



Das höchste Holzhochhaus der Welt – Der Mjøstårn in Brumunddal

# DAS HÖCHSTE WAHRZEICHEN FÜR DIE GRÜNE WENDE

Der 2019 fertiggestellte Mjøstårn in Brumunddal ist das höchste Holzhaus der Welt. Gelegen am Mjøsa-See, knapp zwei Autostunden nördlich von Oslo, erstreckt sich das Gebäude über 18 Etagen und hat eine Gesamthöhe von 84,5 Metern. Tragwerk, Struktur und Fassade bestehen aus heimischem Holz, das natürlich auch die Innenarchitektur maßgeblich dominiert.



Der 2019 fertiggestellte Mjøstårn in Brumunddal, am Mjøsa-See gelegen, ist das höchste Holzhaus der Welt.

## FACTS &amp; FIGURES

## ENTWURF &amp; PLANUNG:

Voll Arkitekter, Olav Tryggvasons gate 51, 7011 Trondheim (Norwegen)

BAUHERR: AB Invest AS

BAUAUSFÜHRUNG: Hent AS

STANDORT: Brumunddal (Norwegen)

ANZAHL DER STOCKWERKE: 18

HÖHE: 84,5 Meter

NUTZUNG: Wohnungen, Büro, Hotel, Restaurant und öffentliches Bad, ca. 16 000 Quadratmeter + Parkplätze



Mjøstårnet, norwegisch für „Der Turm des Mjøsa-Sees“.

maximalen Windbeschleunigungen auf Ebene 17 liegen an der Grenze dessen, was für Wohngebäude akzeptabel ist. Die Schwankung bei Holzgebäuden ist höher als in einem schwereren Gebäude aus Stahl und Beton und könnte, wenn sie nicht innerhalb der erforderlichen Werte gehalten wird, im schlimmsten Fall zu Schwindel bei Bewohnern und Besuchern führen.

### DEM NORWEGISCHEN ARCHITEKTURBÜRO VOLL GELINGT DIE „GRÜNE WENDE“

Für die Planung und Umsetzung des Mjøstårnet ist das Büro Voll Arkitekter AS mit Sitz in Trondheim verantwortlich. Die Norweger verstehen dieses wegweisende Projekt als ein Symbol für die „grüne Wende“. Der Architekt Øystein Elgsaas, der auch Mitglied der Geschäftsleitung ist, erklärt vorab: „Bei der Planung des Gebäudes haben wir eng mit den Ingenieuren von Sweco und Moelven Limte (dem Hersteller des Brettschichtholzes) zusammengearbeitet. Es gab nicht so viele Einschränkungen durch die Verwendung von Holz, es ging vielmehr darum, die Kosten niedrig zu halten, um mit einem konventionellen Gebäude konkurrieren zu können, was bedeutete, dass wir ein Gebäude entwerfen mussten, das für vorgefertigte Elemente geeignet war.“

Das komplette Objekt teilt sich in den Turm und die öffentliche Schwimmhalle mit zwei 25 Meter langen Becken. Im öffentlich zugänglichen Erdgeschoss im Turm findet man beim Betreten die Lobby, die Rezeption und ein Restaurant. Das zweite Stockwerk ist für Konferenzräume und technische Einrichtungen reserviert. In den nächsten fünf Stockwerken befinden sich Büroräume.

Solz und majestätisch, bereits von weitem sichtbar, präsentiert sich in Brumunddal, nördlich von Oslo das höchste Holzhochhaus der Welt, der Mjøsaturm. Von Bäumen umrankt, fernab urbaner Metropolen, würde hier niemand ein Hochhaus vermuten. Umso mehr überrascht der Anblick dieses herausragenden Wahrzeichens der Holzbaukunst.

84,5 Meter ragt dieses Bauwerk in die Höhe. Von der Aussichtsplattform im 18. Stock, genießt man einen atemberaubenden Blick über den See und die ewig grünen Wälder, wo das Fichtenholz wächst, aus dem dieses Leuchtturm-Projekt erbaut wurde. Es ist sicher das erste Mal in der Geschichte, dass etwas in dieser Größenordnung aus Holz realisiert wurde.

Dennoch hat das Bauen mehrgeschossiger Gebäude mit Holz eine lange Tradition. So hatten bereits die Pagoden in Asien um die erste Jahrtausendwende bis zu neun Stockwerke. Das älteste erhaltene Gebäude dieser Art ist die „Pagode des Nebelmeers“ (Yingxian-Pagode) in der chinesischen Provinz Shanxi, die während der Liao-Dynastie (907-1125 n. Chr.) errichtet wurde. Dieses Denkmal, das bereits damals eine Höhe von 67 Meter erreichte, gilt noch heute als ein herausragendes Beispiel und Vorbild für unsere Holzbaukunst, die heute vor allem auch die Forderung nach mehr Nachhaltigkeit in der Bauindustrie erfüllt.

Der Bausektor ist als einer der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen bekannt. Da der nachwachsende Rohstoff Holz den Kohlenstoff bindet, leistet die Verwendung von Holzprodukten einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Holz als Baustoff gewinnt somit zu Recht verstärkt an Bedeutung, wenngleich sein Einsatz technisch begrenzt ist und auch kostenaufwendiger ist als der Bau von Hochhäusern aus Stahlkonstruktionen. Bei dem Mjøstårnet, dem aktuell höchsten Hochhaus aus Holz, beziffert man die Mehrkosten mit

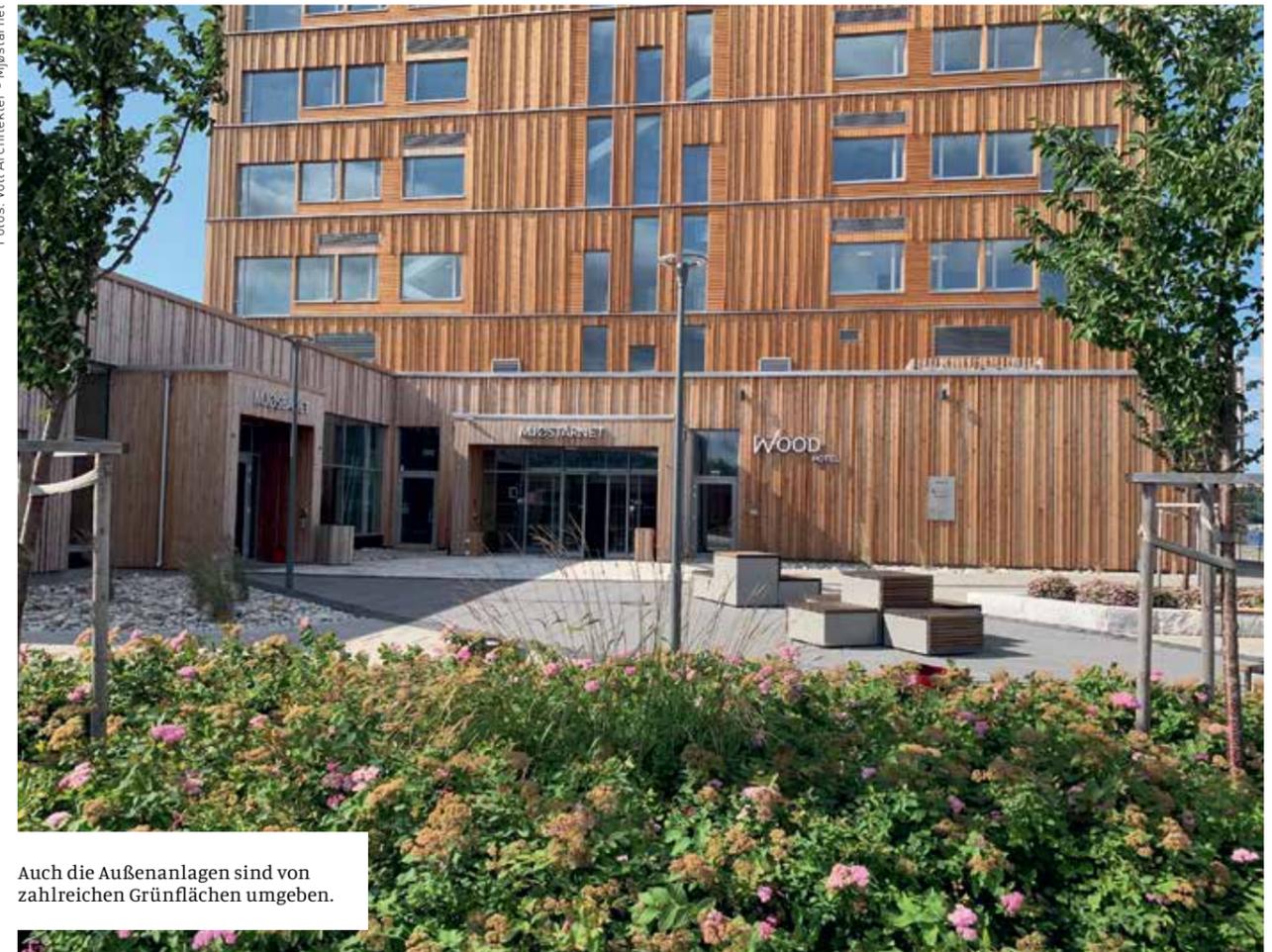
ca. 15 Prozent. Doch konnte dieser zusätzliche Aufwand u.a. durch eine intelligente Bauweise z.B. aus vorgefertigten Bauteilen und damit durch Zeitersparnis teilweise kompensiert werden.

### CTBUH WACHT ÜBER DIE ERFÜLLUNG DER KRITERIEN

Der Titel höchstes Holzhaus wurde durch die Organisation CTBUH (Council on Tall buildings and Urban Habitat) verliehen, die zum Illinois Institute of Technology in Chicago gehört und für die Bewertung der höchsten Gebäude der Welt zuständig ist. Im Jahr 2019 wurden dort die offiziellen Richtlinien für die Messung von Hochhäusern aktualisiert, und Holz als anerkanntes Bausystem aufgenommen. Obwohl beim Mjøstårnetturm die Stockwerke 12 bis 18 aus 300 Millimeter dickem Beton bestehen – im unteren Bereich aus Fertigteilen und im oberen Bereich aus Ortsbeton – gilt der Mjøstårnet als Holzgebäude. Denn laut Vorgabe der CTBUH müssen bei einem Holztragwerksystem sowohl die wichtigsten vertikalen/seitlichen Tragwerkelemente als auch das Deckentragwerk aus Holz bestehen. Dennoch kann ein „reines Holzbauwerk“ im begrenzten Maße auch Nicht-Holz-Verbindungen zwischen Holzelementen enthalten. Ein Gebäude in Holzbauweise mit einem Fußbodensystem aus Betonplatten oder einer Betonplatte auf Holzbalken gilt somit immer noch als „Holzbauwerk“, da die Betonelemente nicht als Haupttragwerk dienen. Für den Mjøstårnet (norwegisch für „Der Turm des Mjøsa-Sees“) wurden diese Kriterien folglich erfüllt.

Der Ersatz von Holz durch Beton in den oberen Geschossen bedeutet, dass das Gebäude nach oben hin schwerer wird, was die Stabilität verbessert. Die zusätzliche Masse ist notwendig, um die Komfortkriterien für windbedingte Bewegungen in Wohngebäuden zu erfüllen. Die maximale horizontale Durchbiegung an der Spitze des Gebäudes wurde mit 14 Zentimetern berechnet, was für ein Gebäude dieser Höhe sehr gering ist. Die

Fotos: Voll Arkitekter - Mjøstårnet



Auch die Außenanlagen sind von zahlreichen Grünflächen umgeben.

Auf den Etagen 12 bis 17 befinden sich insgesamt 35 Wohnungen, zwischen 50 und 180 Quadratmeter.



Natürlich ist auch im Innenraum das Material Holz dominierend.

Der Mjøstårnet-Turm verfügt zudem über 72 Hotelzimmer vom achten bis zum elften Stockwerk. Auf den Etagen 12 bis 16 befinden sich insgesamt 33 Wohnungen, zwischen 50 und 180 Quadratmeter, auf der 17. Etage liegen weitere zwei Wohnungen sowie ein Veranstaltungsraum, der für Feiern und Konferenzen genutzt wird. Im obersten Stockwerk befinden sich ein Penthouse sowie die öffentliche Aussichtsterrasse.

Erbaut wurde das Ganze aus 3 500 Kubikmeter heimischem Fichtenholz von circa 14 000 Bäumen. (Nur Konstruktion, ohne Fassade) Wie lokal der Ursprung des Baumaterials hier ist, belegt die folgende Aussage der Bauherren AB Invest: „Wer auf der Aussichtsplattform des Mjøstårnet steht, kann sehen, woher das Holz kommt und wo es verarbeitet wurde.“ Hier ist das Baumaterial fast vor der Haustür gewachsen. Regionaler geht es kaum. Doch stellte das nachhaltige Material Holz die Planer auch vor Herausforderungen.

### NEUESTE BRANDSCHUTZREGELN SCHAFFEN SICHERHEIT

Holz ist brennbar. Doch gibt es heute völlig neue Brandschutz-Techniken. Vorab: Obwohl das Bauen mit Holz in Norwegen eine lange Tradition hat, war bis 1997 in Norwegen der Bau von Holzhäusern mit mehr als drei Stockwerken verboten. Der Grund für diese Entscheidung liegt lange in der Vergangenheit. Im Jahre 1904 ereignete sich der größte Stadtbrand in der Geschichte Norwegens in Ålesund, bei dem 10.500 Menschen ihr Zuhause verloren. Dies erklärt die Vorsicht.

Der Architekt Øystein Elgsaas kann beruhigen: „Seit der Katastrophe in Ålesund hat sich viel getan, und mit neuen Erkenntnissen versuchen wir erneut, die Messlatte für das Machbare höher zu legen und die Holzbautechnologie weiter voranzutreiben.“ Das Thema Brandschutz wurde in dem 18 Stockwerke hohen Holzgebäude durch folgende Vorgaben und Auflagen optimal gelöst: Der Brandstrategiebericht legt fest, dass das

Haupttragssystem so ausgelegt sein muss, dass es einem Feuer 120 Minuten standhalten muss. Sekundäre tragende Elemente wie Geschossdecken, müssen einer Branddauer von 90 Minuten widerstehen. Der Feuerwiderstand wird durch die Berechnung des verbleibenden Querschnitts nach der Verkohlung gemäß Eurocode 5 bestimmt. Die geforderte Feuerwiderstandsdauer von zwei Stunden wird erreicht durch Überdimensionierung der Brettschichtholzelemente um circa 80 Millimeter. Um eine hohe Widerstandsfähigkeit zu erreichen, ist die Konstruktion so ausgelegt, dass sie den Verlust der horizontalen Stützlast der Holzbalkendecke ausgleicht. Zudem muss die Holzkonstruktion derart stabil sein, dass sie die Aufpralllast einer herabfallenden Holzdecke unbeschadet abfangen kann. Die Konstruktion erfüllt also auch in Sachen Brandschutz höchste Ansprüche.

### OPTIMALE HOLZKONSTRUKTION FÜR MAXIMALE STABILITÄT

Erst vor der letzten Phase des Entwurfsprozesses wurde ein System gefunden, das sowohl effizient als auch stark genug war, um den Anforderungen an die Höhe, den Brandschutz und die Windkräfte zu genügen. Das Haupttragwerk besteht aus großflächigen Leimholzbindern entlang der Fassaden sowie aus inneren Stützen und Trägern. Die Fachwerkbinder nehmen die horizontalen und vertikalen Kräfte auf. Für die drei Aufzugschächte und die zwei Treppenhäuser wurden CLT-Wände eingesetzt, die aus Einschichtplatten aufgebaut sind, und die kreuzweise zu CLT-Brettschichtholzplatten verleimt werden. Durch die besondere Art der Verleimung ergeben sich unter anderem statische und bauphysikalische Vorteile.

### BRETTSCHICHTHOLZ DOMINIERT DIE KONSTRUKTION

Sowohl die Holz- als auch die Betondecken werden von Brettschichtholzträgern getragen, die bei den Betondecken

Querschnitte von bis zu 625 mal 720 Millimeter erreichen. Die größten diagonalen Fachwerkbinder verfügen über einen Querschnitt von 625 mal 990 Millimeter. Die größten Eckstützen sind 625 mal 1490 Millimeter stark. Alle Brettschichtholzelemente sind mit geschlitzten 8 Millimeter Stahlplatten und 12 Millimeter Dübeln verbunden. Erwähnen muss man, dass sich alle konstruktiven Holzelemente innerhalb der Gebäudehülle befinden, so dass diese vor Regen und Sonne geschützt bleiben, was die Haltbarkeit erhöht und den Wartungsaufwand reduziert.

Das gesamte Gebäude ist etwa 40-50 Meter unter der Erde im Felsen verankert. Für die Decken wurden vom zweiten bis zum elften Stockwerk Hohlkastenelemente auf der Basis von Moelv-Træs Træs buildingsystem verwendet, die aus Brettschichtholz und Furnierschichtholz bestehen. Die Hohlräume der Elemente sind mit Steinwolle (Rockwool) gefüllt. Dank dieses kompakten Systems verringern sich der Holzverbrauch, das Gewicht und die Montagezeit. Dennoch werden sowohl akustischen als auch brandschutztechnische Anforderungen erfüllt. Es wäre mit dieser Technik möglich, eine Deckenspannweiten von fast zehn Metern zu erreichen. Im Mjøstårnet beträgt die maximale Spannweite allerdings nur 7,5 Meter. Die Geschosse 12 bis 18 bestehen, wie bereits oben erläutert aus 300 Millimeter dickem Beton, um eine maximale horizontale Durchbiegung an der Spitze des Gebäudes von 14 Zentimeter zu sichern.

Die äußere Gebäudehülle besteht aus großen vorgefertigten Fassadenelementen, mit integrierter Isolierung. Auch die Fassadenteile tragen zusätzlich zur Stabilität bei. Noch eine Besonderheit: Die einzelnen Fachwerkstäbe für Mjøstårnet wurden nach der Vorfertigung nicht probenhalber in der Halle montiert und getestet, wie sonst üblich, sondern nur kodiert, gebündelt und direkt ohne Probemontage zur Baustelle geliefert. In Anbetracht der Komplexität und der erforderlichen Präzision, war dieser Ablauf sicher riskant. Dennoch mussten nur wenige Balken nachbearbeitet werden, so dass die geplante

Zeit- und Kosteneinsparung erreicht wurde. Auch die digitale Planungsmethode BIM leistete hierfür einen wichtigen Beitrag. Die Architekten nutzen für den Entwurf Archicad, während die Ingenieure und Statiker von Revit profitierten. Insgesamt konnte so eine Bauzeit von nur knapp einem Jahr realisiert werden.

### MJØSTÅRNET GILT ALS SIGNALGEBÄUDE

Beim Architekturbüro Voll ist man zu Recht stolz auf das Geleistete und betont: „Wir alle sind dafür verantwortlich, neue Wege des Denkens zu finden. Doch nicht nur im Denken, sondern auch im Handeln.“ Es ist das erste Mal in der Geschichte, dass etwas in dieser Größenordnung gebaut wurde. Øystein Elgsaas abschließend: „Gemeinsam mit unserem Kunden AB Invest und dem Bauunternehmen Hent AS haben wir bereits Anfang 2015 mit der Skizzierung des Projekts begonnen. Das Ergebnis: Mit seinem unverwechselbaren architektonischen Erscheinungsbild ist das Mjøstårnet ein Signalgebäude, das mit seinen 84,5 Metern aus der Landschaft herausragt, aber auch durch die revolutionäre Verwendung von Holz in der Konstruktion und der Verkleidung.“

Trotz der vielen Herausforderungen ist das Mjøstårnet ein beeindruckendes Beispiel dafür, wie moderne Technologien und nachhaltige Baumaterialien genutzt werden können, um die Grenzen des Machbaren im Hochbau neu zu definieren. Es dient als Inspirationsquelle und Vorbild für zukünftige Projekte weltweit.

Anlässlich einer Vorlesung an der Hochschule in Lausanne (Schweiz) vor angehenden Architekten erklärte Øystein Elgsaas: „Das Mjøstårnet soll ein Symbol für den ‚grünen Wandel‘ sein und den Beweis antreten, dass hohe und komplexe Gebäude mit lokalen Ressourcen, lokalen Lieferanten und nachhaltigen Holzmaterialien gebaut werden können. Dies ist unser Beitrag für ein nachhaltiges Denken und Handeln. Wir wollen so andere inspirieren, es uns gleich zu tun.“