



*Max Renggli
CEO Renggli AG
Sursee, Schweiz*

Erdbebensicher – Sechs Geschosse sprechen für den Holzbau

**Earthquake resistance – six storeys
call for wood construction**

**Antisismica – Sei pianni parlano a
favore di una costruzione in legno**

Dokument in Deutsch

Erdbebensicher – Sechs Geschosse sprechen für den Holzbau

In Steinhausen im Kanton Zug wurde ein neues Kapitel der Schweizer Holzbaugeschichte geschrieben: Nach den Plänen des Architekturbüros Scheitlin_Syfrig+Partner realisierte die Renggli AG, Sursee, zusammen mit einem auserwählten Projektteam in Steinhausen das erste sechsgeschossige Holzhaus der Schweiz – welches den Namen „MFH Holzhausen“ erhielt.

Bei der Planung dieses Pionier-Projektes war nebst Erfüllung der erhöhten brandschutztechnischen Anforderungen vor allem die Berechnung des Statikkonzepts eine anspruchsvolle Herausforderung, welcher höchste Aufmerksamkeit galt. Ausgewiesene Spezialisten, wie die Holzbauingenieure von Makiol + Wiederkehr, berechneten und planten deshalb die Holzbaukonstruktionen bis ins Detail. Das Wohn- und Geschäftsgebäude Holzhausen zeigt heute in eindrucklicher Weise die neuen Möglichkeiten im mehrstöckigen Wohnungsbau in nachhaltiger Holzbauweise auf.

1 Das erste sechsgeschossige Holzhaus der Schweiz

Holzhausen ist ein ökologisch mustergültiges Mehrfamilienhaus gebaut im Minergie-Standard, das Raum für zwei Gewerbe- und neun Wohneinheiten bietet. Es basiert auf einem von der Garage bis zum Flachdach sorgfältig durchdachten Gebäudekonzept, welches auf einem Grundstück von 1'581 m² realisiert wurde. Pro Etage entstanden zwei verschiedene Wohnungstypen mit Wohnflächen von 149 bzw. 166 m². Abgesehen vom Erschliessungskern (Treppenhaus und Lift) und dem Untergeschoss, welche in Stahlbetonweise gebaut sind, handelt es sich um einen qualitativ hoch stehenden Holzbau. Bereits ab dem Erdgeschoss bilden hoch wärmedämmende, vorgefertigte Aussenwandelemente aus Holz die thermische Hülle.



Abbildung 1: Das Mehrfamilienhaus Holzhausen in Steinhausen, Kanton Zug, Schweiz

2 Ausgangslage

Noch bis vor wenigen Jahren wäre ein Holzbau dieser Grösse aufgrund der Brandschutzvorschriften undenkbar gewesen. Im Jahr 2001 lancierten die Dachorganisation der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft „Lignum“ und das Förderprogramm „holz21“ des BAFU (Bundesamt für Umwelt) das Programm „Brandsicherheit und Holzbau“ und ebneten dem Holzbau den Weg in die Mehrgeschossigkeit. Die damit neu erarbeiteten technischen und methodischen Grundlagen für Bauteile ermöglichten die Einführung der neuen Brandschutznormen VKF (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen), welche nun seit 1. Januar 2005 in der Schweiz Holzbauten mit bis zu sechs Geschossen und 60 Minuten Feuerwiderstand zulassen.

Eine private Bauherrschaft erteilte noch im selben Jahr den Auftrag, das erste sechsgeschossige Holzhaus der Schweiz zu realisieren. An der Zugerstrasse, einem Gebiet mit unterschiedlichen Mehrfamilienhäusern, wurde das bestehende Gebäude abgerissen, um diesen Meilenstein im Schweizer Holzbau zu erstellen.

3 Objektbeschreibung

Der Sechsgeschosser besitzt die stolze Abmessung von etwa 30 m Länge, 14 m Breite und 20 m Höhe. In den Obergeschossen kragen zwei lange Balkone pro Geschoss zusätzlich etwa 1,2 Meter aus. Das Attikageschoss verfügt über eine grosszügige Terrasse.

Das imposante Gebäudevolumen von 9'995 m³ mit 285 einzelnen Boden-, Wand- und Deckenelementen erforderte unter anderem die Verarbeitung folgender Materialmengen: 1'350 m² Fassadenschalung in Rotzeder, 7'800 m² OSB-Platten, 350 m³ Dämmung Steinwolle, 195 Tonnen Schalldämm-Zementplatten.

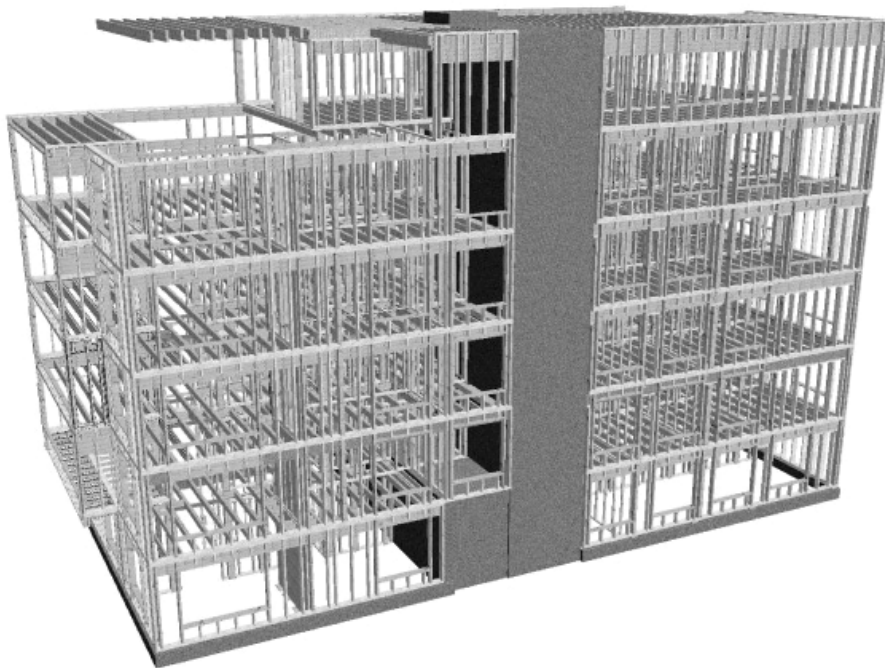


Abbildung 2: Visualisierung Konstruktionshölzer

4 Brandschutz – Qualitätssicherungsstufe 4

Die neuen Brandschutzvorschriften berücksichtigen die Möglichkeiten des Materials Holz deutlich besser als das vorherige Regelwerk. Für Holzbauten ergeben sich dadurch völlig neue Perspektiven – welche beim Projekt „Holzhausen“ bereits eindrücklich umgesetzt wurden.

Holzbauprojekte dieser Grössenordnung werden der Qualitätssicherungsstufe 4 zugeteilt – das heisst höchste Anforderungen und Massnahmenvorgaben für alle am Projekt beteiligten Firmen. In Abhängigkeit der Gebäudenutzung, der Personenbelegung, der Flächen, der Anzahl Geschosse und weiterer Rahmenbedingungen gelten unter anderem folgende Zusatzanforderungen in der Projektierungs-, Ausführungs- und Nutzungsphase:

- Die Bauten sind durch einen anerkannten Fachingenieur zu begleiten.
- Vor Baubeginn muss ein Brandschutzkonzept vorliegen.
- Das mit der Ausführung beauftragte Unternehmen muss über ein Qualitätssicherungssystem verfügen.
- Periodische Kontrollen durch die Behörden.

Die Werkpläne inkl. Statik- und Brandschutzkonzepte des Sechsgeschossers wurden durch ein neutrales Fachingenieurbüro sowie einen Brandschutzexperten der Gebäudeversicherung Zug geprüft und abgenommen. Zudem fanden während der Bauphase regelmässige Qualitätskontrollen statt.

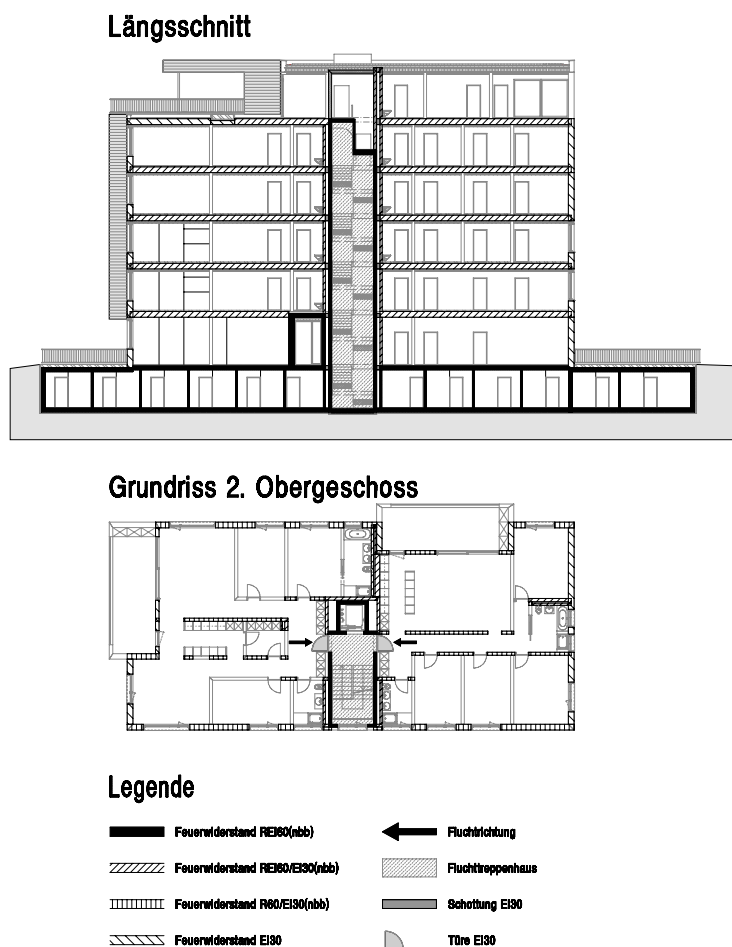


Abbildung 3: Auszug aus Brandschutzplänen



Abbildung 4: Brandabschottungen (Schürzen) bei der Holzaussenwandverkleidung zwischen den Geschossen

Der Sechsgeschosser in Steinhausen dokumentiert die konsequente Umsetzung der neuen Möglichkeiten der Brandschutzvorschriften VKF. Mit dem Qualitätssicherungsprozess, den erarbeiteten Dokumenten, der Umsetzung in Produktion und Montage sowie mit den regelmäßigen Kontrollen werden die Schutzziele der Brandschutzvorschriften erfüllt.

5 Erdbebensicherer Ingenieurholzbau

Jedes Bauwerk muss verschiedensten Anforderungen gerecht werden. Neben den Wünschen der Architektur (Erscheinungsbild, Raumeinteilung, Materialisierung etc.) müssen bei der Planung diverse Vorgaben von Fachplanern und Behörden miteinbezogen werden. Gerade bei einem neuartigen Objekt wie dem Sechsgeschosser in Steinhausen sind neben den üblichen Auflagen (Wärme- und Schalldämmung, Elektroinstallationen, etc.) vor allem die Vorgaben des Holzbauingenieurs zu erfüllen, damit die Erdbebensicherheit gewährleistet ist.

5.1 Konstruktionsprinzip

Im Untergeschoss ist der gesamte Baukörper als Massivbau ausgeführt (Bodenplatte, Decke und Wände aus Stahlbeton, Kalksandstein etc.). Ab dem Erdgeschoss ist nur noch der Erschliessungskern, mit Treppe und Lift, in Stahlbeton ausgeführt. Geschossdecken, Flachdächer, Innen- und Aussenwände sind mit industriell vorgefertigten Bauteilen innert kurzer Bauzeit zu einem bautechnisch hochwertigen Gebäude in Holzbauweise gefügt worden.

5.2 Statisches Konzept

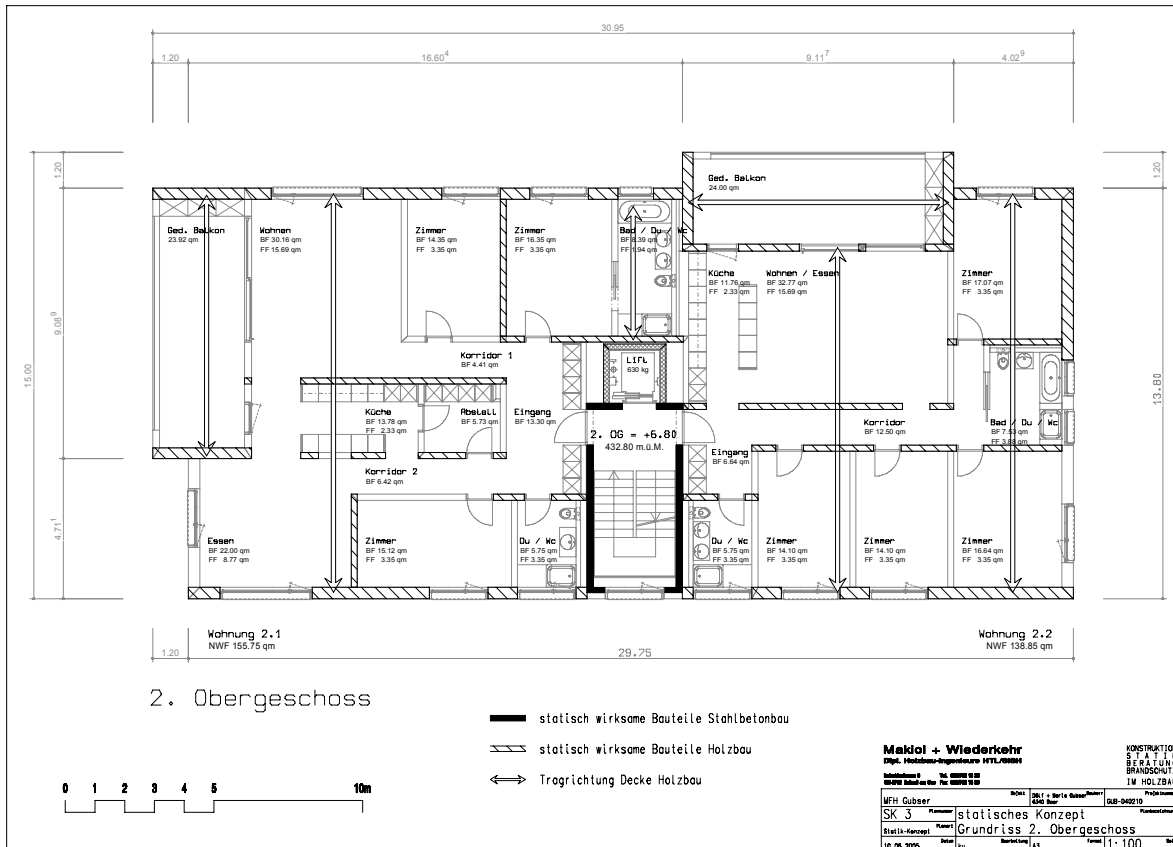


Abbildung 5: Statisches Konzept

Bereits früh in der Planungsphase des sechsgeschossigen Holzbaugeschäftes wurde das renommierte Holzbauingenieurbüro Makiol + Wiederkehr miteinbezogen. Rechtzeitig konnten somit statisch relevante Aspekte, wie zum Beispiel Anordnungen von tragenden und/oder aussteifenden Holzbauteilen, eingebracht werden.

Mit den Architekten wurden Lösungen gefunden, dass die statisch tragenden Bauteile stets übereinander angeordnet sind. Dies ist für Gebäude in dieser Grösse eine absolute Notwendigkeit. Um individuelle Wohnungsgrundrisse zu schaffen, können nichttragende Wände beliebig positioniert werden. In enger Zusammenarbeit mit dem Stahlbetoningenieur wurden die erarbeiteten statischen Konzepte mit Lastabtragung in das massive Untergeschoss und das Treppenhaus besprochen und bezüglich Erdbebensicherheit überprüft.

5.3 Wahl Deckentragsystem

Das Projekt ist mit dem gewählten Grundriss und der Anordnung der Balkone sehr individuell und statisch anspruchsvoll. Dies bedeutete für die Ingenieure, ein möglichst geeignetes Deckentragsystem zu finden. Deshalb wurden verschiedene Deckentypen genauer geprüft.

In der Evaluation wurden die Decken unter anderem auf Gewicht, Erfahrung, Ökologie, Statik/Konstruktion, Schallschutz und Brandschutz untersucht. Die Untersuchungen zeigten, dass sich für dieses Projekt ein beschwerter Hohlkasten am besten eignet. Die Studie zeigte weiter auf, dass die meisten Deckenvarianten Probleme im Bereich Schallschutz bekunden. Die schallschutztechnisch optimale Masse ist zwar bei Holz-Beton-Verbundsystemen oder bei Stahlbetonelementen enthalten, dafür weisen diese Systeme im Bereich Flexibilität, Bauablauf, Bauzeit und Eigengewicht (Erdbebensicherheit / Lastabtragung) Nachteile auf.

Die Decken wurden statisch aus mehrfeldrigen, durchlaufenden Hohlkastenträgern ausgebildet. Mit einer Länge von maximal 13.50 Meter reichen die grossformatigen Elemente quer über das ganze Gebäude. Die zwei Balkone sind entkoppelt ausgebildet und spannen über die längere Seite.

5.4 Lastabtragung

Durch den asymmetrischen Grundriss des Mehrfamilienhauses und infolge der in grossen Mengen verwendeten Materialien lasten auf einzelnen Elementen – trotz des leichten Baustoffes Holz – in den unteren Geschossen enorme Kräfte. Dies verlangt eine hohe Disziplin in Bezug auf die vertikale Lastabtragung.

Die tragende Konstruktion wurde aus den beiden Längs-Aussenwänden sowie jeweils zwei Innenwänden gebildet. Die Abfangung der Decken erfolgt bei den Aussenwänden mit Einbindern, welche auf Stützen aufliegen. Die Lastabtragung erfolgt direkt über eine Stirnholzverbindung in die unteren Geschosse. Im Innern werden die Deckenlasten via kurze Querträger in die Stützen geleitet. Aus montagetechnischen Gründen sind die Stützen geschosshoch und in die Innenwände integriert. Um die vertikalen Lasten der Stützen setzungsfrei durch die durchlaufende Deckenkonstruktion zu leiten, sind zwischen den Stützen Füllhölzer mit stehender Faserrichtung in die Decken eingebaut [siehe Abbildung 6].

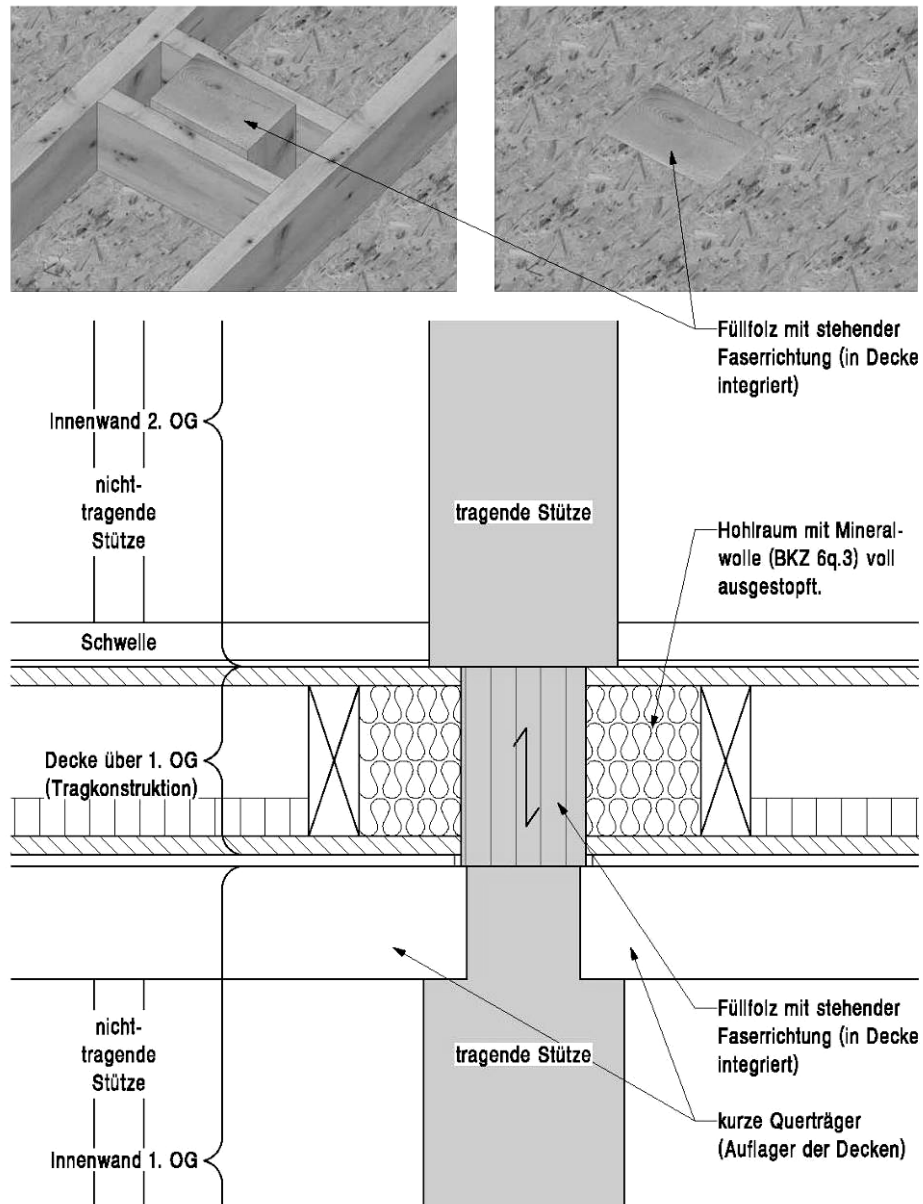


Abbildung 6: Die Lastabtragung durch die durchlaufenden Geschossdecken wird mit stehenden Hölzern, welche in den Deckenelementen eingebaut sind, gewährleistet

5.5 Erdbebensicherheit

Die Ermittlung der Erdbebenlast hängt von diversen Punkten ab:

- Baugrund (Bodenbeschaffenheit, Einfluss auf das Fundament des Gebäudes)
- Erdbebenzone (Grad der Gefährdung)
- Bauwerksklasse (Bedeutung des Gebäudes, Risiko)
- Steifigkeit des Gebäudes (Eigenschwingung / Verformung)
- Abstand Steifigkeitsschwerpunkt zu Massenschwerpunkt (Torsion)
- Ausbildung der aussteifenden Bauteile (Duktilität)

Die obige Auflistung zeigt, dass viele Parameter den Lastfall Erdbeben beeinflussen. Bei der Bestimmung der aussteifenden Wände (Anzahl und Lage) ist besonders darauf geachtet worden, dass der Steifigkeitsschwerpunkt möglichst zentrisch war. So konnten die zusätzlichen Kräfte infolge der Torsionswirkung minimiert werden. Ein weiterer entscheidender Punkt lag bei der Auswahl der Art der Verbindungsmittel. Das Mass der Duktilität hat einen entscheidenden Einfluss auf die Erdbebenlasten.

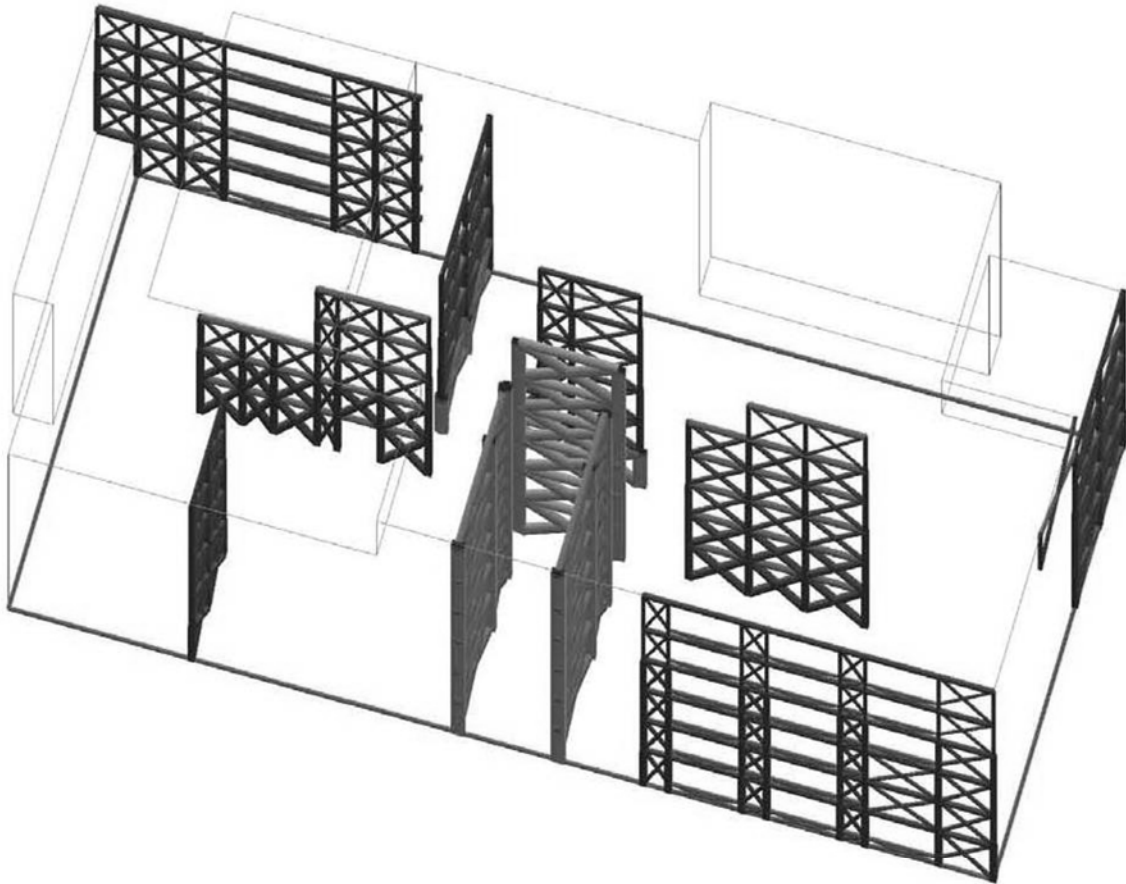


Abbildung 7: Übersicht der aussteifenden Wände (Ausdruck Statikprogramm)

Aussteifende Wände im Holz- und Stahlbetonbau gewährleisten die Stabilität des Gebäudes. Horizontale Lasten werden via die durchlaufenden, schubfest verbundenen Geschossdecken in die aussteifenden Wände geleitet. Betroffene, stabilisierende Wände wurden infolge der hohen vertikalen und horizontalen Lasten im Erd- und ersten Obergeschoss aus massiven Mehrschichtholzplatten (bis 200 mm dick) gefertigt. In den oberen Geschossen wurden beplankte Ständerkonstruktionen eingesetzt.

Die Holzkonstruktion ist zudem über schallschutzmässig entkoppelte, punktuelle Verbindungen an den in Stahlbetonbau erstellten Treppenhausturm befestigt. Die Stahlteile ermöglichen den verschiedenartigen Baustoffen eine spannungsarme Ausdehnung.

Die Verbindungen von aussteifenden Wänden stellten eine grosse Herausforderung dar. Diese müssen Druck- und Zugkräfte übertragen und exakt in die Holzbauteile eingebaut werden können. Ein weiteres Ziel war, eine Verbindung zu schaffen, welche sich schnell und einfach auf der Baustelle montieren lässt. Die ideale Lösung ist ein Stahlteil, welches kraftschlüssig mit dem Holz in der Werkstatt passgenau eingebaut ist. Auf der Baustelle wird die Verbindung einzig mit hochfesten, vorgespannten Stahlbauschrauben montiert.



Abbildung 8: Ausführung der Verbindung von aussteifenden Wänden

Die Ermittlung der Schnittkräfte erfolgte durch den Holzbauingenieur für das ganze Gebäude mit einem dreidimensionalen Stabstatikprogramm. An einem Stabmodell wurden alle Lastfälle (Eigengewicht und Auflast, Schnee, Nutzlast, Wind und Erdbeben) eingegeben.

6 Bauen hat immer etwas mit Zukunft zu tun

Die Tendenzen der Raumplanung in der Schweiz künden eine Kehrtwende weg von der Verdörflichung der Städte bzw. Verstättlichung der Dörfer an. Bauland in der Schweiz ist rar und vor allem Ballungszentren und deren Agglomerationen werden immer wichtiger, der Raumbedarf steigt kontinuierlich. Wohnbauten mit grossen, flexiblen und hochwertigen Wohnungen werden vermehrt verschiedenste Käufer- und Mieterbedürfnisse befriedigen müssen. Auf dem zukünftigen Baumarkt wird die Verwendung von nachhaltigen Baustoffen immer wichtiger werden und das Bauen im Minergie-Standard wird an Marktanteil gewinnen. Mit der gekonnten Umsetzung neuester Forschungsentwicklungen beweist das Wohn- und Geschäftsgebäude Holzhausen: sechs Geschosse sprechen für den Holzbau.



Abbildungen 9-11: www.holzhausen.ch