalen Bauteilen werden. Diese sind als Holz-Beton-Verbundelemente ausgeführt, wobei der Bereich der Brettstapel regelmäßig zugunsten von Schallabsorptionselementen unterbrochen ist. Über der Rohdecke ist eine Hohlbodenkonstruktion aufgebracht, um den notwendigen Raum für Installationen zu schaffen. Vier Reihen von Stahlstützen verkürzen die Spannweite der Deckenelemente auf maximal 6.6 m.

Die raumakustisch wirksam ausgebildeten Geschossdecken in Holz und die Brüstungselemente des Lichthofes sorgen für eine ausgewogene Raumakustik in der offenen Bürostruktur, was zusammen mit dem Minergie-Standard für ein gutes Arbeitsklima sorgt.



Abb. 804: Außenansicht [53]



Abb. 805: Verwaltungsgebäude Swissgenetics [53]



Abb. 806: Mnergielabel [53]



Abb. 807: Innenansicht [32]

#### 10.4.2.10 Green Offices, Givisiez, CH [32]

In der Gemeinde Giviseiz, vor den Toren der Stadt Freiburg, steht das erste mit dem Label Minergie-P-Eco zertifizierte Bürogebäude der Schweiz. Der Bauherr, der gleichzeitig auch Architekt ist, setzte bei dem nach außen eher nüchtern wirkenden Gebäude nichts anderes um als die Grundsätze seiner Arbeit: Es orientiert sich hinsichtlich Bau und Betrieb umfassend am Prinzip der Nachhaltigkeit.

Der Neubau ist eine Ausnahmeerscheinung an der Rue Jean Prouvé in Givisiez. Hier reihen sich Gewerbebauten aus Blech und Stahl; den Hintergrund bilden mächtige, Hunderte Meter lange Wohnblöcke. So erscheint der neue Kubus mit seinem quadratischen Grundriss, der grauen, nüchternen Hülle und den hellen, leuchtenden Sonnenschutzblenden wie eine Oase. Das Fassadenbild lebt vom Wechselspiel zwischen ausgefüllten und leeren Flächen. Dadurch wirkt es nicht eintönig, sondern erhält einen dynamischen Charakter. Die flächig wirkende, homogene Fassadenbekleidung besteht aus einer Vertikalschalung in Tanne, welche unter Einwirkung von Pilzen, Sonne und Wasser auf natürliche Art vorvergraut wurde.

Das Innere des Bürobaus ist von Farbe, natürlich belassenen Materialien und Licht geprägt. Das zentrale Treppenhaus strukturiert die Grundrisse. Das großzügige Oberlicht verleiht ihm den Charakter eines Lichtschachtes und erlaubt eine Optimierung der natürlichen Beleuchtung. Um das Treppenhaus sind die Büroräume in den oberen Geschossen angeordnet. Das Erdgeschoss beherbergt die Cafeteria, welche sich bei Bedarf in einen Tagungsraum umwandeln lässt. Die Kombination der tonfarbenen verputzten Wände mit den weiß gestrichenen Decken erzeugt eine angenehme Atmosphäre. Rohe Backsteinmauern unterteilen den Raum und erhöhen die thermische Trägheit des Gebäudes.

Die drei Geschosse über dem massiven Untergeschoss sind mehrheitlich in Holz aufgebaut. Die tragenden Außenwände wurden in Holzrahmenbauweise erstellt. Die innere, primäre Tragstruktur besteht aus einem Stützenraster von 6 x 6 m mit Unterzügen. Dazwischen sind die Balkenlagen für die Geschosdecken eingehängt, auf Wunsch in wechselnder Ausrichtung. Direkt darauf sind die Betonplatten befestigt. Für das Dach und die Decke über dem Untergeschoss kamen vorgefertigte Kastelemente zum Einsatz.

Da der ökologische Anspruch immer im Vordergrund stand, wirkte dieser Aspekt bei der gesamten Materialisierung mit. So wurden für die Dämmung des Daches und der Decke über dem Untergeschoss Zellulosefasern gewählt und für die Außenwände Holzfaserdämmplatten.

In derselben Konsequenz ist die Haustechnik umgesetzt. Das Regenwasser wird gesammelt und zum Händewaschen und Geschirrspülen verwendet. In den Trockentoiletten ersetzen Holzschnitzel die Wasserspülung. Das Warmwasser wird von Solarkollektoren erzeugt. Die Vorwärmung der Lüftungsluft im Winter erfolgt über einen kleinen Erdwärmetauscher, welcher im Sommer auch zur Kühlung dient. Für Zeiten großer Kälte steht eine Pelletheizung zur Verfügung.

Die gesamten Büroräumlichkeiten fanden innert kürzester Zeit Mieter, zumeist in Form von ebenfalls ökologisch sensibilisierten Firmen. Dieser Erfolg bestätigt den Bauherrn und Architekten, der eine große Nachfrage nach Gebäuden sieht, welche auf intelligente Art und Weise ökologische und ökonomische Kriterien in Einklang zu bringen vermögen.



Abb. 808: Green Offices, Außenansicht [53]



Abb. 809: Außenansicht [53]



Abb. 810: Innenraum [32]



Abb. 811: Innenraum [32]

#### 10.4.2.11 Support Office Marché International, Kempththal, CH [32]

Der Standort für den neuen Verwaltungsbau wurde direkt neben dem Marché-Restaurant der Autobahnraststätte Kempththal gewählt. Dadurch haben die Mitarbeiter des Support Office stets den direkten Bezug zum Alltag ihrer Restaurants. Entstanden ist ein Gebäude, welches die strategischen Werte von Marché International widerspiegelt „Natürlichkeit“ und „Umweltfreundlichkeit“.

Der Bau ist ein schlichter, dreigeschossiger Körper mit einer Fassadenbekleidung in Lärche. Der hervortretende Eingangskubus mit den schwarzen Holzwerkstoffplatten erscheint später als Regenwasserrückhaltebecken.

Im Eingangsbaukörper befinden sich das Café, die Entsorgungsstation und drei Studios für übernachtende Besucher. Die Büroflächen sind auf allen Geschossen flexibel in Gruppenbüros unterteilbar. Die offene und transparente Einteilung sorgt für eine kommunikative Arbeitsatmosphäre. Von über der Hälfte der fünfzig Arbeitsplätze besteht ein direkter Ausgang auf den Balkon der Südseite. Der nördliche Bereich der Büroflächen wird für Sitzungszimmer, Nebenräume, einige wenige Einzelbüros und die Lagerung von Dokumenten beansprucht.

Das Gebäude wurde mit Ausnahme der beiden betonierten Treppenhäuser komplett in einer vorgefertigten Massivholzplattenbauweise erstellt. Dies erlaubt nebst der präzisen Ausführung auch eine starke Verkürzung der Bauzeit, denn der Bezug musste nach nur zwölf Monat ab Beginn der Planung erfolgen.

Aus ökologischen Gründen wurde auf eine Unterkellerung verzichtet. Zwei Treppenhäuser in Beton sind selbständig stehende Baukörper ohne Kontakt zur Holzkonstruktion, die ihrerseits auf Streifenfundamenten ruht.

Die Nord- und Querfassaden stabilisieren das Gebäude und tragen mit den acht mal zwei Stützen mit dem Querschnitt 450 x 450 mm in einem Achsabstand von 4 m die Lasten ab. Die Geschossdecken sind als Kastenelemente ausgebildet.

Die Technikzentrale liegt über dem Treppenhaus im Dachgeschoss. Hier erfolgt die horizontale Verteilung für Lüftung, Heizung, Strom und Datennetzwerke. Die vertikale Verteilung geschieht über Aussparungen in der Nordfassade und innerhalb der Stützenquerschnitte.

Dem Projekt liegt ein passiv-solares Gebäudekonzept zu Grunde. Eine verglaste Südfassade lässt die Sonneneinstrahlung maximal nutzen. Durchlaufende Balkone und Stoffstoren beschatten die Fassade und schützen vor Überhitzung. Die Hälfte der Südfassade ist mit opaken und mit Salzhydrat gefüllten Scheiben verglast, welche die Sonnenwärme speichern und zeitlich verzögert dem Raum abgeben. Die übrigen Fassaden weisen eine dicke Wärmedämmung ohne konstruktive Schwachstellen auf und minimieren so die Wärmeverluste des Gebäudes. Eine innovative Gebäudetechnik mit einer Erdsonden-Wärmepumpe und kontrollierter Lüftung mit Wärmerückgewinnung ergänzt die Gebäudehülle. Der Energieverbrauch für Heizung, Lüftung und Warmwasser liegt so bei 18000 kWh/a. Das exakt gegen Süden ausgerichtete und 12° geneigte Pultdach ist vollflächig mit Photovoltaikpaneelen belegt. Die anthrazitfarbenen Solarmodule bilden eine geschuppte Dachhaut, so dass keine weitere Eindeckung erforderlich war. Bei der installierten Leistung der Photovoltaikanlage kann mit einer jährlichen Stromproduktion von 40000 kWh gerechnet werden, was zur Deckung des Energiebedarfs für die ganze Gebäudetechnik und den Bürobetrieb reicht. Zur vollen Ausschöpfung des Potentials ist die Anlage netzgekoppelt und wird vom Elektrizitätswerk des Kantons Zürich EKZ betrieben.

Der Innenausbau ist ganz schlicht und ohne Bekleidungen ausgeführt. So sind zum Beispiel die tragenden Dreischichtplatten aller Bauteile sichtbar belassen. Auf jedem Geschoss reguliert eine 12 m<sup>2</sup> große Hydrokultur die Luftfeuchtigkeit und bildet zugleich ein beruhigendes, natürliches Gestaltungselement.

Die schlichten Büromöbel aus Schweizer Buchensperrholz sind speziell für diesen Bau entworfen und durch Schweizer Schreiner angefertigt worden. Die Rückwände der Schränke und Bücherwände sind als Schallabsorber ausgebildet, ähnlich wie einige wenige Trennwände. Zusammen mit dem blendfreien Licht, welches die opake Südverglasung erzeugt, entstehen angenehme Bedingungen für die Arbeitsplätze der Mitarbeitenden.

Die Fundamente und Treppenhäuser sind mit Recyclingbeton erstellt, der Holzbau besteht ausschließlich aus einheimischen Nadelhölzern ohne chemischen Holzschutz. Die Wärmedämmung ist zu 80% aus Altglas hergestellt.

Die Life Cycle Analysis nach der Methode von Ecoindicator zeigt, dass dieses Gebäude insgesamt etwa ein Drittel der Energie eines konventionellen Gebäudes benötigt. Dabei ist der ganze Stofffluss von der Produktion der Baumaterialien über die Erstellung des Gebäudes, den Energieverbrauch während einer angenommenen Lebensdauer von 50 Jahren (Dauer des Baurechtes mit dem Grundstückseigentümer) und den Abbruch des Gebäudes inklusive der Entsorgung berücksichtigt worden.

Das erste Bürogebäude der Schweiz mit einer Nullenergiebilanz ist nach Minergie-P-Eco zertifiziert und zeigt, dass ökonomische Repräsentationsobjekte entstehen, wenn die Parameter Nachhaltigkeit, Ökobilanzierung und Energieverbrauch von Anfang an als gleichwertige Kriterien mit Funktionalität, Arbeitsplatzqualität und Gestaltung in den Entwurf einbezogen werden.



Abb. 812: Außenansicht [53]



Abb. 813: Außenansicht [53]



Abb. 814: Innenraum [32]



Abb. 815: Innenraum [32]

#### 10.4.2.12 7-Geschosser in Berlin, D [8][33]

In den Obergeschossen des Siebengeschosser wird je eine Wohneinheit, bzw. zwei im 2. Obergeschoss, untergebracht. Im Erdgeschoss sind Büroflächen vorgesehen. Das Treppenhaus aus Stahlbeton wurde dem Wohnhaus aus Holz ausgegliedert. Durch Übergänge aus Stahlbeton wird das Wohnhaus mit dem Treppenhaus verbunden.

Das etwa 22.5 m hohe Wohnhaus (Grundfläche ca. 12,5 x 13,5 m) wurde in Holz-Skelett-Bauweise ausgeführt. Die tragende Struktur besteht aus Stütz und Riegeln aus Brettschichtholz; die Verbindung der Holzbauteile erfolgt mittels aus Stahlblechen geschweißten Knoten. Die Decken des Wohnhauses als Holz-Beton-Verbunddecken ausgeführt.

Im Gegensatz zu bisher ausgeführten höheren Gebäude in Holzbauweise war bei diesem Projekt ein sehr hoher Fensterflächenanteil gewünscht. Ausserdem sollten die Fensterflächen und die Grundrisse variabel anzuordnen sein, wodurch die Aussenwände zur Lastabtragung nicht herangezogen werden konnten. Die Lastabtragung erfolgt daher mittels einer Pfosten-Riegel-Konstruktion, die auch als Holz-Skelett-Bauweise bezeichnet werden kann. In den Fassaden wurden in einem regelmässigen Raster Stützen und Riegel angeordnet. Die Holz-Beton-Verbund-Decken lagern auf Riegeln auf, welche wiederum die Lasten in die Stützen weiterleiten.

Nach dem Positionsplan, ist die Konstruktion in allen Geschossen identisch, lediglich die Lage der Windverbände variiert. Im 1., 3. und 4. Obergeschoss wurden im Bereich der Gemeinschaftsterrassen Stahlstützen gewählt, um möglichst schlanke Stützenquerschnitte realisieren zu können. Nach dem Vertikalschnitt durch das Gebäude, wurde der Unterzug in Gebäudemittelachse aus Stahlbeton ausgeführt, um eine ebene Deckenuntersicht zu erhalten. Dieser Stahlbetonunterzug liegt auf der Brandwand, den Installationsschächten und auf der Holz-Skelett-Konstruktion in der anderen Seite.

Bei Betrachtung der Tragstruktur im Rohbau werden Parallelen zur Stahlbeton-Skelett-Bauweise deutlich: Es handelt sich um eine Skelett-Bauweise aus Holz und stellt damit ein Novum dar. Zur Verbindung der Stützen mit den Riegeln mussten spezielle Verbindungsknoten entwickelt werden.

Durch die Skelett-Bauweise konnten die Grundrisse weitgehend variabel gestaltet werden. Lediglich das Stützenraster und die Lage der Installationsschächte waren bei der Grundrissgestaltung der Wohnungen zu beachten. Die Anordnung der Außen- und Innenwände, der Fensterflächen, der Terrassen und Balkone war für jedes Geschoss frei wählbar.

Aussteifung:

Für die Aussteifung des Wohnhauses können zum einen die Brandwand aus Stahlbeton und die Deckenscheiben der Holz-Beton-Verbund-Decken mit einbezogen werden. Zum anderen wurden zwei der drei Fassadenfronten als Scheiben ausgebildet. Die in den Fassaden verbleibenden Massivholzwände können die, aufgrund der Gebäudehöhe beachtlichen, Horizontallasten aus Wind nicht aufnehmen. Die Pfosten-Riegel-Konstruktion ist daher auf der Straßen- und der Gartenseite mittels Windverbänden aus Flachstählen ausgesteift. Die Holz-Beton-Verbund-Decken sind als Scheiben ausgeführt und kraftschlüssig mit den Fassaden und der Brandwand verbunden. Die Steifigkeit der zwei Installationsschächte in der Mittelachse des Wohnhauses ist zu gering, um die Horizontallasten als Kragarmsystem aufzunehmen zu können, außerdem steht kein Kellergeschoss als ausreichende Einspannung zur Verfügung.

Stöße mittels Knotenblechen:

Die Stöße der Riegel, Stützen und Windverbände erfolgt mit einem neu entwickelten System aus Stahlknoten. Neben der Bedingung, den Schlupf der Verbindungen möglichst zu minimieren, müssen hohe Stützen- und Windverbandskräfte weitergeleitet werden.

Schließlich wurde ein System mit Schlitzblechen und Stabdübeln entwickelt. Ein Detail ist in Bild 6 in Form einer Explosionszeichnung dargestellt. Die Stabdübel sind in der Werkstatt gesetzt worden, die Knotenbleche untereinander wurden auf der Baustelle mit üblichen Stahlbauverschraubungen verbunden. Dieses System ermöglicht einen sehr hohen Vorfertigungsgrad und zügige Montage auf der Baustelle.

Aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit muss vermieden werden, dass unter äußeren Einflüssen merkliche Verformungen entstehen. Dies würde zu Rissen in den Gipskartonverkleidungen und zu Undichtigkeiten der Gebäudehülle führen. Die Holzkonstruktion ist relativ weich, insbesondere aufgrund des Schlupfes der Stabdübelverbindungen. Um den Schlupf zwischen den Knotenblechen zu minimieren, wurden die Knotenbleche unter-

einander mit Passschrauben verschraubt. Die Windverbände wurden mit gleitfesten Verschraubungen angeschlossen.

Beim Entwurf der Knotendetails wurde darauf geachtet, Exzentrizitäten zu vermeiden. Es gelang, die Geometrie und die Lage der Riegel, Stützen und Windverbände so zu wählen, dass sich alle Schwerachsen der anschließenden Bauteile eines Knotens in einem Punkt schneiden. Die hohen Vertikallasten aus den Stützen werden über die Schlitzbleche zum Anschluss der Riegel weitergeleitet. Auf den Abbildungen ist zu erkennen, dass ein Knoten z.T. aus je vier verschiedenen Knotendetails zusammengefügt wurde: Ein Riegel-Detail für einen Riegel ohne Windverband, ein Riegel-Detail mit Anschlusslaschen für den Windverband, ein Stützen-Detail für einen Stützenkopf und ein Stützen-Detail mit Schlitz in der Fußplatte, um die Durchdringung des Windverbands zu ermöglichen. Der Windverband aus Flachstahl wird zwischen den beiden Laschen am Riegel-Detail eingelegt, vorgespannt und mittels gleitfester Verschraubungen fixiert. Er wurde als Flachstahl ausgeführt, da es mit diesem Querschnitt möglich ist, einfache Verschraubungen zu realisieren und den Windverband in den Außenwänden unterzubringen. Ein besonderes Knotendetail (Abb.8) ist für die Ecken des Gebäudes erforderlich. Die Knoten-Details werden hier analog zu den Entwurfskriterien des oben dargestellten Knotens konzipiert. Neben der einzuleitenden Quer- und Normalkraft muss hier zusätzlich das Versatzmoment aufgenommen werden, das aufgrund der exzentrischen Lage des Schwerpunktes des Stabdübelanschlusses entsteht.

In der Mitte der Fassade auf der Treppenhauseite wurde ein Knotendetail erforderlich, das zusätzlich zum Anschluss von zwei Riegeln und zwei Stützen noch den Anschluss des Stahlbetonunterzugs in der Mittelachse ermöglicht. Die Abbildungen zeigen u.a. Explosionszeichnungen verschiedener Knoten. Kernstück dieser Knoten Knotenverbindung „Stahl-Würfel“. An dessen Ober- und Unterseite werden die Stützen, an den Seiten die Riegel angeschlossen. Die Verbindung mit dem Stahlbetonunterzug wird hergestellt, indem der Würfel zusammen mit dem Unterzug ausbetoniert wird, wodurch eine Konsole am Ende des Stahlbetonriegels entsteht

Zusammenwirken des Holz-Skeletts mit den Deckenscheiben und der Brandwand:

Die an das Nachbarhaus angrenzende Wand und die Installationsschächte mussten aufgrund der Brandschutzaufgaben in Beton ausgeführt werden. Aus gestalterischen Gründen wurde gewünscht, die Stützen und Wände im Erdgeschoss in Stahlbeton auszuführen, sowie die Stützen bei den Gemeinschaftsterrassen im 1., 3. und 4. Obergeschoss in Stahl zu anfertigen. Für die Anschlüsse der Riegel an die Brandwand und die aussteifenden Wandscheiben im Erdgeschoss und 1. Obergeschoss wurden Knotendetails mit angeschweißten Bewehrungsstäben entwickelt, welche die Einleitung der Schnittgrößen aus den Riegeln in die Stahlbetonwand übernehmen. Da die Deckenscheiben und die Brandwand zur Aussteifung des Gebäudes erforderlich sind, sind auch hier kraftschlüssige Verbindungen erforderlich.

Holz-Beton-Verbund-Decken:

Holz-Beton-Verbunddecken (HBV-Decken) zählen im Holzbau inzwischen schon zu üblichen Bauweisen. Diese Bauweise, bei der die Materialien Holz und Beton vorwiegend materialgerecht beansprucht werden (Holz auf Zug, Beton auf Druck) hat sich in konstruktiver und bauphysikalischer Hinsicht bewährt.

HBV-Decken mit „Auflagerung auf Beton“:

Holz-Beton-Verbunddecken werden üblicherweise auf dem Holz aufgelagert. Bei diesem Bauvorhaben zeigte sich, dass die Auflagerung auf Holz die gestalterische Freiheit der Fassade erheblich beeinträchtigen würde. Außerdem würden die zur Auflagerung der Decke erforderlichen Riegel über den Fenster störend hoch wirken. Deshalb wurde eine „Auflagerung auf Beton“ ausgeführt. Durch die Auflagerung auf Beton kann der Stutz über den Fenstern von 28 auf 12 cm Höhe reduziert werden.

Die „Auflagerung auf Beton“ wurde so konzipiert, dass lediglich Standard Bauteile benötigt wurden: Handelsübliche selbstbohrende Schrauben, Flachstähle und üblicher Betonstahl. Die Abbildungen zeigen die Ausführung des Auflagerdetails: Die Holzbalken werden mittels selbstbohrender Schrauben hochgehängt. Die Lasteinleitung der Schrauben in die Betondecke wird durch Flachstähle sichergestellt, die auf der Betonplatte aufliegend und die Einzellasten aus den Schrauben verteilen. Die 10 cm starke Betonplatte wird im Bereich der Auflagerung mit üblichem Betonstahl als Konsole bewehrt. Zur zentrischen Lasteinleitung der Deckenlasten in die Riegel der Fassaden wird ein T-Profil in der Mitte der Riegel eingelassen.

Das Tragverhalten der „Auflagerung auf Beton“ wurde umfassend untersucht. Da es sich bei den Holzriegeln, auf denen die HBV-Decke aufliegt, um Einfeldträger handelt, die Betonplatte der HBV-Decke jedoch parallel zur Fassade als Durchlaufsystem wirkt, ergeben sich neben den Stützen in der Konsole Spannungsspitzen der Auflagerreaktion. Um das Zusammenwirken der Holzriegel und der Decke realitätsnah abbilden zu können, wurden Trägerrostsimulationen durchgeführt. Die Biegesteifigkeit der HBV-Decke ist in Spannrichtung aufgrund des Zusammenwirkens des Holzes und Betons wesentlich höher als senkrecht zur Spannrichtung, in der nur die Biegesteifigkeit des Betons angesetzt werden kann. Die Holz-Beton-Verbunddecke wird im Simulationsmodell über Federn mit den Riegeln gekoppelt. Nachdem die Riegel Einfeldträger sind, die Tragwirkung der Decke parallel zu den Riegeln jedoch ein Durchlaufsystem darstellt, verlaufen die Durchbiegungen nicht analog zueinander. Anders formuliert, in der Betonplatte der Decke wirkt im Bereich der Stütze ein negatives Stützmoment, während in den Riegeln aufgrund des gelenkigen Anschlusses kein Biegemoment wirkt. Dies hat zur Folge, dass die Federn und damit auch die Stahlbetonkonsolen neben den Stützen besonders stark beansprucht werden. Hier ist jedoch zu beachten, dass je nach Wahl der Federsteifigkeit unterschiedliche Beanspruchungen ermittelt werden. Dieser Einfluss wurde mittels einer Parameterstudie untersucht. Weiter wurde die Auswirkung der Rissbildung (Übergang von Zustand 1 zu Zustand 2) der Stahlbetonplatte untersucht; das Reißen der Betonplatte wurde mittels nichtlinearer Drehfedern abgebildet.

Schubverbindung zwischen Holz und Beton:

Üblicherweise wird der Verbund zwischen Holz und Beton durch spezielle, in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelte, Schrauben, Schubverbinder oder Flachstahlschlösser hergestellt. Es können auch in das Holz gefräste Kerven zur Schubübertragung herangezogen werden.

Aus Kostengründen fiel die Wahl der Verbindungsmittel zu Gunsten der Lösung mit den eingefrästen Kerven. Es wurde hierzu eine Zustimmung im Einzelfall beantragt, da der Tragwerksplaner und der Prüferingenieur der Ansicht waren, dass es sich um eine nicht

geregelte Bauweise handelt. Die oberste Baubehörde in Berlin entschied jedoch dass die Decke mit den einschlägigen Normen beurteilt werden kann und befand eine Zustimmung im Einzelfall daher als nicht erforderlich.

Im Einvernehmen mit den Bauherren, den Architekten, dem Tragwerksplaner und dem Prüfenieur wurde vereinbart, trotzdem Professor Blass (TU Karlsruhe) als externen Gutachter hinzuzuziehen.

Bauteilversuche:

Zur Absicherung der statischen Berechnung und zur Überprüfung der Bauausführung wurden zwei Bauteilversuche im Originalmaßstab durchgeführt.

Bei dem ersten Bauteilversuch wurde die Traglast von zwei 1m breiten Deckenstreifen untersucht. Die Deckensteifen wurden bis zum Bruch belastet. Rechnerisch wurde ein Abscheren der HBV-Decke am Mittelunterzug erwartet; der Bruch trat aber an der Außenseite ein. Es konnte mittels der zwei Prüfkörper eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden.

Der zweite Bauteilversuch wurde durchgeführt, um die Spannungsspitzen, die in der Betonkonsole neben den Stützen entstehen, realitätsnah prüfen zu können. Hierzu wurde nach Fertigstellung des Rohbaus ein Belastungstest durchgeführt. Es wurde in einem Teilbereich einer Decke eine Wasserlast aufgebracht, die der rechnerisch anzusetzenden Last inklusive Teilsicherheitsbeiwerte entsprach. Während und nach dem Versuch konnten keine ungewöhnlichen Verformungen und Rissbildungen beobachtet werden.

Gründung:

Die Gründung des Wohnhauses und des Treppenhauses erfolgt auf einem ebenerdig liegenden Trägerrost aus Stahlbetonbalken, welches die Lasten in Bohrpfähle weiterleitet. Als Randbedingungen der Gründung waren die Kellerruine eines im zweiten Weltkrieg zerstörten Hauses, die geringe Tragfähigkeit des Bodens sowie die Nachbarbebauung zu berücksichtigen. Um Kosten einzusparen, wurde beschlossen, die Kellerruine zu belassen und mit Bohrpfählen durch die Ruine hindurch zu gründen.

Brandschutz

In den letzten Jahren wurden in Deutschland vermehrt höhere Gebäude in Holz ausgeführt, zum Beispiel die viergeschossige Wohnanlage in Freiburg und das 6-geschossige Pflegeheim in Berlin-Lichtenberg.

Die neue Musterbauordnung 2002 (MBO 2002) ermöglicht Gebäude in Holzbauweise bis zur Gebäudeklasse 4 (Fußbodenhöhe des obersten Geschosses maximal 13 m über Geländeoberfläche) [7]. Da im vorliegenden Fall die Fußbodenhöhe des 7. Geschosses mit 19.4 m erheblich über der maximal zulässigen Höhe der Musterbauordnung liegt, musste ein genehmigungsfähiges Brandschutzkonzept mit Zustimmungen im Einzelfall ausgearbeitet werden.

Kernpunkt dieses Konzepts ist die die Trennung von Wohnhaus und Treppenhaus: Das Wohnhaus aus Holz ist über einen Treppenhausturm aus Stahlbeton zugänglich, der in

einem Abstand von knapp 3 m neben dem Wohnhaus steht. Auf diese Weise kann im Brandfall ein gut belüfteter und kurzer Fluchtweg sichergestellt werden.

Für die Stützen, Riegel und Wände wurde die Kapselklasse K60 mit 2 x 18 mm Gipsfaser-Platten (innen) und 1 x 18 mm Gipsfaser-Platten + 10 cm Steinwolle-Lamellen außen gefordert. Die Holzbetonverbunddecke konnte von unten sichtbar gelassen werden. Die Brandwand wurde in Stahlbeton ausgeführt.

Die Feuerwiderstandsdauer aller tragenden Bauteile ist F 90. Lediglich an die Balkone und die aussteifenden Stahldiagonalen im Treppenhaus wurden keine Anforderungen gestellt, sie konnten in F 0 ausgeführt werden.

Inwiefern bei zukünftigen Projekten auf eine Verkapselung bei Einsatz einer Sprinkleranlage verzichtet werden kann, ist zu prüfen. Dies kann hinsichtlich gestalterischer Freiheit und Kostenoptimierung von Bedeutung sein.



Abb. 816: Außenansicht Hofseite [54]



Abb. 817: Außenansicht Straßenseite [53]



Abb. 818: Bauphase [8][33]

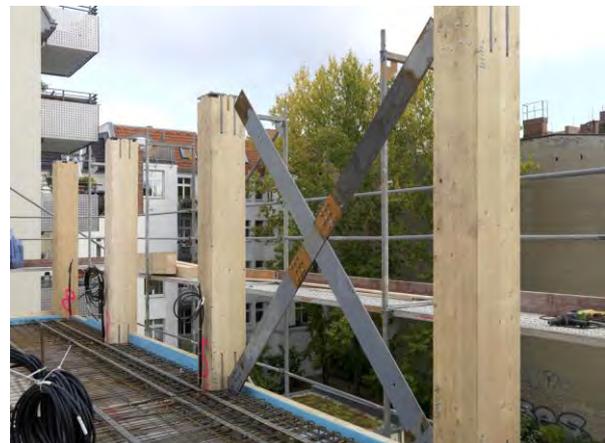


Abb. 819: Bauphase [8][33]



Abb. 820: Bauphase [8][33]



Abb. 821: Bauphase Innenraum [8][33]

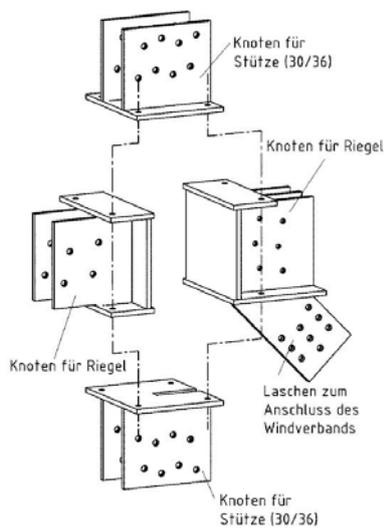


Abb. 822: Knotenpunkt [8][33]



Abb. 823: Knotenpunkt [8][33]



Abb. 824 Knotenpunkt [8][33]

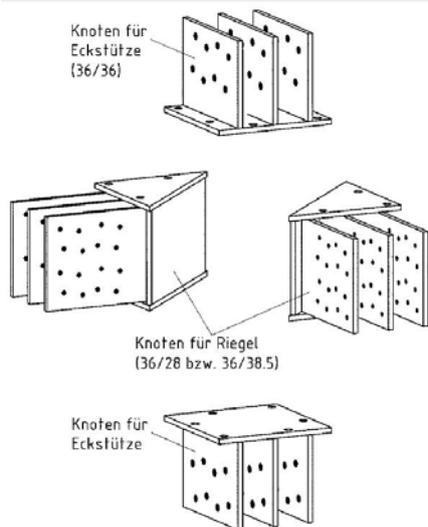


Abb. 825: Knotenpunkt [8][33]

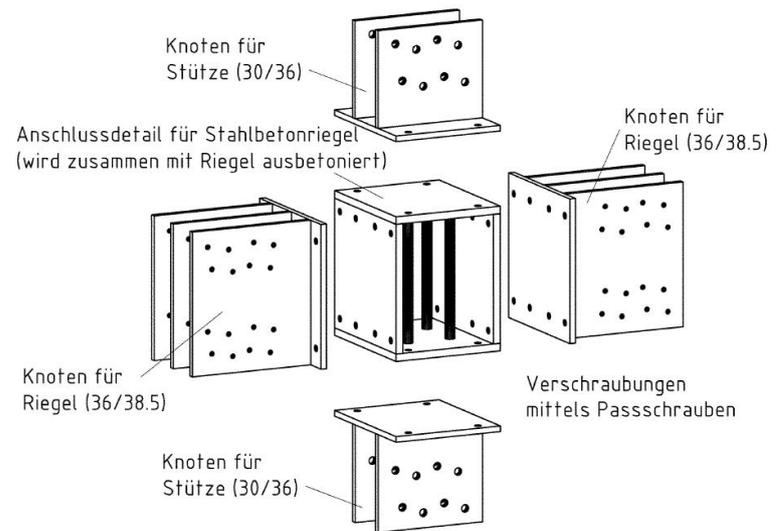


Abb. 826: Knotenpunkt [8][33]



Abb. 827: Kontenpunkt [8][33 ]



Abb. 828: Kontenpunkt [8][33 ]

Auflagerung der Holzbetonverbunddecke  
"auf Holz"

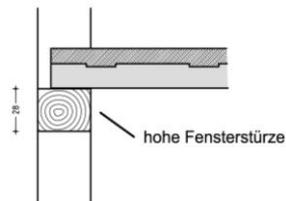


Abb. 829: Varianten für Deckenaufleger [8][33 ]

Auflagerung der Holzbetonverbunddecke  
"auf Beton"

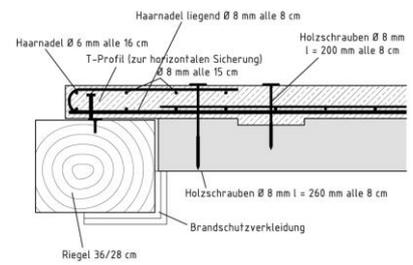
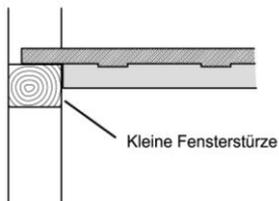


Abb. 830: Deckenaufleger [8][33 ]



Abb. 831 u. Abb.832: Prüfkörper für Holz-Beton-Verbunddecke mit Deckenauflegerkonsole [8][33 ]

## 11 Quellenverzeichnis

- [1] Alcorn, A. (2003). Embodied energy and CO<sub>2</sub> coefficients for NZ building materials. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington
- [2] Arrhenius, S. (1986, April). On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*. 41, 237-276
- [3] Börjesson, P., & Gustavsson, L. (2000). Greenhouse gas balances in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forest land-use perspectives. *Energy Policy*, 28(9), 575-588
- [4] Boyd, C. W., Koch, P., McKean, H. B., Morschauser, C. R., & Preston, S. B. (1976). Wood for structural and architectural purposes: Panel II Report, Committee on Renewable Resources for Industrial Materials, *Wood and Fiber*, 8(1), 3-72
- [5] Buchanan, A. H., & Honey, B. G. (1994). Energy and carbon dioxide implications of building construction. *Energy and Buildings*, 20(3), 205-217
- [6] Crosby, A. W. (2006). *Children of the sun: A history of humanity's Unappeasable appetite for energy*. New York, NY: W. W. Norton & Company Inc
- [7] Dehne, M, Kruse, D., & Krüger, U. (2006, October). Fire protection in multi-storey timber construction. *Detail*, 10-2006, 1142-1144
- [8] DETAIL. (2008, November). *Timber Construction* (2008 11). München, Germany: Institut für internationale Architektur-Dokumentation
- [9] DETAIL. (2010, October). *Timber Construction* (2010 10). München, Germany: Institut für internationale Architektur-Dokumentation
- [10] DETAIL. (2012, Jan./Feb.). *Timber Construction* (2012 1/2). München, Germany: Institut für internationale Architektur-Dokumentation
- [11] DETAIL Green. (2009, November). *Zeitschrift für alle Aspekte des nachhaltigen Planens und Bauens* (Ausgabe 2/2009). München, Germany: Institut für internationale Architektur-Dokumentation
- [12] Dozier, J., Schneider, S. R., & McGinnis, D. F. (1981). Effect of grain-size and snowpack water equivalent on visible and near-infrared satellite-observations of snow. *Water Resources Research*, 17(4), 1213-1221
- [13] Eriksson, E., Gillespie, A., Gustavsson, L., Langvall, O., Olsson, M., Sathre, R., & Stendahl, J. (2007). Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(3), 671-681
- [14] Frischknecht, R., Althaus, H-J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., Hellweg, S., Hischer, R., Jungbluth, N., Nemecek, T., Rebitzer, G., & Spielmann, M. (2000). Overview and methodology. Final report ecoinvent v2.0 No.1. Dübendorf. CH: Swiss Center for Life Cycle Inventories

- [15] Girardet, H., & Mendonca, M. (2008). *A renewable world: energy, ecology, equality*. Totnes, Devon, UK: Green Books Ltd.
- [16] Hameury, S., & Lundström, T. (2004). Contribution of indoor exposed massive wood to a good indoor climate: in situ measurement campaign. *Energy and Buildings*, 36(3), 281-292
- [17] Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R., Volz, M., & Winter, W. (2004). *Timber construction manual*. Basel, Switzerland: Birkhäuser Architecture
- [18] Informationsdienst Holz. (1997). *Brettstapelbauweise*. Düsseldorf, Germany: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.
- [19] Informationsdienst Holz. (1999, May). *Schalldämmend Holzbalken- und Brettstapeldecken*. München, Germany: Entwicklungsgemeinschaft in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung
- [20] Informationsdienst Holz. (2000, December). *Holzbausysteme*. Düsseldorf, Germany: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.
- [21] Jungmeier, G., McDarby, F., Evald, A., Hohenthal, C., Petersen, A-K., Schwaiger, H-P., & Zimmer, B. (2003). Energy aspects in LCA of forest products: Guideline from COST Action E9. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(2), 99-105
- [22] Keeling, C. D. (1960). The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere. *Tellus*, 12(2), 200-203
- [23] Koch, P. (1992). Wood versus nonwood materials in US residential construction: some energy-related global implications. *Forest Products Journal*, 42(5), 31-42
- [24] Künniger, T., & Richter, K. (1995). Life cycle analysis of utility poles: a Swiss case study. In: Proceedings of the 3rd International Wood Preservation Symposium, Cannes-Mandelieu, France
- [25] Lattke, F., & Lehmann, S. (2007). Multi-storey residential timber construction: Current development in Europe. *Journal of Green Building*, 2(1), 119-129
- [26] Lignum. (2000, May). *Holzbulletin - Wohnsiedlungen (55/2000)*. Zürich, Switzerland: Lignum
- [27] Lignum. (2004, December). *Holzbulletin - Vier und mehr Geschosse (73/2004)*. Zürich, Switzerland: Lignum
- [28] Lignum. (2005, April). *HWZ im Porträt - Leistung, dem Holz zuliebe*. Zürich, Switzerland: Lignum
- [29] Lignum. (2008, March). *Holzbulletin - Mehrgeschossige Wohnbauten (86/2008)*. Zürich, Switzerland: Lignum
- [30] Lignum. (2008, September). *Holzbulletin - Energieeffiziente Wohnbauten (88/2008)*. Zürich, Switzerland: Lignum

- [31] Lignum. (2008, December). *Holzbulletin - Schulen* (89/2008). Zürich, Switzerland: Lignum
- [32] Lignum. (2009, March). *Holzbulletin - Ausdrucksstarke Bürobauten* (90/2009). Zürich, Switzerland: Lignum
- [33] Linse, T., & Natterer, J. (2008, December). Ein 7-Geschosser (fast) ganz aus Holz - Konstruktive Details eines Pilotprojekts. *Bauingenieur*, Band 83, 531-539
- [34] Petersen, A. K., & Solberg, B. (2004). Greenhouse gas emissions and cost over the life cycle of wood and alternative flooring materials. *Climate Change*, 64(1-2), 143-167
- [35] Revelle, R., & Suess, H. E. (1957). Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO<sub>2</sub> during the past decades. *Tellus*, 9(1), 18-27
- [36] Toftum, J., Jorgensen, A., & Fanger, P. O. (1998). Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortable humid skin. *Energy and Buildings*, 28(1), 1-13
- [37] Ward, R. (2009). *Tackle climate change - use wood*. Vancouver, Canada: Kelly McCloskey & Associates
- [38] Wiederkehr, R., & Makiol, P. (2008). *Konstruieren mit Holz: 1992-2007*. Zürich, Switzerland: Lignum
- [39] Götz, Karl-Heinz, u. a.: *Holzbauatlas*, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, München, 1978
- [40] Natterer, Julius; Herzog, Thomas; Volz, Michael: *Holzbauatlas Zwei*, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, München/Basel, 1991
- [41] Natterer, Julius, u. a.: *Holzbauatlas Drei*, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, München, 2003
- [42] Hoefft, Michael: *Zur Berechnung von Verbundträgern mit beliebig gefügtem Querschnitt*, Dissertation, Eidgenössisch Technische Hochschule Lausanne, Schweiz, 1994
- [43] Haller, P.: *Vom Baum zum Bau oder die Quadratur des Kreises; Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*; 53 (2004) Heft 1/2, S. 100-104
- [44] Haller, P.: *Concepts for textile reinforcements for timber structures; Materials and Structures*; (2007), 40: S. 107-118
- [45] Haller, P.; Wehsener, J.: *Festigkeitsuntersuchungen an Fichtenpressholz; Holz als Roh- und Werkstoff* (2004) 62: S. 452-454
- [46] Haller, P.: *Formholzprofile und textilbewehrter Beton – Ein neuer Verbundquerschnitt; Beton- und Stahlbetonbau* (Hrsg. L. Ernst und Sohn); 99, Heft 6, S. 488-489
- [47] *Brettstapelbauweise und ökologische Dämmstoffe; Tagungsband*, (Hrsg. Haller, P.), Institut für Stahl- und Holzbau, Technische Universität Dresden, 1999

- [48] Haller, P.; Julius Natterer – Ingenieur des Holzbaus und Entwickler herausragender Konstruktionen in Holz; Ingenieurporträt; db - Deutsche Bauzeitung; 4, 2005; S.74-77
- [49] Haller, P.; Helmbach, Ch.: Einfach Bauen mit Holz – Späte Werke von Julius Natterer. Broschüre *Informationsdienst Holz*, (Hrsg.) Landesbeirat Holz Berlin-Brandenburg, 2011
- [50] Helmbach, Ch.: Die Entwicklung von Verbindungstechniken und Konstruktionsweisen im Holzbau am Beispiel ausgewählter Bauwerke Prof. Julius Natterers, Diplomarbeit am Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen, Technische Universität Berlin, 2009
- [51] Bois Consult Natterer SA, Unterlagen aus dem Archiv vom Ingenieurbüro Bois Consult Natterer SA
- [52] Helmbach, Christoph; Technische Universität Dresden, Institut für Stahl- und Holzbau, Professur für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen
- [53] Yeh, Yu-hsiang, Technische Universität Dresden, Institut für Stahl- und Holzbau, Professur für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen
- [54] Archiv Bois Consult Natterer SA
- [55] „Minergie in Holz“, Lignum – Holzbulletin, Ausgabe 57/2000
- [56] Arndt, Ulrich; Architekt, 12167 Berlin / D
- [57] Tschumi, Bernard; urbanistes Architectes, 75004 Paris / F, [www.tschumi.com](http://www.tschumi.com)
- [58] [www.metsawood.de](http://www.metsawood.de)

## Anhang





## CURRICULUM VITAE

**Julius Natterer, Prof. em., Prof. hon., Dipl.-Ing**

Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule  
Lausanne von 1978 bis 2004

Verfasser und Mitverfasser mehrerer technischer und wissenschaftlicher Beiträge zum Holzbau sowie von Holzbau Hand- und Fachbüchern für Architekten und Ingenieure, die in mehrere Sprachen übersetzt wurden

Bois Consult Natterer SA  
Route de la Gare 10  
CH-1163 Etoy / VD

Tel.: +41 (0)21 808 75 30  
Fax : +41 (0)21 808 78 30  
Handy: +41 78 864 18 50  
e-mail: [bcn.sa@bluewin.ch](mailto:bcn.sa@bluewin.ch)  
[www.nattererbcn.com](http://www.nattererbcn.com)

### Persönliche Daten

Geburtsdatum: 5. Dezember 1938  
Geburtsort: Hagn/Niederbayern  
Nationalität: Deutsch  
Familienstand: Verheiratet (4 Kinder)  
Sprachen: Muttersprache Deutsch  
Hervorragende Französisch- und Englischkenntnisse

### Werdegang

1965 Diplomingenieur für das Bauingenieurwesen der Technischen Universität München  
1965-1974 Assistent am Lehrstuhl für Baukonstruktionslehre und Holzbau der Technischen Universität München  
1970 Gründung eines Ingenieurbüros in München  
Ingenieurbüro für Entwurf, Konstruktion und Statik von Tragwerken  
1978 Berufung zum Professor am Lehrstuhl für Holzkonstruktionen (IBOIS) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne  
1980 Gründung eines Ingenieurbüros in München  
Planungsgesellschaft Natterer + Dittrich GmbH (PND)  
1983 Gründung eines Ingenieurbüros in Etoy / CH  
Bois Consult Natterer SA (BCN)  
1987 Gründung eines Ingenieurbüros in Les Lanches / F  
Ingénierie, Conception, Structures Bois (ICS)  
1993 Gründung des IEZ - Internationales Entwicklungszentrum für Holzkonstruktionen in Wiesenfelden  
2004 Emeritierung und Honorarprofessor der Eidgenössisch Technischen Hochschule Lausanne

## Seminare

- 1988 - 1989 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer
- 1991 - 1992 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer - 2. Edition
- 1994 - 1995 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer - 3. Edition
- 1997 - 1998 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer - 4. Edition
- 1998 WCTE - 5<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne unter der Leitung von Prof. Julius Natterer, Präsident
- 2000 - 2001 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer - 5. Edition
- 2003 - 2004 Nachdiplomstudium "Les constructions en bois - concevoir - projeter - réaliser" an der EPF Lausanne, Leitung: Prof. Julius Natterer - 6. Edition
- 2007 Postgraduate course URBANWOOD in Dresden, Deutschland  
Postgraduate course URBANWOOD in Trento, Italien  
Postgraduate course URBANWOOD in Wien, Österreich

## Auszeichnungen

- 1976 Deutscher Stahlbaupreis  
Sporthalle Lorch
- 1977 BDA Preis Bayern  
Kindergarten München
- 1979 Paul-Bonatz-Preis der Stadt Stuttgart  
Neckarbrücke, Stuttgart
- 1980 Bayerischer Holzbaupreis (Anerkennung)  
Bootshäuser Diessen, Diessen
- 1980 Holzbaupreis Bayern  
Isarbrücke, München
- 1980 Österreichischer Holzbaupreis  
Kirche Lech
- 1981 Mies van der Rohe Preis  
Wohnhaus in Regensburg
- 1982 Deutscher Holzbaupreis (Anerkennung)  
Reithalle München-Riem II
- 1982 Deutscher Holzbaupreis (Lobende Erwähnung)  
Segelclub Diessen, Diessen
- 1982 Österreichischer Holzbaupreis  
Recyclinghalle Wien -Kloster Bezau
- 1982 Deutscher Holzbaupreis (Lobende Erwähnung)

- Überdachung Eissportstation Bayreuth
- 1983 Holzbaupreis Hessen  
Holzfachschule Bad Wildungen
- 1986 Médaille de la Recherche et de la Technique de l'Académie d'Architecture 1970, Paris
- 1987/1992 BDA Preis Bayern  
Internationaler Architekturpreis für neues Bauen in den Alpen:  
Antennenstation Brauneck
- 1990 Karl-Möhler-Medaille vom Bund der Deutschen Zimmermeister (BDZ) im  
Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZBG)
- 1991 ATU-Prix (Bernischer Kulturpreis 1991 für Architektur, Technik und Umwelt)  
Brücke über das Simmetal
- 1992 Internationaler Architekturpreis für "Neues Bauen in den Alpen"  
Brücke über das Simmetal
- 1992 Deutscher Holzbaupreis  
Produktions- und Lagerhalle der Mac Mode GmbH, Rossbach
- 1995 Ernst-Pelz-Preis für herausragendes Engagement zur Wiederetablierung des  
nachwachsenden Baustoffes Holz
- 1995 Merit Award (Gilamont-Village)  
American Wood Council - American Forest + Paper Association, Washington,  
D.C.
- 1998 Ernst & Sohn – Ingenieurbaupreis 1998  
Reithalle in Mehrow-Trappenfelde bei Berlin
- 1999 Holzbaupreis Hessen 1999  
Haus des Handwerks in Ober-Ramstadt
- 2000 Preis Lignum 2000  
Besondere Auszeichnung Bauten und Fassaden mit Holz  
Wohnsiedlung in Arlesheim, Schweiz
- 2000 Preis 2000 der IAKS Sektion Schweiz  
Lobende Erwähnung, Mehrzweckhalle in Lüterkofen, Schweiz
- 2000 Preis 2000 der IAKS Sektion Schweiz  
Mehrzweckhalle Maloja, Schweiz
- 2002 Bayerischer Holzbaupreis 2002, Anerkennung  
Steg Wiesenfelden
- 2004 Bayerischer Holzbaupreis "Holzbau in Kommunen" des Bayerischen  
Bauernverbands und des Bayerischen Gemeindetages  
Fußgängerbrücke Neutraubling
- 2005 Fondation Athena et l'Association pour le Développement du Nord Vaudois "Désigné  
champion pour la Terre par la communauté vaudoise, en raison de sa contribution  
précieuse à la sauvegarde de l'environnement, dans le canton"
- 2005 Schweighofer Privatstiftung  
Hauptpreis 2005 für sein Lebenswerk als Wegbereiter des modernen Holzbaus
- 2006 Holzbaupreis Rheinland-Pfalz  
Ausstellungs- und Seminargebäude „Haus der Nachhaltigkeit“, Johanniskreuz,  
Deutschland

- 2008 Ernst & Sohn Preis – Ingenieurbau-Preis 2008 für ein Mehrfamilienhaus, Esmarchstrasse E3 in Berlin (DE)
- 2009 Deutscher Holzbaupreis
- 2010 European Federation of Timber Construction – Gold Medal of Honour

### **Bücher und Vorlesungsskripte**

- 1978 Erscheinen des „Holzbauatlas“ – *erste Auflage*
- 1984 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas“ in die *französische* Sprache  
“*Construire en bois*”
- 1984 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas“ in die *russische* Sprache
- 1984 „Gebäudehüllen aus Glas und Holz - Habiller de verre et de bois“
- 1986 Holzbau-Taschenbuch „Grundlagen, Entwurf und Konstruktionen“
- 1989 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas“ in die *englische* Sprache  
“*Timber Designs & Construction Sourcebook*”
- 1990 Impulsprogramm Holz “Statische Berechnung” – „*Calculs statiques*“
- 1991 Erscheinen des „Holzbauatlas Zwei“ – *zweite Auflage*
- 1992 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas“ in die *japanische* Sprache
- 1992 Impulsprogramm Holz „Technische Dokumentation innovativer Schweizer Holzbauten“
- 1994 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas Zwei“ in die *französische* Sprache  
“*Construire en bois 2*”
- 1996 Erscheinen des „Holzbauatlas Zwei“ – *dritte Auflage überarbeitet und aktualisiert*
- 1998 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas Zwei“ in die *japanische* Sprache
- 1998 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas Zwei“ in die *italienische* Sprache
- 1999 Lehrbuch für das Bauwesen - Band 13 „*Construction en bois*“ - PPUR Lausanne
- 2003 Erscheinen des „Holzbauatlas“ – vierte Auflage neu bearbeitet –  
ISBN 3-7643-6984-1 Birkhäuser, Verlag Detail München
- 2004 Lehrbuch für das Bauwesen - Band 13 „*Construction en bois*“, zweite Auflage –  
ISBN 2-88074-609-4 - PPUR Lausanne
- 2004 Erscheinen der Übersetzung des „Holzbauatlas“ *fourth revised German edition*  
in englischer Sprache „*Timber Construction Manual*“ ISBN 3-7643-7025-4  
Birkhäuser, Verlag Detail München
- 2005 Erscheinen der verbesserten und ergänzenden Version von “Holzbauatlas“ in  
französischer Sprache *Construire en bois 3<sup>ème</sup> édition entièrement revue* –  
ISBN 2-88076-602-7 PPUR Lausanne

## Mitgliedschaften

	SIA, Zürich
	SIA - GPC Groupe spécialisé des ponts et charpentes
	IVBH, Zürich
	LIGNUM - Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Zürich
	SAH - Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, Zürich
	VBI - Verband beratender Ingenieure, Essen
	DGfH - Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München
	Deutscher Werkbund Bayern, München
	IASS - International Association for Shell and Spatial Structures, Working Group on Spatial Wood Structures
1987 - 1991	Mitglied des Markus Wallenberg Prize Selection Committee, Senior Consultant Falun, Schweden
seit 1992	Foreign Member der "Royal Swedish Academy of Engineering Sciences", Stockholm, Schweden
2007	ASCE – American Society of Civil Engineers Member

