



Università  
della  
Svizzera  
italiana

Accademia  
di  
architettura

Istituto  
di storia e teoria  
dell'arte  
e dell'architettura

# Form-Finding, Form-Shaping, Designing Architecture

a cura di / edited by  
Sonja Hildebrand, Elisabeth Bergmann

Mendrisio  
Academy  
Press

Questo libro trae origine dal SNSF-International Exploratory Workshop *Form-Finding, Form-Shaping, Designing Architecture. Experimental, Aesthetical, and Ethical Approaches to Form in Recent and Postwar Architecture* (Mendrisio, 10-11 ottobre 2013).

Coordinamento editoriale  
Tiziano Casartelli

Cura redazionale  
Elisabeth Bergmann

Redazione  
Michael Robertson (testi in inglese)  
Gabriele Neri (testi in italiano)

Progetto grafico  
Andrea Lancellotti

Impaginazione  
Florentin Duelli, Alberto Canepa

In copertina  
Elaborazione grafica da *Seifenblasen / Forming Bubbles* (Mitteilungen des Instituts für Leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart 18 / IL 18), Stuttgart 1987.

La pubblicazione ha avuto il sostegno  
del Fondo Nazionale Svizzero per la Ricerca Scientifica



e della Boner Stiftung für Kunst und Kultur.

L'editore è a disposizione di quanti vantassero diritti sulle immagini pubblicate.

© 2015 Accademia di architettura, Mendrisio  
Università della Svizzera italiana

# Form-Finding, Form-Shaping, Designing Architecture

Experimental, Aesthetical, and Ethical  
Approaches to Form in Recent  
and Postwar Architecture  
Approcci sperimentali, estetici ed etici  
alla forma in architettura, dal dopoguerra ad oggi

a cura di / edited by  
Sonja Hildebrand, Elisabeth Bergmann

Mendrisio Academy Press / Silvana Editoriale

Sommario  
Table of contents

9	Pathways to Form. Frei Otto and Beyond <i>Sonja Hildebrand, Elisabeth Bergmann</i>	113	Le costruzioni in legno dell'IBOIS. Forme curvate, intessute, intrecciate: una conversazione con Yves Weinand <i>Elisabeth Bergmann</i>
17	«A man a-riding upon nawthin'». Light Structures and New Mobility Cultures Around 1900 <i>Kurt Möser</i>	131	Towards an Expanded Concept of Form. Gottfried Semper on Ancient Projectiles <i>Sonja Hildebrand</i>
33	Pensare in piccolo per costruire in grande. Teoria, prassi e cultura del modello in scala ridotta nella ricerca della forma strutturale nel XX secolo <i>Gabriele Neri</i>	145	Within the Technical Image. An Alternative Reading of Contemporary Swiss-German Architecture <i>Roberta Grignolo</i>
49	Capturing the Incalculable. Frei Otto's Experimental Models <i>Daniela Fabricius</i>	159	Rem Koolhaas and Oswald Mathias Ungers. A Plausible Relationship Between the Formal and the Social? <i>Lara Schrijver</i>
65	Anti-Monumental Anti-Nationalist National Monumentality. The Postwar Politics of Form-Finding <i>Sean Keller</i>	175	Indice dei nomi
77	La "filosofia architettonica" di Frei Otto. I concetti di forma, estetica ed etica e la loro ricezione <i>Elisabeth Bergmann</i>		
97	Stuttgart SmartShell. A Full-Scale Adaptive Shell Structure <i>Stefan Neuhäuser, Martin Weickgenannt, Christoph Witte, Walter Haase, Oliver Sawodny, Werner Sobek</i>		



Figura 1  
Prototipo del "Modulo  
tessile" per la mostra  
*Timber Project* (foto Markus  
Hudert).

Figg. 2-5

Elisabeth Bergmann

## Le costruzioni in legno dell'IBOIS

Forme curvate, intessute, intrecciate:  
una conversazione con Yves Weinand

Yves Weinand, architetto e ingegnere edile, dirige uno studio in Belgio e dal 2004 è direttore dell'IBOIS, il Laboratorio per le costruzioni in legno del Politecnico di Losanna (EPFL), dove è a capo di un gruppo di ricerca interdisciplinare in cui collaborano architetti, ingegneri, matematici e informatici. Attualmente sta progettando uno stadio del ghiaccio a Lüttich e l'edificio del Parlamento a Losanna con inserti strutturali in legno. A metà settembre 2013, poco prima del convegno *Form-Finding, Form-Shaping, Designing Architecture. Experimental, Aesthetical, and Ethical Approaches to Form in Recent and Postwar Architecture*, nel Campus di Mendrisio è stato montato un padiglione dell'IBOIS ed è stata inaugurata la mostra *Timber Project: Innovative Timber Construction*.

Poiché Yves Weinand non ha potuto prendere parte al convegno, qui di seguito si riporta la rielaborazione di un'intervista da lui concessa in un incontro all'IBOIS, nella quale si approfondiscono alcune delle sue idee e diversi progetti.<sup>1</sup>

### Percorsi innovativi verso la forma

Com'è possibile costruire in maniera innovativa in legno oggi? Com'è possibile impiegare questo materiale in maniera piacevole dal profilo estetico, convincente e corretta sotto il profilo costruttivo? A queste domande risponde l'attività dell'IBOIS: infatti l'obiettivo di questo Istituto è di sviluppare strutture in legno nuove e realizzabili in economia.

Importanti campi d'innovazione riguardano i pannelli portanti in legno (*tragende Holzvolumina*), i sistemi di pareti prefabbricate in legno, le tecniche di piegatura, lo studio di giunti innovativi e di strutture lignee simili a tessuti.



\_ Figura 2.  
Padiglione per Mendrisio  
(foto Enrico Cano).

#### Curvare e portare

Il percorso che conduce alla forma a partire dalle strutture a superfici autoportanti di Yves Weinand si sviluppa in maniera analoga a quello di Frei Otto, come si ricava dalle sue stesse parole: «Credo fermamente nelle strutture a superfici autoportanti, esse sono allo stesso tempo involucro e struttura. Struttura e superficie sono un tutt'uno; struttura portante e forma coincidono perfettamente».<sup>2</sup> Weinand, non a caso, ha analizzato in profondità la Multihalle di Mannheim, e negli spazi dell'IBOIS si trova un grande modello di lavoro del guscio a graticcio in legno sviluppato da Frei Otto, Carlfried Mutschler e Winfried Langner, che ha visibilmente influenzato il modello di studio del guscio dell'IBOIS per la definizione di reti geodetiche su forme libere, usato oggi come gioco per bambini nel parco Vallée de la Jeunesse a Losanna.

La ricezione delle idee di Otto è però libera, quasi ludica e del tutto critica; per Weinand, il nocciolo della questione è la logica strutturale. Nelle strutture reticolari la forma nasce dal movimento e dalla deformazione degli elementi,<sup>3</sup> per questo devono essere previsti nodi che permettano tale deformazione e che poi possano essere fissati. Weinand, analizzando la Multihalle, nota come vi siano zone che, dal punto di vista strutturale, «sono molto logiche e altre completamente illogiche». Queste debolezze del sistema costruttivo vengono tenute in conto per creare un'immagine architettonica adeguata al gusto del proprio tempo:

Nella Multihalle ci sono zone che funzionano molto bene, mentre altre non funzionano per niente, nonostante la struttura portante o il sistema costruttivo siano gli stessi. Questo significa che l'immagine di un'architettura pop anni Settanta, voluta in realtà da Mutschler, sia stata la cosa più importante. Questa fu la motivazione. Ma ci furono problemi con gli sforzi in tensione in certi punti che poi fu necessario rinforzare. Questo sistema costruttivo consentì una forma libera, ma la forma nella analisi strutturale non è logica allo stesso modo in tutti i punti.

Premesso ciò, Weinand ammira la straordinaria coerenza tra sistema costruttivo e forma nella Multihalle.

Gusci a graticcio in legno, composti da una griglia di nervature di lamelle avvitate, sfruttano l'elasticità di questo materiale, che si lascia facilmente piegare grazie a una naturale costruzione a fibre. Yves Weinand utilizza questa caratteristica, finalizzandola sia alla costruzione sia alla generazione di forme, lavorando per questo con linee geodetiche. La definizione di reti geodetiche a forme libere mediante un programma di calcolo (GEOS), appositamente sviluppato, serve a miglio-

\_ Figura 3.  
Padiglione per Mendrisio,  
trasferimento delle due parti  
con struttura di supporto  
(foto Team Timber).



\_ Figura 4.  
Padiglione per Mendrisio,  
particolare della giunzione a  
coda di rondine (IBOIS).



Fig. 6





rare la progettazione e la costruzione di strutture a superfici autoportanti a nervature in legno. Weinand sottolinea come un punto critico dei gusci a graticcio in legno riguarda la necessità di avere una membrana che faccia da involucro. Vengono così calcolate solo le nervature; successivamente però queste sono coperte con il legno e la costruzione si irrigidisce. Per compensare la perdita costruttiva, Weinand ha iniziato a sviluppare esperimenti con grossi pannelli e volumi in legno, che presentano una maggiore stabilità di forma rispetto al legno massiccio. Da questi materiali, con le loro complesse costruzioni spesse fino a 50 cm e utilizzate come sistemi di parete con funzione portante, sono state create nuove costruzioni a guscio

Figura 5.  
Padiglione per Mendrisio,  
fase di assemblaggio dei  
due elementi prefabbricati  
(foto Team Timber).

Figura 6.  
Rete geodetica su guscio  
a forma libera  
(foto Alain Herzog).



116

la cui forma deriva direttamente dalla struttura. Le costruzioni lignee a guscio sono state fino ad ora piuttosto rare, pur possedendo un potenziale tale da ampliare il classico repertorio formale dei gusci in cemento armato, come in Heinz Isler.

Weinand è convinto che l'utilizzo di pannelli lignei portanti possa rovesciare completamente le metodologie precedenti, basate, nelle costruzioni tradizionali in legno, su sistemi di travi a sezione prismatica. Le superfici portanti giocano quindi un ruolo sempre più importante: se finora sono stati utilizzati pannelli in legno di piccole dimensioni come rivestimento e irrigidimento, i pannelli di grosse dimensioni vanno a rovesciare il rapporto tra asta e pannello: quest'ultimo viene ora impiegato per portare i carichi, mentre le aste sono usate come irrigidimento. Un simile procedimento, spiega Weinand, apre nuove possibilità per la creazione di spazi architettonici e per lo studio delle facciate. Cambiando, in questo modo, la tipologia stessa degli elementi strutturali, per il direttore dell'IBOIS è dunque necessario che venga sviluppata una nuova tettonica per i pannelli in legno.

All'IBOIS la tettonica viene concepita come combinazione tra espressione architettonica, efficienza ed esecuzione della struttura portante. «Gli edifici buoni, convincenti al primo sguardo, confortevoli, che sorprendono e stupiscono, hanno un denominatore comune: una sintesi ben riuscita di tecnica e concezione spaziale»,<sup>4</sup> questa è la convinzione di Yves Weinand e del suo collaboratore Hans Ulrich Buri. In accordo con la definizione di tettonica di Kenneth Frampton,<sup>5</sup> essi intendono utilizzare la tecnica di costruzione in modo che sia parte fondamentale della concezione e che la influenzi attivamente.

La differenziazione operata da Karl Bötticher tra forma sostanziale e forma artistica, tra la struttura staticamente necessaria e la concezione eccessivamente artistica degli elementi costruttivi, che può dare un significato simbolico all'architettura,<sup>6</sup> viene ampliata da Buri e Weinand nel momento in cui la tettonica viene definita co-

117

me il «poetico potenziale espressivo della tecnica costruttiva».<sup>7</sup> Condizione necessaria per una qualità tettonica è, secondo loro, il dialogo costruttivo tra definizione spaziale e tecnica. Con l'avvertenza che la parola greca *tekton* significa anche “carpentiere” e con una spiegazione etimologica che riporta a Gottfried Semper, i due intendono ancorare il pensiero della tettonica innanzitutto al costruire con il legno.

Nell'era digitale, grazie anche a nuovi strumenti progettuali parametrizzabili e a modelli parametrici specifici, il legno può essere utilizzato come un materiale *high-tech*. Secondo questo tipo di approccio, la forma non viene più “disegnata” ma generata mediante un processo, governato da complessi algoritmi, che ne definisce l'ossatura e gli elementi costruttivi.<sup>8</sup>

#### Intessere e intrecciare

Dall'osservazione che le strutture tessili hanno buone qualità statiche e che il legno e i materiali tessili sono sorprendentemente simili, è nata all'IBOIS l'idea non soltanto di flettere ma anche di intessere e intrecciare il legno.<sup>9</sup> Yves Weinand crede che questo tipo di approccio sia adatto al materiale; così facendo si è infatti riusciti a sfruttare e trasformare in un vantaggio costruttivo la caratteristica a fibre del legno, che negli ultimi due secoli era invece stata vista come un limite. Ad esempio, Weinand ipotizza che le strutture portanti lignee intrecciate e curve sopportino in maniera eccezionale i terremoti, il vento e il carico da neve. Poiché il potenziale delle costruzioni in legno con strutture a tessuto non è stato al momento ancora sistematicamente analizzato con riferimento alla riduzione dei rischi di crollo,<sup>10</sup> all'IBOIS Yves Weinand e Markus Hudert hanno iniziato un progetto di ricerca dal titolo *Tessuti lignei portanti. L'utilizzo di principi tessili nella dimensione costruttiva*.

Le tecniche di tessitura sono considerate tra le prime conquiste artigianali dell'uomo: si pensi agli scritti di teorici dell'architettura come Rondelet o Viollet-le-Duc, che ipotizzarono un utilizzo delle tecniche dell'intreccio nella costruzione dei primi insediamenti umani fatti di rami e frasche; così come all'opera di Semper, il quale sottolineò la possibile origine dell'architettura nell'arte tessile.<sup>11</sup> Tuttora gli indigeni costruiscono i propri insediamenti grazie all'intreccio di strutture in bambù o materiali simili.

Per il progetto di ricerca all'IBOIS si è cercato per prima cosa il minimo comune denominatore di tutte le strutture tessili. Come modulo base di materiali a maglia e a tessuto sono stati individuati due elementi che si incrociano. Markus Hudert ha trasferito questo principio al legno, e ha così sviluppato il "modulo tessile": due strisce incrociate di compensato che creano una forma spaziale simile a un arco o a un guscio con una superficie a doppia curvatura. Le caratteristiche portanti di questo modulo sono vantaggiose: con un carico verticale sul punto centrale dell'arco si rinforza il profilo della sezione trasversale, il modulo si stabilizza e guadagna in comportamento statico. L'intreccio dell'elemento modulare, inoltre, produce un effetto a catena che rende la struttura più robusta: il collasso di un singolo elemento non comporta il collasso dell'intero sistema. Il modulo base viene utilizzato come trave o in combinazione con strutture maggiori. Per la mostra *Timber Project* è stato costruito il modulo come prototipo in grande scala.

In alternativa, possono essere intrecciati ad arco anche tre moduli tessili. Nel caso questi vengano disposti in fila e collegati l'uno con l'altro trasversalmente, è possibile creare una struttura leggera e trasparente di slanciata eleganza<sup>12</sup> che può essere rinforzata e ricoperta da una membrana translucida impermeabile. Purtroppo l'effetto spaziale così creato e il relativo gioco di luci e ombre non sono ancora direttamente apprezzabili. Hudert e Weinand sono convinti che simili strutture intrecciate siano realizzabili alla grande scala, ma oggi mancano ancora sia dei concorsi di architettura dedicati a questo tipo di costruzioni, sia degli incarichi diretti.

Il programma con cui le strutture intrecciate possono essere generate virtualmente e adattate grazie alla definizione dei parametri geometrici esiste già: si tratta di uno strumento parametrico che rende possibile differenti applicazioni. Ci si chiede, allora, se si viene così a creare una costruzione che si adatta in maniera autonoma alle variazioni di carico, anche improvvise, simile allo *SmartShell* di Stoccarda che Stefan Neuhäuser et al. descrivono in questo volume.<sup>13</sup>

Piegare

All'IBOIS il legno viene anche piegato, traendo ispirazione dall'origami, l'arte giapponese del piegare la carta.<sup>14</sup> Prima, la maggior parte delle strutture piegate erano in cemento armato, e sono state poi sostituite da quelle in materiali plastici rinforzati con fibra di vetro. Le strutture piegate in legno di solito sono più piccole e più semplici, costituite da pieghe parallele o concentriche. Anche in questo caso Yves Weinand, in collaborazione con Hans Ulrich Buri, si concentra su pannelli di legno compensato di grosse dimensioni e sulla possibilità di tagliarli grazie a una macchina computerizzata per la prefabbricazione di travi.

Fig. 1

Determinante è stato osservare come l'origami unisca in sé caratteristiche quali semplicità, omogeneità materica, pieghevolezza, potenziale ricchezza di forme e un economico impiego di materiale, oltre a una semplice tecnica di base che consente, attraverso delle variazioni geometriche, una sorprendente ricchezza di geometrie complesse. Weinand e Buri si sono interessati al trasferimento di questa capacità di creare forme complesse con mezzi semplici alla costruzione di strutture piegate in pannelli lignei. Hanno così sperimentato la procedura intuitiva del piegare la carta, con la convinzione che un lavoro manuale e spontaneo potesse portare a scoperte scientificamente valide. In seguito, i due hanno messo a punto uno strumento digitale in grado di rappresentare nello spazio le strutture piegate e di poterle modificare velocemente. Dato che la profondità e l'inclinazione delle pieghe determinano la capacità di carico, la forma può così essere definita per passaggi successivi. Come dimostrano i prototipi realizzati e le analisi statiche, le geometrie delle strutture piegate presentano interessanti valori di resistenza grazie all'azione contemporanea delle piegature: possono venire collegate facilmente ed economicamente, come possono essere facilmente montate. Forma e resistenza sono facilmente adattabili e anche le piegature complesse si lasciano modellare.

La prima struttura piegata, progettata e realizzata con questo metodo è la Cappella di St. Loup a Pompaples, nel Cantone di Vaud.<sup>15</sup> Il gruppo di architetti Localarchitecture e il Bureau d'architecture di Danilo Mondadas vinsero il concorso per il restauro della casa madre della comunità delle diaconesse di St. Loup. Dato che durante la fase dei lavori si rendeva necessaria una cappella provvisoria per le messe giornaliere, venne proposta una collaborazione con l'IBOIS. Fu così possibile testare, per la prima volta in maniera concreta, lo strumento di modellazione digitale come supporto per la collaborazione tra architetti e ingegneri già dalla fase di progettazione.

Due linee soltanto generarono la forma: il rettangolo della sezione trasversale e la linea a zig-zag della scanalatura della piega in pianta. Si creò così una forma architettonica nuova e autonoma, che sarebbe stata difficilmente realizzabile senza la strumentazione digitale. Ciò ha inoltre contribuito a razionalizzare il processo di produzione, dal momento che le linee di taglio dei pannelli sono state disegnate direttamente nello strumento di modellazione per poi venire consegnate al produttore. Un disegno esecutivo, pertanto, non fu necessario. Poiché le pieghe aumentano la resistenza delle superfici sottili, le strutture piegate potrebbero non solo coprire degli spazi ma anche funzionare come sistemi portanti e formare direttamente degli spazi. «La geometria ... integra involucro spaziale, struttura portante, costruzione, acustica e illuminazione in una forma omogenea che è chiaramente dettata dagli strumenti progettuali»,<sup>16</sup> dichiarano Buri e Weinand. Involucro, struttura e rivestimento interno derivano infatti da un unico strato di pannelli in legno. Nella prima fase progettuale, le pieghe parallele articolano lo spazio come fanno le colonne in una navata di una chiesa tradizionale. Nel progetto definitivo una piegatura ogni due è stata disposta diagonalmente, in modo da creare un sistema di piccole e grandi pieghe a direzione alternata che ravvivano lo spazio interno, migliorandone l'acustica e l'illuminazione e creando un'adeguata pendenza del tetto per favorire lo scolo delle acque. Come in Frei Otto, l'idea della riduzione al minimo necessario e l'ispirazione della natura hanno avuto un ruolo fondamentale. Anche la natu-

ra si serve del principio della piega nelle foglie delle piante e nelle ali degli insetti, per poter così creare superfici, grandi e stabili, con il minor dispendio possibile di materiale.

Comporre e saldare

Per poter disporre e congiungere i pannelli delle strutture piegate, delle strutture a tessuto o delle strutture disposte liberamente nello spazio, devono essere sviluppati dei giunti adatti. Tali giunti costituiscono per Yves Weinand uno dei campi di ricerca in assoluto più interessanti. Altre invenzioni, trasferite dall'industria delle lavorazioni delle materie plastiche e dei metalli alle costruzioni in legno – come la saldatura a frizione, che consente di connettere tra loro gli elementi in legno senza l'utilizzo di colle nocive per l'ambiente – sono per Yves Weinand meno significativi: «Adesso siamo finalmente arrivati ai giunti!»

Anche per questo i giunti sono un campo di ricerca particolarmente importante all'IBOIS, poiché costituiscono la metà dei costi di una costruzione in legno. Sono state sviluppate delle nuove connessioni dentellate di legno con legno per strutture spaziali come *dovetail joints* o *parametric woodworking joints*, che non necessitano di colle né di saldatura a frizione. Il ricercatore dell'IBOIS Christopher Robeller, ad esempio, indaga all'interno del suo dottorato lo sviluppo dei giunti in legno. Prima del suo impiego all'IBOIS collaborò, tra il 2008 e il 2010, col professor Achim Menges all'Isti-

tuto di progettazione digitale dell'Università di Stoccarda (Institut für Computerbasiertes Entwerfen/Computational Design, ICD) dove ha preso parte alla realizzazione del padiglione di ricerca temporaneo in legno.<sup>17</sup> Padiglione che, realizzato in collaborazione con l'Istituto di strutture e progettazione costruttiva (Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen/ITKE), anch'esso dell'Università di Stoccarda, impressionò per la dimostrazione pratica dello sviluppo delle nuove tecniche digitali di progettazione, visualizzazione e produzione grazie alla complessa struttura portante di oltre 500 fasce sottili di compensato. Le fasce di legno di betulla, della lunghezza di 10 m e dello spessore di solo 6,5 mm, vengono flesse in maniera tale da sviluppare una struttura che si stabilizza da sé sotto deformazione e che si irrigidisce. Ottanta di queste fasce vengono assemblate a formare un anello di 10 m di circonferenza e una campata di 3,50 m.

Anche questo padiglione mostra l'influenza dell'idea di *form-finding* di Frei Otto. Achim Menges definisce Otto un importante precursore del concetto di *Computational Design*,<sup>18</sup> che al contrario dell'ordinaria restituzione digitale di un progetto (CAD) non serve soltanto alla descrizione della forma ma anche alla sua generazione. Per Menges, il contributo fondamentale di Otto consiste nell'aver portato la metodologia di progetto a un gradino superiore: non più definizione della forma, bensì *form-finding*. Questo significa che, dopo la scelta dei materiali e la definizione dei parametri di partenza, si crea uno stato di equilibrio e nasce la forma.

Otto ha usato il materiale come fosse un computer analogico. Menges definisce questo processo *Computational Design*, sebbene esso sia stato portato avanti quasi



Figura 7.  
Cappella St. Loup, vista  
esterna (foto Fred Hatt).

Figura 8.  
Cappella St. Loup, vista  
interna (foto Fred Hatt).





senza l'impiego del computer stesso. Un aspetto non secondario di questo approccio consiste nel parametrizzare: operazione che, per Menges, consiste nell'utilizzare un modello matematico per scomporre digitalmente un sistema complesso secondo specifici criteri in un numero definito di elementi. In questo processo il cambiamento di ciascun parametro comporta una modifica di tutti gli elementi del sistema. A differenza della modellazione parametrica, nella progettazione parametrica (come nel caso dei padiglioni per Stoccarda e per Mendrisio) non variano solo i parametri ma anche l'elaborazione del codice informatico, definito e programmato appositamente.

Dal 2006 l'IBOIS ha esplorato le geometrie complesse delle costruzioni in legno. Uno dei primi prototipi realizzati fu il guscio a graticcio in legno con delle linee geodetiche su superfici di forme libere. Nel 2008 fu realizzata la struttura piegata della Cappella di St. Loup con sistemi di pareti prefabbricate in legno. Dal 2010 le caratteristiche statiche e geometriche di questi esempi sono state allargate alle superfici curve, come il padiglione dell'IBOIS a Mendrisio. Ciò si traduce ovviamente in una maggiore resistenza alla flessione, ma comporta altre difficoltà come la definizione delle giunzioni. Questo padiglione (lungo 13,5 m, largo 4,5 m e alto fino a 3,2 m) era composto da cinque elementi curvati di compensato; due di essi servivano come pareti, tre da copertura. Con uno spessore di 77 mm, la struttura arrivava a una portata di 13,5 m.

Una sfida particolare per i progettisti Yves Weinand, Christopher Robeller e Sina Nabaei è stata l'invenzione dei giunti agli angoli della struttura piegata, punto cruciale per l'intero processo progettuale.<sup>19</sup> Anche nel caso del padiglione per Mendrisio, la forma non è stata creata ma generata da parametri come raggio di curvatura, angoli, geometria delle giunzioni, realizzazione pratica e caratteristiche del ma-

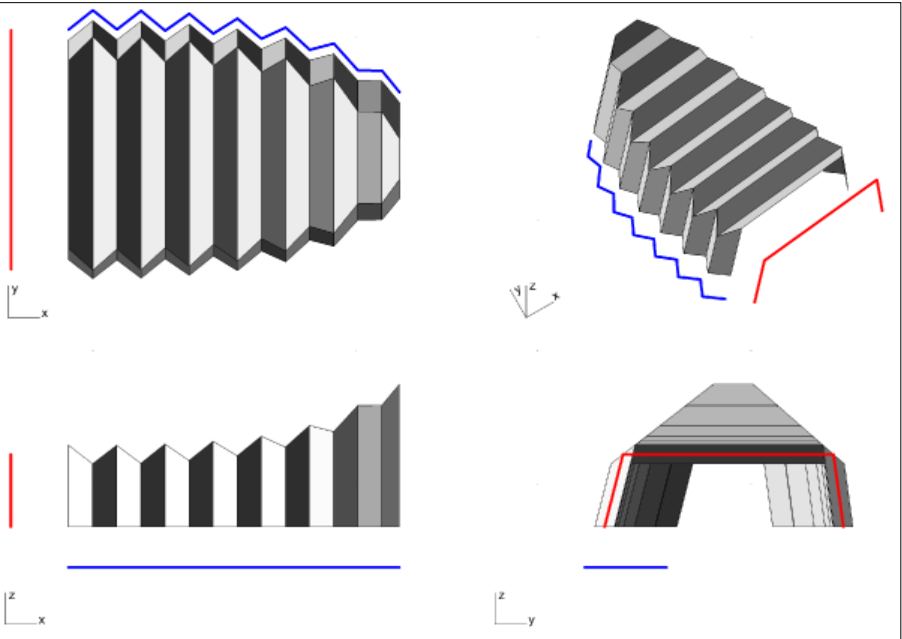


Figura 9.  
Cappella St. Loup, disegni  
dalla fase di progettazione  
(IBOIS).

Figg. 7-10

Figura 10.  
Cappella St. Loup,  
particolare della  
congiunzione tra parete e  
copertura della struttura  
piegata (foto Fred Hatt).



teriale. Confrontando questi parametri con le analisi della statica, la forma è stata ottimizzata in maniera iterativa: tramite la simulazione numerica dei carichi si calcolava infatti lo spessore necessario del materiale. Al fine di minimizzare i costi di produzione, per tutti i cinque pezzi del padiglione è stata scelta la stessa curvatura, con una campata di 5,9 m.<sup>20</sup>

Le giunzioni non ortogonali dei pannelli a curvatura semplice in legno lamellare a strati incrociati (*Cross Laminated Timber/CLT*) non sarebbero state possibili con la tecnica tradizionale, che avrebbe richiesto una fase di incollatura o l'impiego di inserti metallici. Per poter arrivare a una soluzione esteticamente e costruttivamente convincente, all'IBOIS sono state modificate le tradizionali tecniche della falegnameria delle giunzioni a coda di rondine, *dovetail joints*. È stato possibile congiungere gli elementi verticali del prototipo per Mendrisio in scala 1:1 con la tecnica delle giunzioni a coda di rondine, mentre non si è potuto utilizzare tale tecnica nella zona dei giunti radiali dove gli angoli erano minori di 160 gradi. A connettere gli elementi di copertura, sono stati quindi fresati degli intagli di 30 mm nei pannelli, che sono stati successivamente riempiti di elementi di legno impiallacciato (*Laminated Veneer Lumber/LVL*) e infine incollati.<sup>21</sup> L'intera geometria di giunzione è stata resa possibile grazie a un apposito strumento di calcolo numerico. È stato così possibile tagliare tutti gli elementi da un unico pannello flesso di 17 m con sette robot CNC, senza spreco di materiale. Per Weinand è di particolare importanza la produzione integrata dell'elemento costruttivo e del giunto. Entrambe avvengono in un unico processo e i costi vengono così ridotti sensibilmente: «È sorprendente osservare come l'ingegnere calcoli molto per poter ottenere la sezione trasversale minore, mentre la quantità di legno rappresenta solo la metà del costo ...; se si può risparmiare sulla tecnologia dei giunti, si ottiene molto di più che attraverso la ridu-

zione della sezione trasversale». Inoltre, sottolinea ancora Weinand, i giunti parametrici legno con legno rappresentano un importante punto di partenza per lo sviluppo di una nuova tettonica.

Etica professionale dell'ingegnere e dell'architetto

La progettazione di innovativi metodi di giunzione come *dovetail joints* o *parametric woodworking joints* richiede una stretta collaborazione tra architetto e ingegnere. Già dalla scelta dei materiali Yves Weinand constata differenze sostanziali tra gli uni e gli altri: «Si sa che gli ingegneri optano sempre per un unico materiale». La scelta dell'ingegnere per il legno o per il cemento comporta differenze e conseguenze di ampia portata. Nel costruire con il legno, il progetto va infatti definito preventivamente in toto, dato che poco si lascia modificare durante la fase di cantiere. Successivi interventi progettuali modificano non solo i giunti in legno ma anche l'aspetto dell'edificio e la tettonica della costruzione. Optare per il cemento armato dimostra invece, secondo Weinand, anche l'immagine professionale che hanno di sé gli ingegneri: «Costruire con il legno richiede una maggiore armonia interdisciplinare, per ottenere una determinata soluzione».

Il fatto che, storicamente, la costruzione con il legno sia stata un ambito di studio degli Istituti di ricerca sull'acciaio e poi sul cemento armato ha causato una mancanza di ricerca su questo materiale. Soltanto a partire dagli anni Settanta si sono create le prime cattedre autonome per le costruzioni in legno, per primo l'IBOIS a Losanna, nel 1979. Secondo Yves Weinand, «il sapere intuitivo dei carpentieri si è andato perdendo da quando nel XVIII secolo si è sviluppato il mestiere di *Ingénieur des Ponts et Chaussées*: i nuovi ingegneri non usavano il legno perché lo consideravano a priori un materiale inferiore rispetto all'acciaio e al cemento».<sup>22</sup> L'argomento – sostenuto da alcuni ingegneri anche durante la nostra conferenza – che le strutture a guscio possano essere realizzate solo in paesi con un basso costo del lavoro, viene rifiutata da Weinand con un sorriso: «Ora non posso che citare la provocazione del mio predecessore, che disse: se si vuole gettare il cemento, va prima di tutto costruita una cassaforma in legno». Da questa constatazione, Weinand ha sviluppato idee per strutture di giunzione in cemento e legno: gusci in legno sui quali viene gettato un sottile strato di cemento, armato e connesso, in modo tale che entrambe le costruzioni collaborino e siano strutturalmente attive.

Yves Weinand è affascinato dalle figure che lavorano al confine tra architettura e ingegneria. Come l'ingegnere e architetto Salomon de Caus, di cui si occupò in occasione di un progetto multidisciplinare finanziato dalla Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).<sup>23</sup> Il decoratore di teatri e progettista del giardino del Castello di Heidelberg si guadagnava da vivere disegnando prospettive, che suscitarono l'interesse di Weinand: portare la presenza della tecnica in superficie e mostrarne la struttura è stata la motivazione che l'ha spinto a studiare, oltre all'architettura, ingegneria edile. «Nell'architettura mi affascina sempre questa componente strutturale che ha a che fare anche con la tettonica. Questo non c'entra ancora direttamente con la forma o con il *form-finding* ma con il piacere di evidenziare la forza espressiva degli elementi strutturali nell'architettura».

Estetica della forma, della struttura e dello spazio

Weinand cerca di unire gli elementi forma, struttura e spazio, nonostante per lui lo spazio abbia un ruolo secondario che influenza solo indirettamente il progetto.

Esistono principalmente tre elementi: forma, struttura e spazio. Noi parliamo meno dello spazio. Lo spazio è davvero quella cosa che è connessa all'aspetto architettonico. Nel nostro studio suggeriamo programmi che rimangono molto semplici perché a noi interessa in primo luogo la tensione tra forma e struttura. Ovviamente anche lo spazio ha un ruolo. Ma molti colleghi iniziano con l'organizzazione degli spazi. Noi non facciamo così. Io credo a un'interazione tra forma e struttura che in alcuni casi è decisamente armonica e grazie a questo esprime la propria forza. Queste sono le costruzioni che ci interessano davvero molto.

Qui si nota una chiara differenza con Frei Otto o Lisbeth Sachs, per i quali la particolarità delle strutture a superfici autoportanti non è soltanto «il piacere di inventare la pelle»,<sup>23</sup> quanto piuttosto il loro fluido sviluppo spaziale.

Un'altra esigenza estetica dell'IBOIS è di realizzare costruzioni le cui strutture e superfici, struttura portante e forma, siano assolutamente identiche. Per questo è per Weinand così importante lavorare con materiali a pannelli. Con lastre portanti in legno, come nella Cappella di S. Loup, si riescono a creare forme libere, nelle quali le superfici costituiscano anche lo strato portante.

Senza dubbio la Multihalle di Mannheim è stata un importante punto di partenza per Weinand. Egli critica invece aspramente un'altra costruzione a guscio, opera di Shigeru Ban, molto apprezzata da Frei Otto:<sup>24</sup> «Nel Centre Pompidou di Metz viene costruita soltanto un'immagine. Non si legge una interazione tra forma e struttura e inoltre ci sono grossi problemi nei dettagli costruttivi. Il materiale non viene più spinto in questa forma come nel caso di Mannheim. Non è nemmeno come nelle sedie Thonet, dove la forma si impone, ma piuttosto viene preso un pezzo di legno dritto e lo si fresa curvo». Weinand non accetta la motivazione secondo la quale la forma deriva dalla struttura intessuta di un cappello di paglia. Un architetto non dovrebbe mai utilizzare superficialmente un'immagine senza capirla anche del tutto costruttivamente. Nel Centre Pompidou di Metz gli elementi costruttivi sono stati «fresati come sculture» causando notevoli problemi costruttivi, dal momento che non è stata tenuta in considerazione la consistenza delle fibre del legno. Ciò ha portato a una diminuzione del 20% della capacità di resistenza del materiale. Decisamente più interessanti sono per lui il sistema Zollinger, la Salzlagerhalle di Hugo Häring o altri sistemi analoghi che presentano una logica costruttiva maggiore. Weinand stesso cerca di trovare soluzioni facili e convincenti che soddisfino quante più esigenze possibili.

Conclusione: una nuova tettonica per la costruzione in legno digitalizzata

Weinand non riprende dogmaticamente il concetto del *form-finding* di Frei Otto, ma piuttosto lo utilizza solo in alcuni progetti: per questo non si creano banali analogie. Infatti, non vengono imitate delle forme ma sono piuttosto sviluppati dei concetti insiti nel materiale: «Abbiamo un approccio piuttosto pragmatico e non fi-

losoficamente così profondo come credo lo cercasse Otto», riassume Weinand in maniera autocritica. Le sue idee si spingono però ben oltre il puro pragmatismo e forse sono più vicine a quelle di Otto di quanto egli stesso creda, come mostrano le piante per il prossimo padiglione dell'IBOIS.

Già i primi padiglioni a pannelli portanti in legno hanno sorpreso con il loro rovesciamento del rapporto tra asta e pannello e la conseguente nuova tettonica dei pannelli in legno. Tuttavia, nelle strutture piegate realizzate grazie allo strumento dell'origami sta in primo piano la geometria globale, mentre la geometria locale del giunto viene presa in considerazione solo in un secondo momento. Nel prossimo padiglione dovrà essere definita soltanto una certa tolleranza negli angoli, grazie alla quale poter spostare agevolmente le giunzioni tra i pannelli. Weinand spiega che è stato sviluppato un algoritmo in grado di calcolare il margine di libertà per la disposizione delle tavole, così da poter fissare e realizzare ciascuna connessione. «Vogliamo utilizzare la specificità di giunti in legno e la fabbricazione come strumenti concettuali per il *form-finding*. Anche se non sappiamo bene cosa ne uscirà. È un esperimento». Anche qui sono innegabili delle analogie con Frei Otto: l'idea progettuale di base nasce da una riflessione concettuale, mentre la forma finale si sviluppa in un processo sperimentale.

126

Andremo a generare le forme finali partendo dalla giunzione. E credo che questo possa portare a una tettonica particolare. Quella cioè che la *veritas* della costruzione secondo Vitruvio si legge anche nella giunzione. ... Ce ne sono sempre meno al giorno d'oggi. Ci sono forme che vengono generate virtualmente e forme che devono essere imitate. Noi non vogliamo imitare delle forme, le vogliamo generare.

Weinand definisce qui due differenti principi in base ai quali generare una forma. Questo termine include sia il produrre, il creare o l'immaginare in maniera attiva, sia un atteggiamento più passivo del prendere forma, del lasciar succedere o del prodursi. Da un lato c'è la creazione attiva, la genesi (alla fine grazie a uno spirito creatore); dall'altro la creazione che si autoregola e che non si lascia influenzare dall'esterno. Il formare consapevole – e, secondo Frei Otto, il *deformare* – contrasta con il lasciare sviluppare la forma (*form-finding*). Un terzo tipo di approccio consiste invece in un atteggiamento formalista, nel quale vengono sfruttate in maniera superficiale le infinite possibilità della tecnologia digitale.

Il principio di Weinand, che parte dallo studio del materiale e dalla considerazione approfondita del dettaglio architettonico (e in particolare il giunto), ricorda la *tectonic of assembly* di Renzo Piano e Richard Rogers che Roberta Grignolo descrive nel suo saggio<sup>25</sup> e che appare profondamente radicata nell'artigianato. Il materiale, le sue caratteristiche e le sue possibilità di connessione sono al centro delle ricerche dell'IBOIS, e in generale, come ha constatato Irina Davidovici,<sup>26</sup> sono temi tipici dell'architettura svizzero-tedesca a partire dagli anni Ottanta. Tuttavia, curvando, intessendo, intrecciando, piegando, componendo e saldando il legno, Weinand – architetto belga con una cattedra nella Svizzera francese – trascende gli stretti confini del “corretto costruire” dell'area svizzero-tedesca.

L'IBOIS sviluppa strumenti parametrici di progetto che si basano sulle caratteristiche specifiche del materiale legno. Vengono ricercati nuovi pannelli lignei, nuovi metodi di lavorazione e nuove tecniche di giunzione così come possibilità

innovative di rappresentare e calcolare le strutture portanti. L'obiettivo è di unire efficacemente progetto e costruzione, oltre che di integrare i vincoli architettonici, strutturali e produttivi. Weinand stesso descrive così questo approccio: «Noi abbiamo un principio pratico. Vogliamo sovrapporre la geometria del taglio delle piastre con il taglio della giunzione legno con legno che vengono parametrizzate contemporaneamente».

A convincere, in maniera particolare, è il fatto che il processo che genera la forma viene determinato soltanto dal materiale stesso e da come viene deformato sotto carico. Secondo Weinand è una sfida per i matematici e gli ingegneri, ma allo stesso tempo una garanzia per la qualità tettonica della forma. Poiché la forma si lascia creare e modificare dal controllo dei parametri, la tettonica ottiene una nuova attualità perché il modello parametrico può mediare tra spazio e tecnica.<sup>27</sup> La canonizzazione del parametricismo a stile del XX secolo operata da Patrik Schumacher non riesce a convincere;<sup>28</sup> al contrario, convincono molto gli strumenti progettuali dell'IBOIS, che nascono prima da un processo riflessivo e solo successivamente vengono utilizzati per verificare possibili forme.

(Traduzione di Rosalba Maruca, Elisabeth Bergmann e Gabriele Neri).

127

Abstract

Timber Constructions at the IBOIS. Bending, weaving, interbraiding Timber: a Conversation with Yves Weinand

How is it possible today to build with timber in an innovative manner? With appealing aesthetics, a convincing structural concept, and appropriate to the material involved? Architect and civil engineer Yves Weinand runs an office in Belgium and has also since 2004 been the director of IBOIS, the laboratory for timber construction at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). He heads an interdisciplinary team of researchers, including architects, engineers, mathematicians, and computer scientists. The aim of IBOIS is to develop innovative timber materials that can be manufactured in an economical way. Important fields of research are load-bearing timber panels and volumes, origami-like folded plate structures, new types of connection such as friction welding of wood, and the application of textile principles on the scale of a building.

Weinand's approach to form, like Frei Otto's, starts from area-covering structural elements. Both architects develop their design concepts through a process of conceptual reflection, while by contrast the final form arises in an experimental process. Weinand does not adopt Otto's idea of form-finding in a dogmatic manner, but only for a few projects. More important to him is the work-inherent derivation of form starting from the material or from an important architectural detail such as the timber joint. His approach is thus similar to Renzo Piano's and Richard Rogers' concept of a "tectonic of assembly" – described by Roberta Grignolo elsewhere in this publication – and is also deeply rooted in handicraft. But by bending, weaving, interbraiding and joining timber, Yves Weinand is bursting the narrow limits of the Swiss-German art of "correct building". What appears to me to be the most persuasive aspect is that in his load-bearing timber fabrics with textile modules, the process of form generation is determined by the material itself and by its deformation. According to Weinand, this represents a substantial challenge for mathematicians and engineers, but at the same time it guarantees the tectonic quality of the form. Tectonics is thus becoming a topical subject once again, as the parametric model developed by the IBOIS team manages to mediate between space and technology.

Note

- 1. Tutte le citazioni seguenti senza nota: Yves Weinand in un'intervista con l'autrice, Losanna, 26 novembre 2013.
- 2. «Ich glaube sehr stark an in der Fläche tragen-

- de Bauwerke. Flächige Tragwerke sind direkt Hülle und Struktur. Struktur und Oberfläche sind eins, Tragstruktur und Form völlig deckungsgleich».
- 3. Un aspetto che la messa in scena delle *Architettature elastiche* di Riccardo Blumer e dei suoi studenti di primo anno dell'a.a. 2012-2013 ha suggestivamente reso evidente durante il convegno.
- 4. H.U. Buri, Y. Weinand, *Die Tektonik der Holzarchitektur im digitalen Zeitalter*, in *Bauen mit Holz. Wege in die Zukunft*, catalogo della mostra (München, Architekturmuseum der TU München, Pinakothek der Moderne, 10 novembre 2011-5 febbraio 2012), Prestel, München 2011, pp. 56-63, p. 56; H.U. Buri, Y. Weinand, *Holz – Tektonik – Digital*, "Baunetzwoche", n. 253, 2012, pp. 7-13, p. 8 (disponibile in: [http://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche\\_ausgabe\\_2427387.html](http://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche_ausgabe_2427387.html), visionato il 27 giugno 2014).
- 5. K. Frampton, *Studies in Tectonic Culture. The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*, MIT Press, Cambridge 1995.
- 6. K. Bötticher, *Die Tektonik der Hellenen*, Verlag Ferdinand Riegel, Potsdam 1844.
- 7. Buri, Weinand 2011 (vedi nota 4), p. 56.
- 8. Buri, Weinand 2012 (vedi nota 4), pp. 7-13; A. Picon, *L'Architecture et le virtuel. Vers une nouvelle matérialité*, in J.-P. Chupin, C. Simonnet (a cura di), *Le Projet Tectonique*, Infolio, Paris 2005.
- 9. M. Hudert, Y. Weinand, *Tragendes Holzgewebe*, "Holzforschung Schweiz", 1, 2009, pp. 7-9; M. Hudert, M. Sistaninia, Y. Weinand, *Structural Timber Fabric. Applying Textile Principles on Building Scale*, 2010 (disponibile in: <http://infoscience.epfl.ch/record/151427>, visionato il 7 maggio 2014); M. Hudert, *Timberfabric. Applying Textile Assembly Principles for Wood Construction in Architecture*, EPFL, Lausanne 2013.
- 10. Y. Weinand, *Neue Wege für Holztragwerke. Das Forschungslabor IBOIS an der EPF Lausanne*, in A. Flury (a cura di), *Kooperation. Zur Zusammenarbeit von Ingenieur und Architekt*, Birkhäuser, Basel-Boston-Berlin 2011, pp. 91-101, pp. 92-94.
- 11. J.-B. Rondelet, *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, Imprimerie de Fain, Paris 1802-1817. E.E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, V.A. Morel, Paris 1854-1868. G. Semper, *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten, oder Praktische Ästhetik. Ein Handbuch für Techniker, Künstler und Kunstfreunde*, vol. 1: *Die Textile Kunst, für sich betrachtet und in Beziehung zur Baukunst*, Verlag für Kunst und Wissenschaft, Frankfurt am Main 1860; vol. 2: *Keramik, Tektonik, Stereotomie, Metallotechnik für sich betrachtet und in Beziehung zur Baukunst*, Friedrich Bruckmann, München 1863.
- 12. Hudert, Weinand 2009 (vedi nota 9), pp. 7-9, immagini p. 9; Hudert, Sistaninia, Weinand 2010 (vedi nota 9).

- 13. Cfr. il saggio di Stefan Neuhäuser et al. in questo volume.
- 14. H.U. Buri, *Origami. Folded Plate Structures*, tesi di dottorato, EPFL, Lausanne 2010; H.U. Buri, Y. Weinand, *Origami aus Brettsperholz*, "Detail", 50, 2010, n. 10, pp. 2-4.
- 15. Nel 2008 viene realizzata la Cappella di St. Loup di H.U. Buri e Y. Weinand a Pompaples (Svizzera); cfr. H.U. Buri, Y. Weinand, *Gefaltet*, "TEC21", 135, 2009, n. 8, pp. 18-22; Buri, Weinand 2012 (vedi nota 4), pp. 7-13; H.U. Buri, Y. Weinand, *Die provisorische Kapelle von St. Loup*, "Holzforschung Schweiz", 2008, n. 2, pp. 16-20.
- 16. Buri, Weinand 2012 (vedi nota 4), p. 12; H.U. Buri, Y. Weinand, *Kapelle St. Loup in Pompaples*, "Detail", 50, 2010, n. 10, pp. 1028-1031.
- 17. Progetti presentati in: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=4458>; [http://www.uni-stuttgart.de/hkom/presseservice/pressemitteilungen/2010/mitteilung\\_0088.html?\\_\\_locale=en](http://www.uni-stuttgart.de/hkom/presseservice/pressemitteilungen/2010/mitteilung_0088.html?__locale=en), visionati il 5 maggio 2014.
- 18. N.N., *Interview mit Achim Menges*, "Baunetzwoche", n. 253, 2012, pp. 14-16 (disponibile in: [http://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche\\_ausgabe\\_2427387.html](http://www.baunetz.de/baunetzwoche/baunetzwoche_ausgabe_2427387.html), visionati il 27 giugno 2014).
- 19. C. Vielhauer, *Besondere Verbindung: doppelt gekrümmte Holzschale der EPFL Lausanne*, "Detail. Das Architekturportal", 26 novembre 2013 (disponibile in: <http://www.detail.de/architektur/themen/besondere-verbindung-doppelt-gekruemmt-holzschale-der-epfl-lausanne-022346.html>, visionato il 5 maggio 2014); C. Robeller, S. Nabaei, Y. Weinand, *Design and Fabrication of Robot-Manufactured Joints for a Curved-Folded Thin-Shell Structure Made from CLT*, in *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design*, Wien-New York 2014, pp. 67-81; M. Savoyat, IBOIS Pavillon, Mendrisio. *Origami aus gekrümmtem Holz*, "TEC21", 140, 2014, n. 34, pp. 26-29.
- 20. Savoyat 2014 (vedi nota 19), p. 28.
- 21. I giunti a coda di rondine hanno funzionato; soltanto la fessura della copertura non ha resistito alla pioggia torrenziale dell'inverno ticinese 2013-2014, secondo Weinand prevedibilmente visto il risparmio di vernice protettiva. La fessura si ingrandì, andando a pregiudicare la sicurezza della costruzione. Pertanto il padiglione è stato segato e ridotto a fatica in piccoli pezzi dal personale tecnico dell'Accademia di architettura a fine marzo 2014.
- 22. Y. Weinand, *Neue Wege für Holztragwerke. Das Forschungslabor IBOIS an der EPF Lausanne*, in Flury 2011 (vedi nota 10), p. 91; Buri, Weinand 2011 (vedi nota 4).
- 23. Y. Weinand, *Die Maschinen des Salomon de Caus - Dokumentation der Planung und Realisierung einer Konstruktion*, in B.E.H. Schmuhl (a cura di), *Maschinen und Mechanismen in der Kunst*, Wißner-Verlag, Augsburg 2006, pp. 257-305.

- 24. Cfr. E. Bergmann, *La "filosofia architettonica" di Frei Otto*, in questo volume.
- 25. Frei Otto in un'intervista con l'autrice, Warmbronn, 17 maggio 2013.
- 26. Cfr. il saggio di Roberta Grignolo in questo volume.
- 27. I. Davidovici, *Forms of Practice. German-Swiss Architecture 1980-2000*, gta Verlag, Zürich 2012.
- 28. Buri, Weinand 2012 (vedi nota 4); Picon 2005 (vedi nota 8).
- 29. Cfr. E. Bergmann, *La "filosofia architettonica" di Frei Otto*, in questo volume.