

Museum für Fotografie

Yves Weinand
Bureau d'étude Weinand, Liège



Abb. 1: *Museum für Fotografie*

1 ZUM ENTWURF

Für das Museum für Fotografie in Charleroi (Belgien) war eine Erweiterung zur Unterbringung der Dauerausstellung von rund 1200 m² erforderlich. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Architekten *ESCAUT Architecture* und dem *Bureau d'Etudes Weinand* entstand ein sowohl aus architektonischer Sicht als auch aus konstruktiver Sicht anspruchsvolles Gebäude.

Von architektonischer Wichtigkeit war die Einbettung des Neubaus in einen Park (Abb. 2).

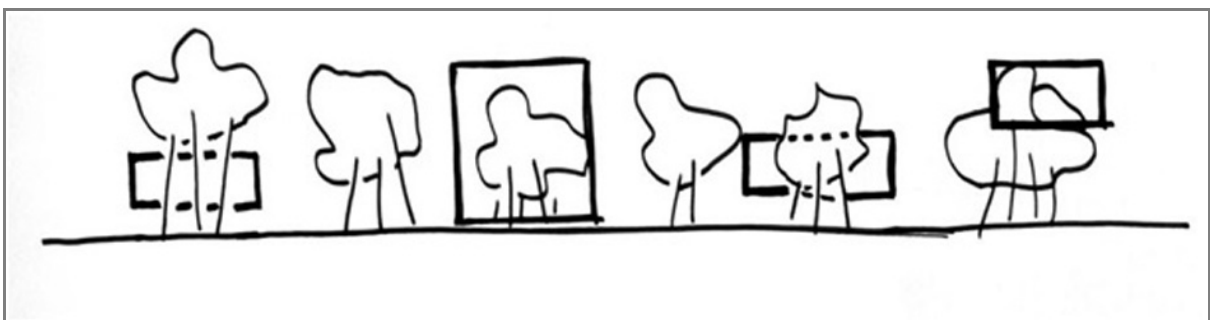


Abb. 2: *Basiskonzept - das Museum als Verlängerung des Parks*

Die Architekten entwickelten diesbezüglich eigens eine Formensprache, die dazu führte, relativ freie Volumen räumlich anzuordnen. Dadurch entstand eine Besonderheit: ein moderner Kubus, von welchem ein beeindruckender Ausstellungssaal frei schwebend in rund 7.30 m Höhe auskragt. Diese Auskrragung definiert einen Aussenraum. Der Unterbau wurde vollständig aus Stahlbeton ausgeführt und ab einer gewissen Höhe (rund 4.0 m über dem Boden) wurde in Massivholzweise weitergebaut. Hier entstand die besondere Situation der Auskrragung.

Die Auskrragung als solche beträgt 11.0 m und die Höhe des auskragenden Geschosses 5.50 m. Einzelne Fussbodenbereiche spannen über 9.0 m. Eine geeignete Konstruktionslösung musste gefunden werden. Idealerweise sollten Form und Struktur ein und dieselbe architektonische Sprache sprechen. Die Lösung bestand darin, Massivholzplatten aus denen Wände, Dach und Fußboden des auskragenden Teils sind, tragend einzusetzen.

Die Gebäudegeometrie ermöglicht eine Aufgliederung der Konstruktion in tragende Achsen, die als Schotten ausgeführt wurden und 11.0 m auskragen. Jede dieser Schotten weist eine unterschiedliche Situation mit unterschiedlichen Öffnungen auf. Durchbrüche, aber auch seitlich anschliessende Wände verändern die Ausgangssituation und führen in jedem Einzelfall zu einem spezifischen, statischen Modell. Letztendlich entstand ein räumliches Traggebilde, welches im Stande ist, kastenähnlich Kräfte entlang beider Hauptrichtungen abzutragen. Die in Hauptrichtung auskragenden Schotten wurden durch seitlich anschließende Wände stabilisiert (Kippgefahr). Diese Schotten wurden in einer Stärke von 236 mm ausgeführt.

Die horizontalen tragenden Flächen wurden unter- bzw. überspannt und konnten auf einen Dreifeldträger als statisches Modell reduziert werden. Bodenelemente wurden in einer Stärke von 276 mm ausgeführt, Deckenelemente in einer Stärke von 221 mm.

2 PROBLEMATIK HOCHKANT EINGEBAUTER MASSIVHOLZPLATTEN

Im Regelfall kommen Holzmassivplatten als horizontal gelagerte Bodenplatten oder als vertikal stehende Wandelemente zum Einsatz. Ihre Anwendung wurde im Übrigen zunächst im Wohnungsbau gesehen. Die hieraus resultierenden Zulassungen, vor allem in Österreich und Deutschland, sehen deren Anwendung ausschliesslich in den beschriebenen Situationen vor.

Das Deutsche Institut für Bautechnik hat verschiedene Untersuchungen durchgeführt und als Zulassung herausgegeben, welche allerdings ausschliesslich für die klassische Einbauweise gelten.

Seite 7 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-9.1-462 vom 12. Januar 2001

Tabelle 2: Zulässige Spannungen im Lastfall H und Rechenwerte für Elastizitätsmodul für SANTNER HolzBaulemente bei einer Beanspruchung parallel zur Faserichtung der Decklagen, bezogen auf den Gesamtquerschnitt (in MN/m²)

Art der Beanspruchung	Anzahl der Brettlagen			
	3	5	7	9
Biegung rechtwinklig zur Bauteilebene zul σ_B	11	10	9,0	8,0
Zug in Bauteilebene zul σ_{zx}	4,5			
Druck in Bauteilebene zul σ_{Dx}	8,5	8,2	8,0	7,7
Schub in Bauteilebene zul τ_{zx}	0,75	0,62	0,5	0,37
E-Modul Biegung rechtwinklig zur Bauteilebene E_B	11000	9000	7500	5000
E-Modul Druck in Bauteilebene E_{Dx}	7000			

3.2.4 Für den Knicknachweis sind die Knickzahlen ω der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Knickzahlen ω für SANTNER HolzBaulemente in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad λ .

Schlankheitsgrad λ	Knickzahl ω	
	dreischichtiger Aufbau	siebenschichtiger Aufbau
0	1,00	1,00
10	1,00	1,00
20	1,00	1,00
30	1,00	1,00
40	1,03	1,05
50	1,11	1,18
60	1,25	1,39
70	1,45	1,78
80	1,75	2,33
90	2,22	2,95
100	2,74	3,64
110	3,32	4,40
120	3,95	5,24
140	5,37	7,13
160	7,02	9,31
180	8,88	11,78
200	10,96	14,55

Die Knickzahlen für Elemente mit einem fünf- oder neunlagigen Aufbau dürfen linear inter- bzw. extrapoliert werden.

90556.00



Abb. 3: Zulassung Santner Holzbauelemente

Hochkant eingebaute Platten wurden unserer Kenntnis nach bis jetzt noch nicht normiert.

Relativ neuartig sind diejenigen Versuche, die darauf abzielen, das Tragverhalten dieser Platten unter in ihrer Ebene wirkenden Kräften zu betrachten.

Insbesondere hochkant eingebaute Platten müssen über einen Wechselfluss der Kräfte, von einer Brettlage zur nächsten, Schubspannungen übertragen. Da die Bretter, aus denen die Platten bestehen, allerdings jeweils um 90° zueinander verdreht verleimt werden, erhalten auch solche Brettschichten Schubspannungen, bei denen die Spannungen rechtwinklig zur Faser angreifen.

Bekanntlicherweise liegen die Widerstandswerte in diesem Fall sehr tief und müssen genau betrachtet werden. In der folgenden Abbildung wird dieser Beanspruchungsmodus schematisch illustriert.

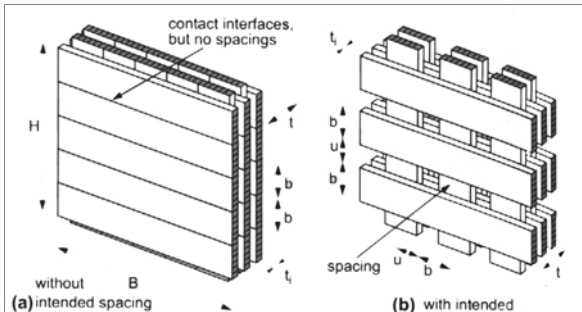


Abb. 4: Terminology and definitions for CLT plate elements, (a) standard configuration $U = 0$, without being lued at the narrow faces, (b) non-standard configuration $U > 0$
Cross-Laminated Timber Wall Segments under homogeneous Shear with and without Openings, WCTE, 2006, Portland.
 Thomas Moosbugger, Werner Guggenberger, Thomas Bogensperger

3 AUSFÜHRUNG

Das ausführende Unternehmen beauftragte unser Büro ebenfalls mit der Herstellung der Elementpläne. Zunächst wurden die Statikpläne angefertigt, worauf die Elementaufteilung bereits ersichtlich ist. Prinzipielle Details wurden bereits zur Ausschreibung berechnet und gezeichnet. Nach Projektvergabe und Überarbeitung durch das ausführende Unternehmen konnten alle Details endgültig festgelegt werden. Die Anfertigung der Elementpläne ermöglichte eine erneute Kontrolle, nicht nur aller Abmessungen der Platten, sondern auch deren Verbindungen.

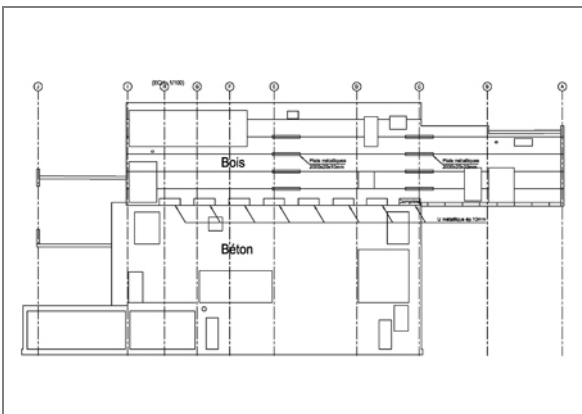


Abb. 5: Ansicht einer Schotte mit Plattenunterteilung

Auf dem Statikplan ist die Aufteilung einer Scheibe in Elemente mit einer Breite von 1.25 m zu erkennen.

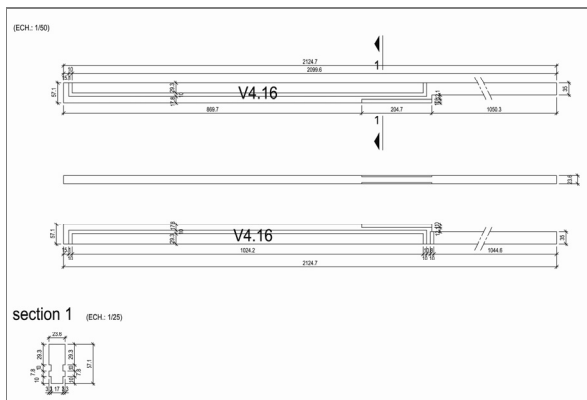


Abb. 6: Elementplan

Jedes Element wird mit einer Datei und einem dazugehörigen Plan beschrieben. Dieser Plan erhält die sechs Ansichten mit allen Abkantungen und Einschnitte vermasst. Die Datei kann als Solide exportiert werden und von einer CNC-gesteuerten Zuschnittmaschine eingelesen werden.

4 BEMESSUNG

Als Scheibenelemente wurde die Geometrie einzelner Schotten in den Rechner eingegeben. Diese Eingabe sieht die monolithische Verbindung der Fläche als Ganzes vor. Da eine einzige Schotte aus mehreren 1.25 m breiten (bzw. hohen) Massivholzplatten zusammengesetzt wird, mussten die Platten in geeigneter Weise kraftschlüssig verbunden werden. Im nächsten Schritt wurde dann die Schotte als Ganzes an den bereits bestehenden und in Stahlbeton ausgeführten Bau befestigt.

Der Schubfluss von einer Platte zur nächsten wird über beidseitig angebrachte Stahlbleche oder Mehrschichtplatten weitergeführt. In den Auflagerbereichen (maximale Querkraft über Trägerhöhe) mussten alle Verbindungen mit Stahlblechen verstärkt werden.

Zur Gesamtsteifigkeit des auskragenden Volumens (horizontale Windlasten) wurden alle vertikalen und horizontalen Kanten mittels L-Profilen miteinander verbunden.

Eine besondere Schwierigkeit lag darin, dass alle Verbindungen in der Masse der Platten verschwinden mussten, um eine architektonisch und dem Innenraum angepasste Fertigung zu ermöglichen. Unter anderem mussten Fussleisten bündig verlegt werden.

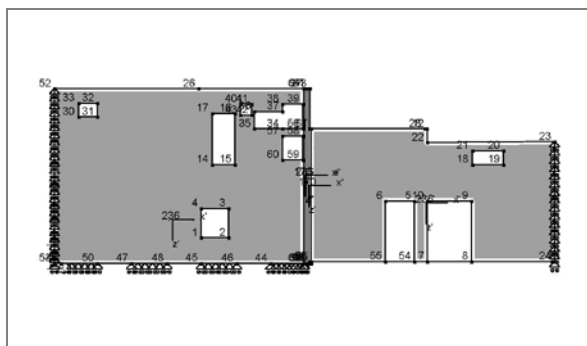


Abb. 7: Geometrie, Auflager – Achse 4

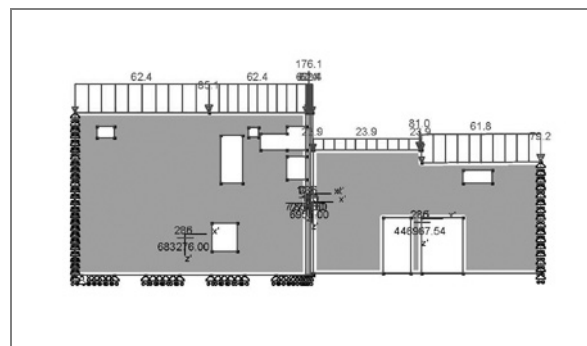


Abb. 8: Ständige Lasten (kN, kNm, kN/m, kN/m²)

Abb. 8 zeigt das Auflagerschema der Scheibe an Achse 4. Grössere Öffnungen schwächen diese Auskragung erheblich. Ein Modell mit Flächenelementen ermöglichte zunächst eine genauere

Beschreibung des Krachflusses in der Platte. Stabilitätsprobleme wurden durch separate Vergleichsrechnungen eliminiert.

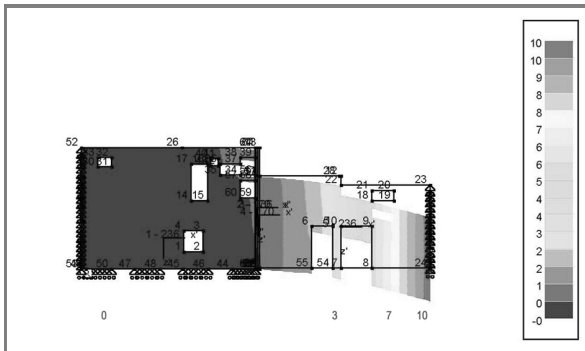


Abb. 9: Diagramm _ Durchbiegung Dz (mm)
Min

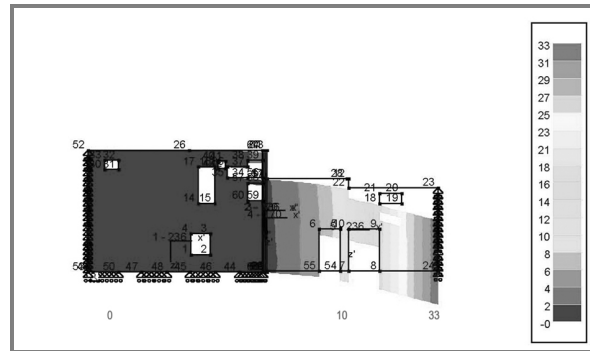


Abb.10: Diagramm _ Durchbiegung Dz (mm)
Max

Abb. 10 zeigt eine maximale Durchbiegung von 33 mm bei der bestimmenden Lastfallkombination der Gebrauchstauglichkeit auf, was akzeptabel ist.

5 AUSFÜHRUNG / MONTAGE

Die Anlieferung der Massivholzplatten erfolgte aus Österreich (Graz) per Fernlaster bis direkt auf die Baustelle (Charleroi) Belgien. Die Platten wurden vor Ort verpackt und nummeriert. Die Maximallänge der Platten betrug 23.0 m. Aus logistischen Gründen wurden die Platten in der gleichen Reihenfolge geladen, in der sie später auch montiert werden sollten. Eine Zwischenlagerung der Platten konnte auf der Baustelle selbst geschehen.



Abb. 11: Verpackte Platten

Mehrere Montagefolgen wurden erarbeitet. Die Bodenelemente spannen als Dreifeldträger über 23 m. Durch die seitliche Verbindung einer Platte zur nächsten konnte ein flächiges Tragverhalten eingestellt werden. Bei einer Plattendicke von 276 mm erreicht die maximale Durchbiegung 25 mm.

Im nächsten Schritt wurden die eigentlichen Auskrugungsscheiben montiert. Die erste Scheibe konnte seitlich an das bestehende Gebäude angelehnt werden. Von dort aus konnten nach Anbringung der zweiten Scheibe Zwischenelemente zur seitlichen Aussteifung angebracht werden. Hiernach erfolgte das Anbringen der dritten Auskrugungsscheibe und dann der vierten.

In einem letzten Schritt wurden die Dachelemente angebracht.

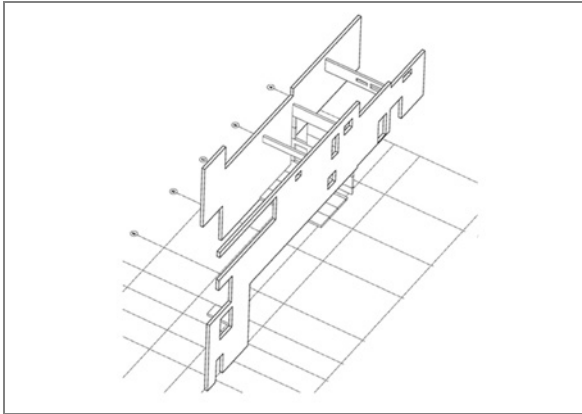


Abb. 12: 1. Montagephase

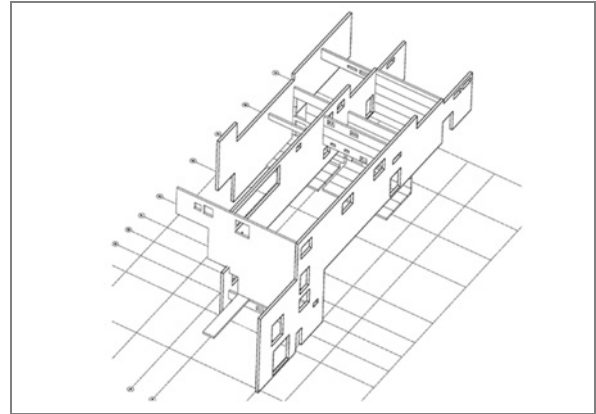


Abb. 13: 2. Montagephase

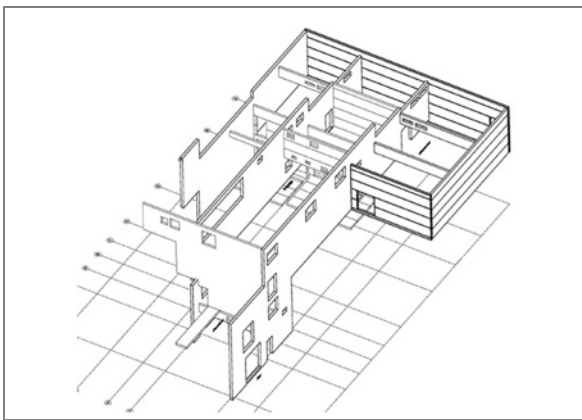


Abb. 14: 3. Montagephase

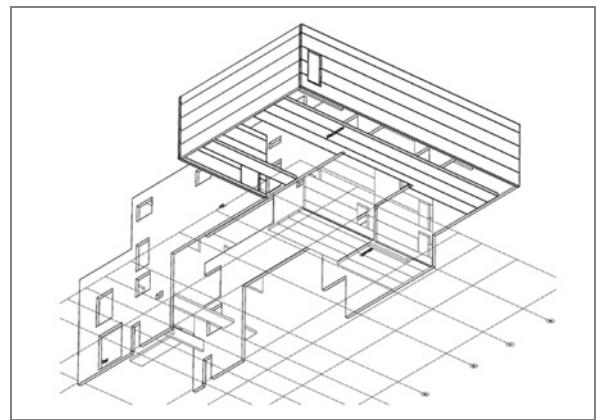


Abb. 15: 4. Montagephase

Letztendlich formt die gesamte Auskragskonstruktion ein räumlich steifes Gebilde.

6 DIE BAUSTELLE

Die Arbeiten wurden auf Wunsch des Bauherrn, die „Communauté française de Belgique“, gesamtheitlich ausgeschrieben und an einen Generalunternehmer vergeben. Hierdurch konnten die Betonarbeiten und Holzarbeiten vorzüglich koordiniert werden. Insbesondere die Phasierung der Baustelle wurde optimiert. Während der Ausführung des Rohbaus aus Stahlbeton (vor allem Keller und Erdgeschoss) wurden alle Holzbauteile bereits im Werk vorgefertigt.

Weiter ergab die rasche Montage der Holzkonstruktion einen finanziellen Vorteil anderen Bauarten gegenüber. Alle Verbindungen wurden vorgefertigt, Laschen, Anschlüsse und Öffnungen automatisiert vorgearbeitet



Abb. 16: Montage des Bodens



Abb. 17: Montage der Holztrennwände



Abb. 18: Montage der Holztrennwände

7 DETAILAUSBILDUNG

Der Druckauflagerpunkt wurde mit Hilfe von u-förmigen Stahlblechen realisiert. Eine Neopreneinlage verhindert Spannungsspitzen im Druckbereich. Seitlich wurden Stahllager und Massivplatte miteinander verschraubt. Die eigentliche Justierung der gesamten Geometrie erfolgte über Einfließen eines Orbetons auf dem die U-förmigen Stahlfüsse dann aufliegen.

Zugauflegerpunkte wurden ähnlich der Druckauflegerpunkte ausgeführt, allerdings ohne eine Neopreneinlage.

Ursprünglich wurde ein Zugaufleger vorgesehen, bei welchem Gewindestangen über die Plattenhöhe die Zugkraft hätten aufnehmen sollen. Die ausführende Firma hat sich aber für das hier vorgestellte Detail entschieden.

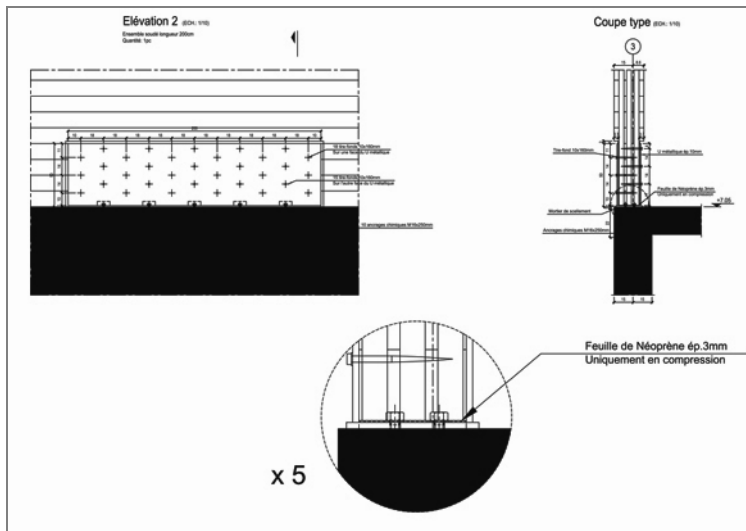


Abb. 19: Auflager Holz/Beton

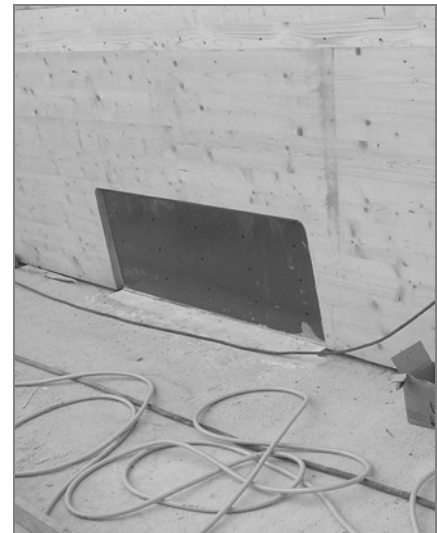


Abb. 20: Ausführung Abb. 19

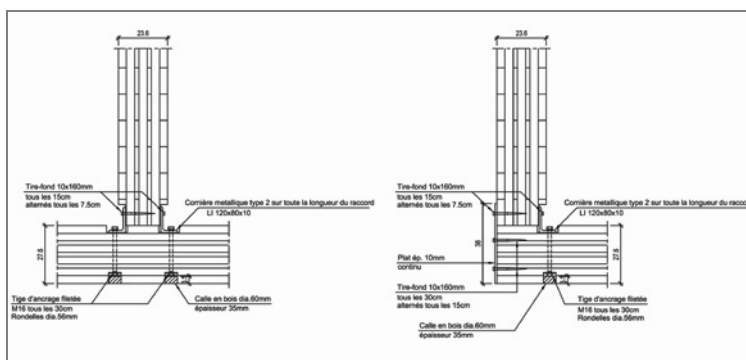


Abb. 21: Platte auf Bodenelement

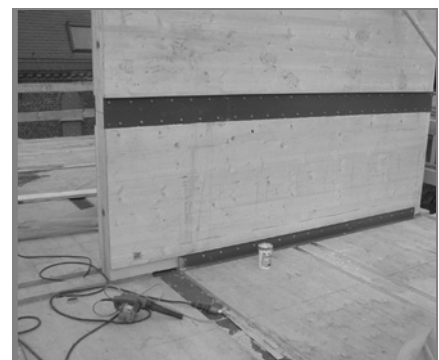


Abb. 22: Ausführung von Abb. 21

Die Abhängung der Bodenplatten erfolgt nach zwei unterschiedlichen Details: Bei kontinuierlichen Auflagermöglichkeiten wurden zwei L-Profile angebracht, die seitlich miteinander über die Plattendicke miteinander verschraubt werden (siehe Abb. 21). Eine lokale Biegung dieser Profile tritt nicht auf. Die Profile werden in einer Distanz von 15 cm zueinander verschraubt.

An Einzelstellen, an denen keine Linienlagerung möglich ist, mussten Stegbleche eingelassen werden, die erhöht im Holzbereich miteinander verschraubt wurden (siehe Abb. 24)

Weiter erkennt man ebenfalls die Verbindungen von einer Scheibe zur nächsten, welche im Stande sein müssen, den Schubfluss über die gesamte Plattenhöhe aufzunehmen (Abb. 22). Im Normalfall werden lediglich Dreischichtplatten angebracht und verschraubt. Bei erhöhtem Schubfluss werden die Dreischichtplatten durch 6 mm-Bleche ersetzt, dies allerdings nur in Teilbereichen.

Alle Stahlverbindungen mussten feuerschützt werden. Zu erkennen sind einzelne Holzpfropfen, die eingebaute Stahlmuttern wiederum mit rund 30 mm Holz feuerschutzgerecht herrichten. An anderen Stellen wurde mit Gipsplatten gearbeitet.

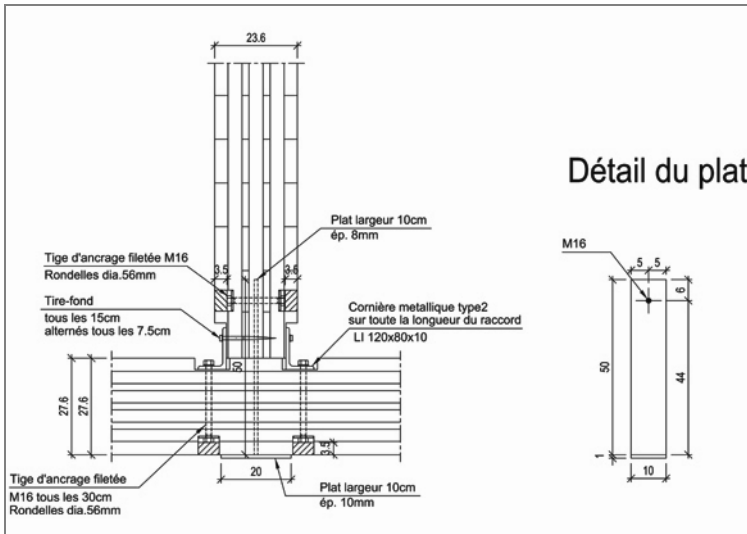


Abb. 23: Verstärkungsbleche in Einzelfällen



Abb. 24: Ausführung von Abb. 23

Abschliessend ist zu bemerken, dass der Neubau des Museums für Fotografie bereits neue Wege der Anwendung von Brettsperrholzplatten im Hochbau aufzeigt. Vor allem ist auch zu erwähnen, dass die Verwendung von Holz bei öffentlichen Gebäuden (hier insbesondere bei einem Kulturbau) zur verbreiterten Annahme des Baustoffs Holz in der Öffentlichkeit führen wird.