

Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden – Der nächste Schritt in Europa

Florian Kosche
Dipl.-Ing. Florian Kosche AS
Oslo, Norwegen



Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden – Der nächste Schritt in Europa

1. Einleitung

Skellefteå liegt ca. 250 km südlich des Polarkreises am Fluss Skellefte älv in der Provinz Västerbottens län in Nordschweden. Die Stadt ist von Wäldern umgeben und hat einen eignen Hafen am Bottnischen Meerbusen.

Skellefteå ist eine Industriestadt mit ca. 35 000 Einwohnern. Hauptgewerbe in der Region sind Bergbau (Boliden AB), Maschienebau (Alimak Hek AB) und Energiegewinnung aus Wasserkraft (Skellefteå Kraft). Zukünftig wollen Northvolt AB mit Beteiligung der Volkswagen AG eine Fabrik zur Herstellung von Lithiumionen-Batteriezellen bauen.

Um die Attraktivität der Region auch im Bereich Kultur zu erhöhen hat sich die Gemeinde entschlossen ein Kulturzentrum mit Hotelkomplex zu entwickeln. Für die gestalterische und funktionelle Form wurde 2015 ein internationaler offener Wettbewerb unter dem Motto «Skellefteå – make room for ideas» ausgeschrieben.

White Arkitektur AB, Stockholm Schweden, zusammen mit Dipl.-Ing. Florian Kosche AS (DIFK), Oslo Norwegen, haben am 10. Mai 2016 den offenen Wettbewerb für das neue Kulturzentrum und Hotelkomplex Skellefteå, gewonnen. Insgesamt sind 55 Vorschläge eingereicht worden.

Im Folgenden werden die Entwurfsphase im Wettbewerb und die nachfolgende Validierung und Ausarbeitung in den ersten Projektphasen bis zur Ausschreibung beschrieben.

Weiterhin werden die gewonnenen Erkenntnisse in übergeordnete Zusammenhänge gesetzt, um die Entwicklung umweltfreundlicher Gebäude weiter voranzutreiben.

2. Problem- und Zielstellung

Die Wettbewerbsausschreibung fasst das Umweltprofil so zusammen «Sustainability should permeate the entire complex, in both concept and execution.» Weiter ist ausdrücklich eine umweltfreundliche Bauweise in Holz nahegelegt worden.

Die Teilnahme an offenen Wettbewerben ist zeitintensiv und die Gewinnchancen liegen statistisch oft unter 1-2%. Sie sind aber auch eine Möglichkeit neue Ideen und Technologien zu entwickeln und zu präsentieren.

In diesem Fall sollte ein hochkomplexes Programm bestehend aus Übungsszene, Werkstätten, Anlieferung, Eingangsbereiche, zwei Hauptszenen, Bibliothek, Restaurant und Hotelkomplex auf ca. 25 000 m² in Form einer Quartalsbebauung mit 120 m Länge und 50 m Breite in einer Holzkonstruktion untergebracht werden.

3. Stand der Technik

Die Hauptanwendungen des modernen Holzbaus liegen im Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern und dem Hallenbau.

Vereinzelt werden Hochhäuser geplant und gebaut, die die Grenzen des technisch Machbaren nach verschieben. In Norwegen sind 2015 «Treet» mit 51 m Höhe und 14 Etagen und 2019 der «Mjøstårnet» mit 85,4 m Höhe und 18 Etagen fertiggestellt worden. Konstruktiv gesehen werden zur Horizontalaussteifung «Megadiagonalen» aus Brettschichtholz verwendet, die teilweise hinter der Fassade liegen. Im Falle des «Mjøstårnet» tragen die CLT Wände der Kerne auch zur Aussteifung bei.

Die aussen liegenden «Megadiagonalen» begrenzen die Transluzenz der Fassade und erfordern wesentlich kräftigere Ecksäulen als für reine vertikale Lastableitung notwendig

wäre. Weiterhin ist die aussteifende Wirkung dieses Systems nicht ausreichend, um horizontale windinduzierte Schwingen auf akzeptable Werte zu begrenzen. Dazu musste das Gewicht der Decken in den oberen Etagen mit Hilfe von Beton erhöht werden.



Abbildung 1: "Treet" in Bergen 2015 (Bild Marius Valle) und "Mjøstårnet" in Brumunddal 2019 (Bild Moelven).

4. Entwurfsansatz

Ressourcenschonendes Entwerfen und umweltfreundliches Bauen kann verschiedene Ansätze verfolgen mit lokal unterschiedlicher Optimierung und Zielen.

Für den Wettbewerb sind keine architektonischen, funktionalen oder technischen Begrenzungen in Bezug auf den Werkstoff Holz angenommen worden. In Bereichen wo Holz offenbar ungeeignet ist, kann mit anderen Werkstoffen ein optimales Gesamtergebnis geschaffen werden. Dieser Ansatz kombiniert materialübergreifendes konstruktives Verständnis optimal mit einem architektonischen Gesamtkonzept. Oft ist das Ergebnis ein hybrides Tragwerk mit einem sehr hohen Holzanteil, um Treibhausgas-Emissionen zu minimieren.

Weiterhin gilt es Materialmengen durch funktionelle und konstruktive Optimierung zu reduzieren. Zum Beispiel kann der Verzicht auf eine Kellerkonstruktion den Treibhausgas-Emissionen per m² deutlich reduzieren.

Architektonische Nachhaltigkeit, zum Beispiel ein Gebäude, das über viele Jahrzehnte leicht an geänderte Bedürfnisse angepasst werden kann, reduzieren künftige Treibhausgas-Emissionen. Die Wahl des Tragwerks kann Möglichkeiten für Umnutzung begrenzen oder ermöglichen.

Im üblichen Hochbau haben Decken mit 60 – 80% den größten Materialanteil am Bauwerk und auch das größte Einsparpotenzial für Treibhausgas-Emissionen, siehe auch /1/.

Lokale zugängliche Werkstoffe und lokale Verarbeitung reduzieren Transportwege und Treibhausgas-Emissionen. Dies gilt speziell für Skellefteå, siehe Abbildung 2.

Grundlage für die Reduktion lokaler Treibhausgas-Emissionen ist ein Verständnis für globale Zusammenhänge, um die Effektivität der Vorschläge verstehen zu können. Hierzu wird auf relevante Literatur verwiesen.



Abbildung 2: Skellefteå und typische Transportabstände für Baumaterialien und Ausrüstung in Europa. Die Hauptkomponenten des Gebäudes werden innerhalb eines Radius von 200 km hergestellt.

5. Entwurf

Die Entwicklung des Tragwerksentwurfs fand in enger Koordination mit der Entwicklung des architektonischen Konzeptes statt. Ganz gezielt wurden nach Synergien zwischen Architektur und Tragwerk gesucht und Begrenzungen durch das Tragwerk umgangen.

Die Gründung besteht aus einer Kombination von Pfählen unter den aussteifenden Kernen und im übrigen Flachgründung der Bodenplatte. Holzpfähle konnten wegen zu niedrigem Grundwasserstand nicht vorgeschlagen werden.

Das Gebäuderaster basiert auf einem Modul von 3,6 m und erlaubt effektive Trägerabstände und Plattenabmessungen ohne viel Verschnitt. Dies erlaubt lange Träger mit schmaler Lastenzugsfläche, die auf kurzen hochbelasteten Trägern aufliegen mit akzeptablen Kräften in Stützen und Verbindungen. Das Stützenraster erlaubt die gewünschte Zirkulation im Gebäude mit langen Spannweiten quer zum Gebäude in Ost-West Richtung und kurzen Spannweiten in Gebäudelängsrichtung.



Abbildung 3: Visualisierung der Südseite mit Haupteingang und Hotelkomplex, White Arkitekter AB.

Aussteifende Wände sind um die Szenenhäuser, den nördlichen Kern und die Kerne des Hotelkomplexes angeordnet. Alle aussteifenden Schächte bestehen aus CLT mit einer Höhe bis zu 64,7 m.

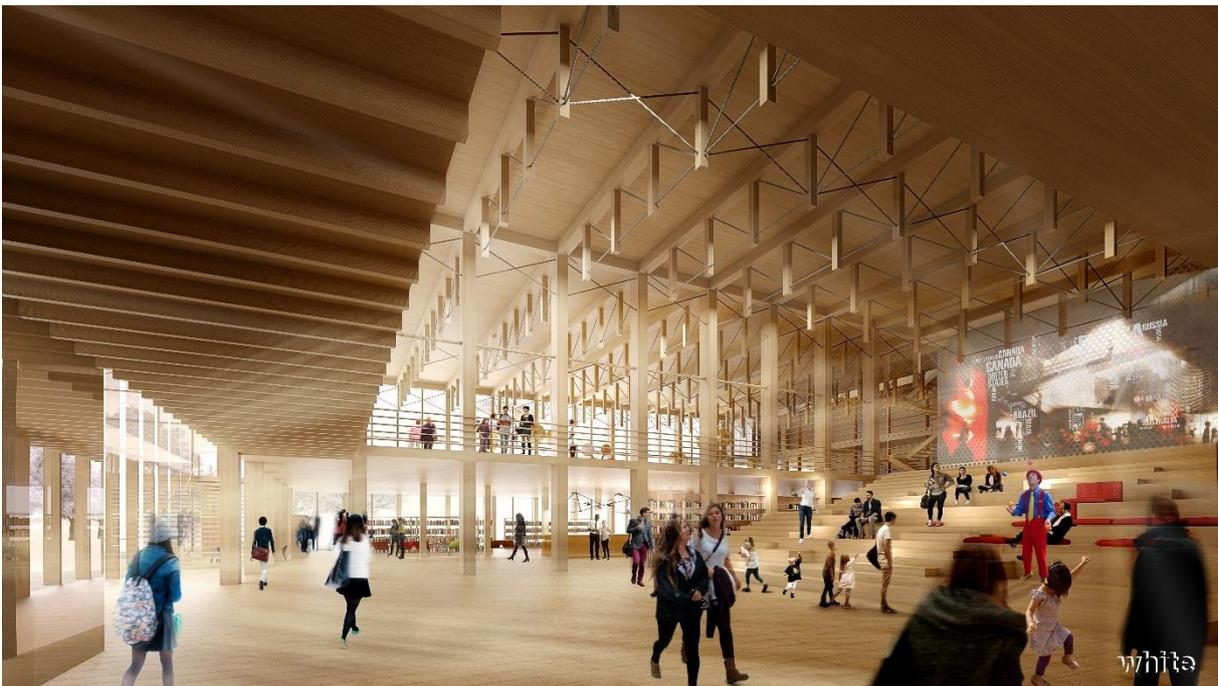


Abbildung 4: Visualisierung des Foyer dem zur Stadtmittte gewendeten Haupteingangsbereich, White Arkitekter AB.

Wände um die Szenenhäuser müssen zusätzlich hohe akustische Anforderungen erfüllen. Dies ist mit doppelschaligen Wänden mit einer Höhe von 25,2 m gelöst. Die Stützen dieser Wände nehmen auch die Lasten der auskragenden Balkone im Zuschauerraum auf. Über die Szenenhäuser spannen Holzfachwerke mit 23,4 m Spannweite.

Die Decken im Sockelbereich sind als Holz-Beton Verbunddecken konzipiert. Diese Bauweise ermöglicht unter anderem lange Spannweiten und sehr gute Horizontalaussteifung. Der gesamte Gebäudekomplex ist fugenlos geplant und alle aussteifenden Bauteile sind durch die Horizontalaussteifung der Decken gekoppelt.

Decken im Bereich des Foyers sind von weit spannenden kombinierten Holz-Stahl Fachwerken überspannt. Wegen der großen Raumhöhe konnten die Brandschutzanforderungen an die Stahlbauteile wesentlich reduziert werden, siehe Abbildung 4.



Abbildung 5: Perspektive der Nordseite mit Übungsszenen und Eingangsbereich, White Arkitekter AB.

Der Hotelkomplex besteht aus einem nördlichen und südlichen Kern, die wegen der notwendigen Schächte und Aufzugschachte über die gesamte Breite beanspruchen. Diese Anordnung erlaubt eine hohe Steifigkeit gegen horizontale Kräfte in Querrichtung. Zwischen den Kernen sind Hotelmodule angeordnet.

Die Hotelmodule sind komplett vorgefertigte Einheiten aus CLT für jeweils ein Zimmer. Verstärkungen für den Abtrag vertikaler Lasten sind in die CLT Wände integriert, so dass 13 Etagen gestapelt werden können.

Zur Auswechslung der Lasten über dem Foyer wird ein Stahlfachwerk in der Techniketage angewendet, das auf Brettschichtholzstützen BH595x810 steht, die das Foyer visuell abgrenzen, siehe Abbildung 4.



Abbildung 6: Vogelperspektive in der die unterschiedlichen Volumina für Übungsszene, Werkstätten, Anlieferung, Eingangsbereiche, zwei Hauptszenen, Bibliothek, Restaurant und Hotelkomplex gut erkennbar sind. White Arkitekter AB.

6. Planung und Ausschreibung

Die Vorstellung das gesamte Quartal mit einer Tragkonstruktion aus Holz zu bebauen, war 2016 bei Beginn der Planung aus technologischer und logistischer Sicht unbekannt und unsicher.

Projekte dieser Größenordnung müssen auf alternative Lösungen zurückfallen können, um Kosten, Qualität und Zeitplan nicht zu stark zu gefährden. Dazu wurde eine konventionelle Tragwerkslösung aus in Skandinavien üblichem Stahl- und Betonfertigteilen alternativ beibehalten. Auch die Möglichkeit nur Kerne betonieren zu können, wurde beibehalten. Der Bauherr hat die Holzbauweise immer kompromisslos favorisiert und damit diese Entwicklung ermöglicht und aktiv vorangetrieben.

Vor der Planung wurde der Stand der Technik untersucht und die lokalen meteorologischen Bedingungen studiert. Im Winter kann die Luftfeuchtigkeit auf unter 10% fallen und Risse im Holz verursachen. Mögliche Feuchteschäden während des Bauvorganges wurden früh untersucht und Abhilfen entwickelt.

Die konstruktive Machbarkeit des Konzeptes wurde anhand von umfangreichen Untersuchungen an Teilmodellen und am Gesamtmodell statisch und dynamisch untersucht und von unabhängigen Tragwerksplanern verifiziert.

Die Bemessung erfolgte nach Eurocode mit Schwedischem nationalem Anwendungsdokument. Eine Bemessung für den Lastfall Erdbeben war nicht notwendig.

Der Holzbau ist mit den Zuschlägen für Verkohlungen nach Standard für den Brandlastfall bemessen worden. Auf den baulichen Brandschutz soll nicht weiter eingegangen werden.

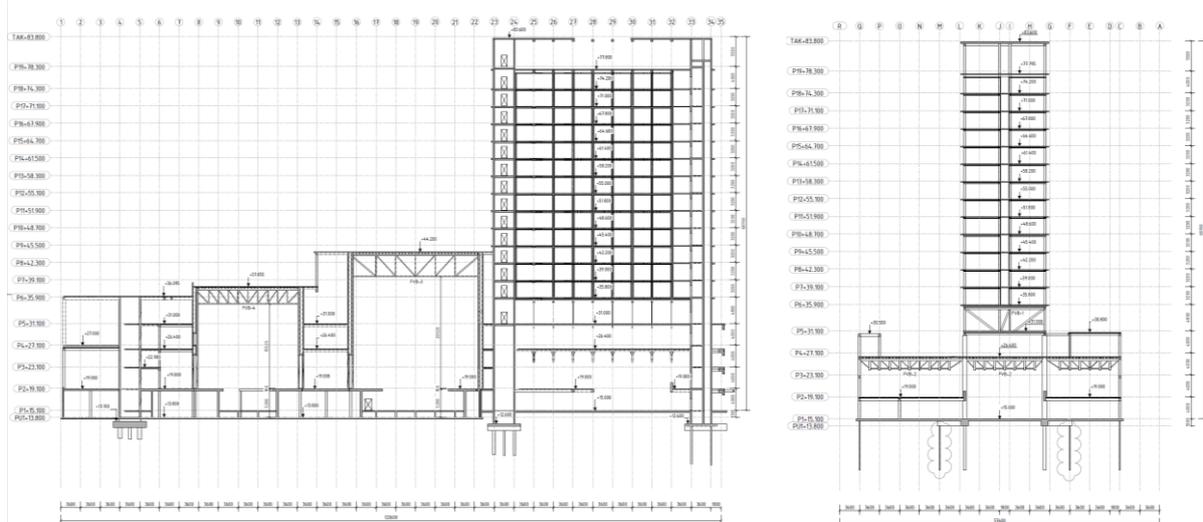


Abbildung 7: Längsschnitt in Nord-Süd Richtung und Schnitt in Querrichtung durch den Hotelkomplex. Klar ersichtlich sind die Abfangung der inneren Stützen in der Techniketage über dem Foyer in der Mitte, DIFK.

Die Untersuchung der aussteifenden Schächte in CLT in der gewünschten Gebäudehöhe war umfangreich, speziell weil kaum Erfahrungen vorliegen. Ausreichende Steifigkeit gegen statische Windlasten war mit der gewählten Schachtanordnung leicht nachweisbar. Auch die Bemessung im Bruchzustand und für den Brandfall waren weniger problematisch. Dazu wurde die hauseigene Bemessungssoftware für die Bemessungssoftware von CLT Scheiben basierend auf [2] weiterentwickelt. Dies hat viel zum Verständnis beigetragen und erlaubte eine flexible Aufbereitung der Ergebnisse materialunabhängig für alle Konstruktionsteile.

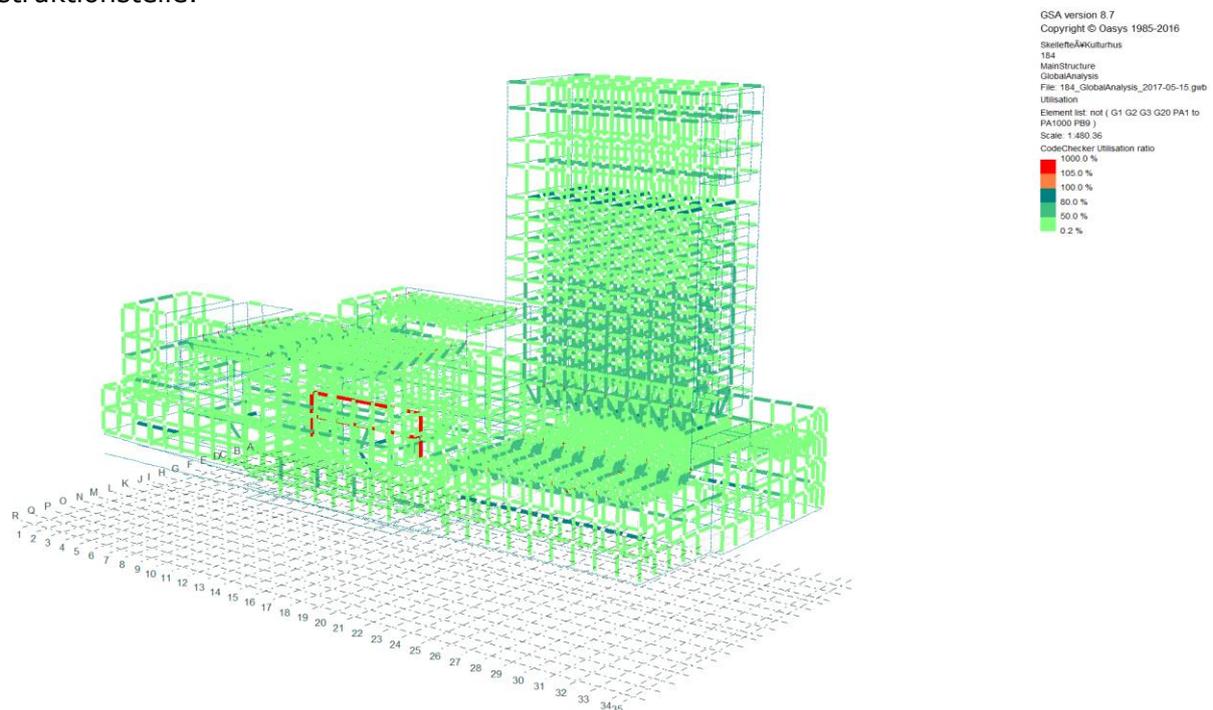


Abbildung 8: Ausnutzungsgrad der Brettschichtholzstützen im Lastfall Brand für Brandschutzwiderstand R90, IFK.

Für Brettschichtholz sind die Festigkeitsklasse GL30c und für CLT die Festigkeitsklasse C24 zugrunde gelegt worden. Die Schachtwände des Hotelkomplexes bestehen aus 410 mm dicken Wandaufbauten bestehend aus 2 CLT Platten mit mittig ein geleimter Brettschichtholzplatte. Die Orientierung der CLT Platten wurde auf die Belastung abgestimmt.

Es sind spezielle Details entwickelt worden, um hohe Zugkräfte im Übergang zu den Fundamenten in den Schachtwänden zu verankern. Gleichzeitig muss eine Feuchtesperre im

Übergang ausgebildet werden und es müssen mögliche Toleranzen zum Massivbau aufgenommen werden.

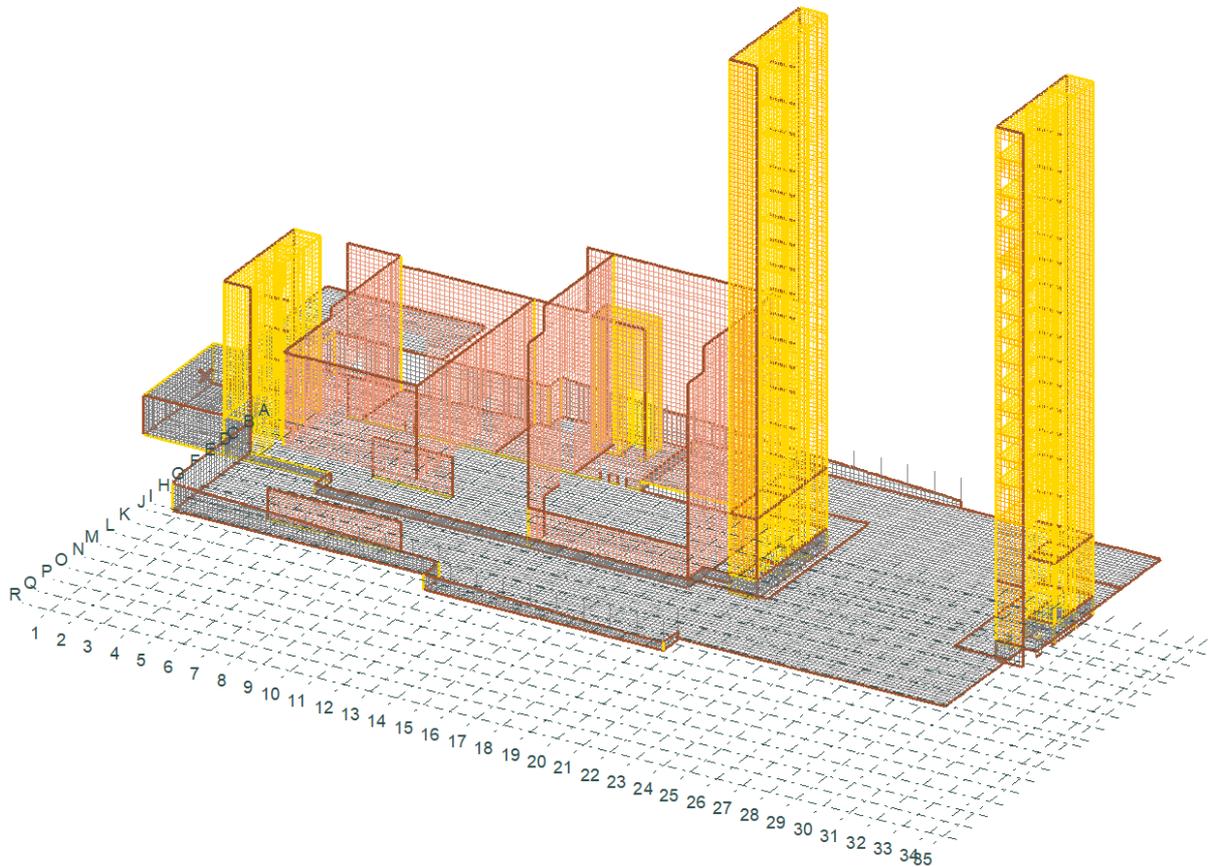


Abbildung 9: Berechnungsmodell der Bodenplatte und der aussteifenden Kerne in CLT, DIFK.

Das Tragwerk ist mit einer Basiswindgeschwindigkeit von 22 m/s im internationalen Vergleich nicht hoch beansprucht. Windkanaluntersuchungen sind nicht durchgeführt worden.

Wegen des ungewöhnlichen Aussteifungssystems und der leichten Konstruktion, sind windinduzierte Schwingungen umfangreich untersucht worden. Die Hauptschwingungsmodi des Hotelkomplexes liegen mit 0,38 Hz in Längsrichtung und 0,67 Hz in Querrichtung relativ hoch für eine wesentliche Exzitation aus dynamischen Windlasten. Für die Modellbildung wurden die Steifigkeitsbeiträge der Hotelmodule und eine vermutete Verbesserung der Dämpfung nicht angesetzt.

Grundsätzlich fehlen gemessene Erfahrungswerte zur Bestimmung des Dämpfungsmaßes, siehe /3/. Das logarithmische Dämpfungsmaß ist basierend auf EN 1991-1-1 Tabelle F.2 zwischen 0,06 und 0,12 variiert worden. Für die Bemessung ist der niedrigere Wert zugrunde gelegt worden. Dieser resultiert in einem Dämpfungsgrad von 1,15% inklusive eines geringen Anteiles aerodynamischer Dämpfung. Im Vergleich zu konventionellen Hochhäusern über 150 m sind diese Werte höher. Mit den oben genannten Annahmen konnte eine Einhaltung der Grenzwerte nach ISO 10137 Figur D.1 für Wohnraum nachgewiesen werden. Auf Grund der Gebäudeform sind die Beschleunigung in Querrichtung maßgebend. Um die bestehenden Unsicherheiten zu reduzieren sind der nachträgliche Einbau von Massendämpfern vorgeschlagen worden.

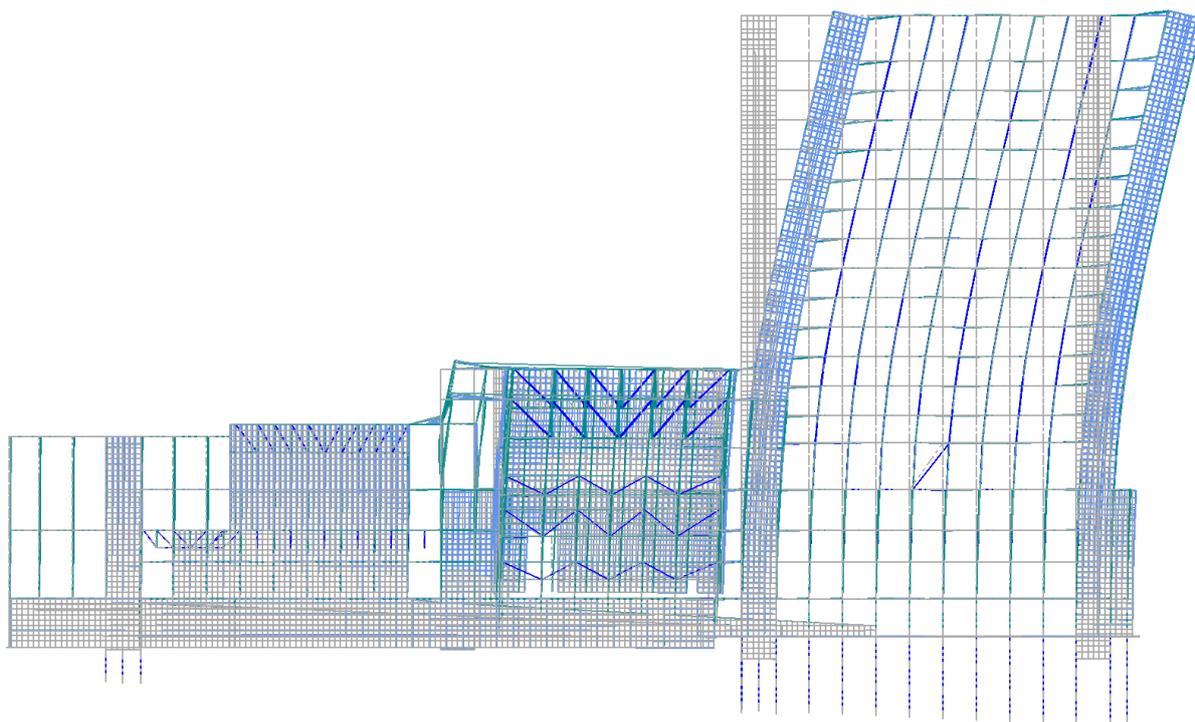


Abbildung 10: Eigenform der niedrigste rechnerische Eigenfrequenz des Hotelkomplexes in nord-süd Richtung liegt bei ca. 0,38 Hz. Die konstruktive Verbindung in den Deckenebenen sind erkennbar.

Die Koordinierung mit den anderen beteiligten Fachplanern erfolgte auf der Basis von BIM mit wöchentlichen Updates, eigenen Geometriedurchgängen und Kollisionskontrollen, siehe Abbildung 11. Verbindliche Angebotszeichnungen sind auf Basis des BIM Modelles erstellt worden.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Konstruktion des Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå hat neue Möglichkeiten im Holzhochbau in Bezug auf programmatischer Komplexität und Aussteifungssystemen aufgezeigt. Wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen werden mit dem Bau gewonnen werden und zweifelsohne in zukünftige Projekte einfließen.

Wichtiger ist der mühelose Umgang mit dem Werkstoff Holz, der den Entwurf unterstützt, aber gleichzeitig dem architektonischen Ausdruck und der Funktionalität nicht im Weg steht oder sie zu vereinnahmen versucht.

Die Tragwerke der Zukunft müssen ein Maximum an Ästhetik und Funktionalität mit einem Minimum an Treibhausgas-Emissionen kombinieren. Dazu sind ganzheitliche Ideenfindung und werkstoffübergreifendes Denken in der Planung, Ausführung und dem Betrieb notwendig. Dies muss auch für material- oder systembezogene Verbände und Baufirmen gelten.

Das Projekt ist in einer Reportage von CNN über modernen Holzbau beschrieben worden /4/ und hat den Architectural Review/MIPIM Future Project Award 2018 in der Kategorie Civic & Community gewonnen.

Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå soll im Sommer 2021 eröffnet werden.

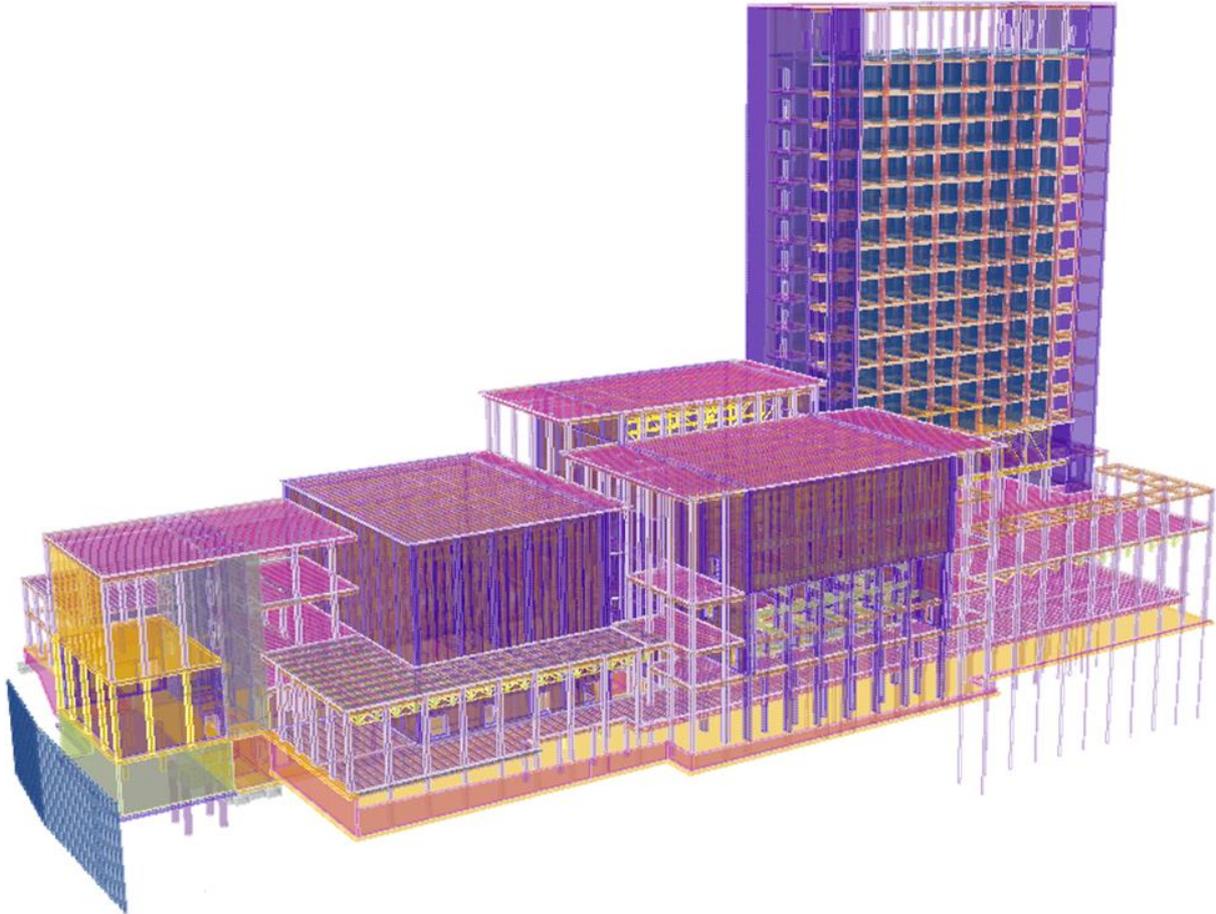


Abbildung 11: BIM Konstruktionsmodell in Tekla, DIFK.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Norsk Prisbok 2019, Norconsult Informasjonssystemer AS und Bygganalyse AS, Sandvika, 2019
- [2] Brettsperrholz Bemessung, Grundlagen für Statik und Konstruktion nach Eurocode, DI Dr. Markus Wallner-Novak, DI Josef Koppelhuber, DI Kurt Pock, proHolz Austria, Juli 2013
- [3] Building higher with light-weight timber structures –the effect of wind induced vibrations, Marie Johansson, Andreas Linderholt, Åsa Bolmsvik, Kirsi Jarnerö, Jörgen Olsson, Thomas Reynolds, inter.noise 2015 San Francisco
- [4] Spreading like wildfire: Why wooden skyscrapers are springing up across the world, Jenni Marsh, CNN, 9th August 2016