Erweiterungsbauten für den Flughafen Oslo-Gardermoen

Extensions to Oslo-Gardermoen Airport

Extensions de l'aéroport Oslo-Gardermoen

Markus Derix
W.u.J. Derix GmbH & Co.
Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG
DE-Niederkrüchten

Erweiterungsbauten für den Flughafen Oslo-Gardermoen

1. Flughafen Oslo-Gardermoen

Der Flughafen Oslo ist ursprünglich ein militärisch genutzter Flughafen. Am 29.08.1998 wurde er für die zivile Nutzung umfänglich ausgebaut. Die damalige Planung war für jährlich 17 Mio. Passagiere ausgelegt. In 2013 wurde der Flughafen Oslo-Gardermoen offiziell in Oslo-Flughafen (OSLO-LUFTHAVN) umbenannt. In 2013 wurden annähernd 23 Mio. Passagiere abgefertigt und die Kapazitätsgrenze der vorhandenen Infrastruktur erreicht. Schon in 2007 wurde auf Grund der stetig wachsenden Passagierzahlen entschieden, den Flughafen massiv auszubauen.

Die Planungsphase begann in 2007 und in 2010 starteten die ersten kleineren, vorbereitenden Baumaßnahmen. Im Frühjahr 2011 starteten die Hauptbauaktivitäten unter Beibehaltung des laufenden Betriebes des vorhandenen Flughafens. Die komplette Inbetriebnahme und Eröffnung ist für den 27.04.2017 geplant.

Abbildung 1: Terminal 1 und Terminal 2 (»Sentralbygning Vest«)

Der Flughafen in Oslo wird dann mit einer Kapazität von 28 Mio. Passagieren größter Airport Skandinaviens sein. Zum Vergleich: Der größte Flughafen der Welt ist in Atlanta und fertigt jährlich 95 Mio. Passagiere ab, München 38 Mio., Kopenhagen 21,5 Mio. und Stockholm 17 Mio. Passagiere.

Der Anspruch des Bauherrn an die Planer war es, dass der Flughafen auch zukünftig einfach, ordentlich, effizient und architektonisch anspruchsvoll ist. Die Erweiterung stellt eine stringente Fortführung der norwegischen Bauphilosophie dar, mit umfangreichem Einsatz von natürlichen Materialien und einfachen und schlichten Lösungen.

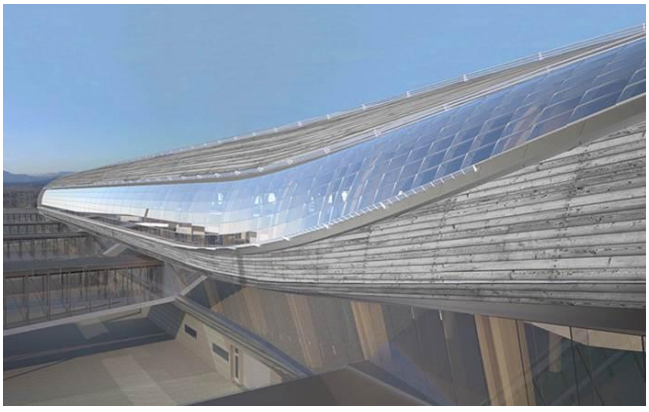

Abbildung 2: »PIR NORD« mit Holzeindeckung

Darüber hinaus hat sich Oslo-Airport auch zum Ziel gesetzt, die Umwelt zu schützen und den Flughafen so umweltfreundlich zu bauen wie dies für einen Flughafen überhaupt möglich ist. Es wird ein hoher Anteil von recycelten Materialien verwendet und selbst der Beton wird – da wo möglich – mit recycelten Materialien vermischt.

Der Flughafen befindet sich in Gardermoen in Akershus, 50 km nördlich der norwegischen Hauptstadt Oslo. Er ist über die GARDERMOBANEN mit Oslo verbunden, auf der mit dem FLYTOGET die einzigen Hochgeschwindigkeitszüge Norwegens verkehren und den Flughafen in 19 Minuten mit der Stadt verbinden.

Auf Grund des hohen ökologischen Anspruchs des Betreibers hat der öffentliche Personennahverkehr zum Flughafen einen großen Fokus. Im Jahre 2013 erfolgte die An- und Abreise zum Flughafen zu 65% mit öffentlichen Verkehrsmitteln, dies ist der höchste Anteil in Europa.

Der ökologische Anspruch umfasst jedoch neben dem baulichen Aspekten, auch die Nutzung. So wird z.B. die weltweit erste Anlage für die Kühlung des Gebäudes mit Schnee installiert. Hierzu wird der an den Start- und Landebahnen entsorgte Schnee in einem 30.000 cbm umfassenden Bassin gelagert. Der Schnee wird mit einer Hackschnitzelabdeckung von oben gegen die Sonneneinstrahlung geschützt. Über Wärmetauscher wird dann die Energie für die Kühlung der Gebäude gewonnen.

2. Gesamtprojekt und Projektbeteiligte

2.1. Gesamtprojekt

Das ca. 1,7 Milliarden schwere Investitionsvolumen umfasst den Neubau bzw. die Erweiterung des Hauptterminals (»Sentralbygning Vest«), den Neubau eines dritten Flugsteigs (»Pir Nord«) mit 11 neuen Luftbrücken, einen neuen Fernverkehrsbahnhof sowie die umfangreiche Modernisierung und Erweiterung der Infrastruktur, wie z.B. für Runways und die Zufahrtstraßen.

Die Tragwerke der Hauptgebäude, Ankunft- und Abfertigungsterminal, das Pir und der Fernverkehrsbahnhof werden mit einem Dachtragwerk aus Brettschichtholz realisiert. Zudem soll der 300 m lange und 63.000 m² überdachte Pir mit einer Dachhaut aus Holz abgedeckt werden.

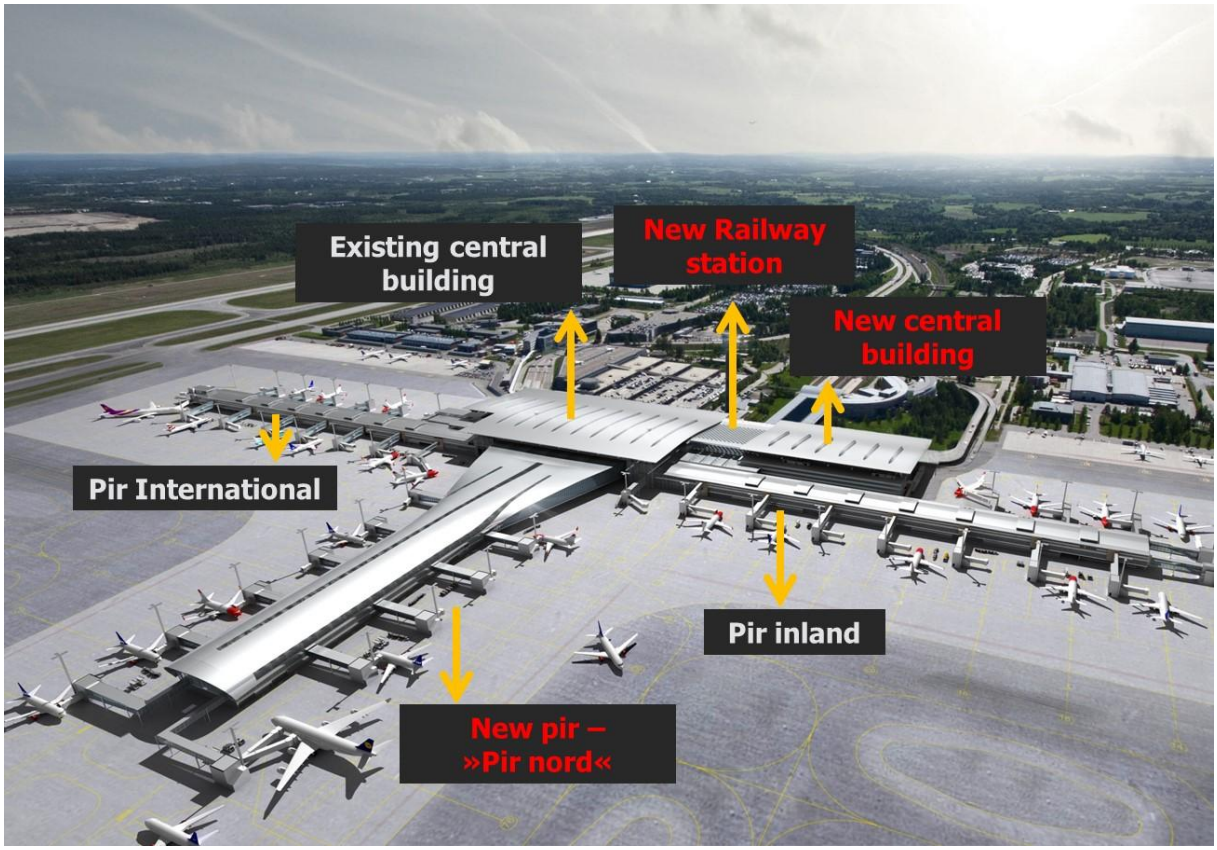

Abbildung 3: Gesamtprojekt

2.2. Projektbeteiligte

Die AVINOR-Gruppe betreibt in Norwegen 46 Flughäfen und ist auch für die nationale Flugsicherung verantwortlich. OSLO-LUFTHAVN AS (OSL) gehört zur AVINOR-Gruppe und ist offizieller Auftraggeber bzw. Bauherr.

Für das Projektmanagement ist das norwegische Unternehmen ADVANSIA verantwortlich. Für die Architektur und Ausführungsplanung wurde ein Projektteam TEAM_T beauftragt, an dem die Architekturbüros NARDUD-STOKKE-WIG, COWI, NORCONSULT, AAS-JACOBSEN, PER RASMUSSEN und einige andere beteiligt sind.

Die Vergabe erfolgte in Teillosen an Generalunternehmer. Die Teilloseumfassen den Hochbau, den Tiefbau und teilweise auch nur das Dachtragwerk, einschließlich der Dacheindeckung. Den Zuschlag für die Erweiterung des Abfertigungsterminals "Sentralbygning Vest" und des Flugsteiges "PIR NORD" sicherte sich die Firma KRUSE SMITH. Als Familienunternehmen beschäftigt Kruse Smith 960 Mitarbeiter, ist Norwegens sechst größtes Bauunternehmen und hat einen Jahresumsatz von ca. 500 Mio. EURO.

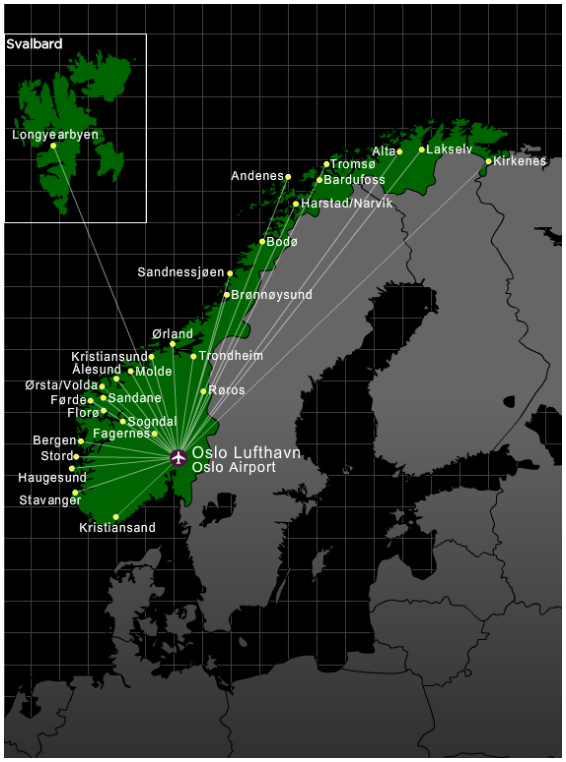

Abbildung 4: AVINOR-Gruppe

KRUSE SMITH arbeitet seit Jahren erfolgreich mit der norwegischen Firma AANESLANDLIMTRE zusammen, die in Norwegen Brettschichtholz vertreibt.

Diese erhielt den Auftrag für die Herstellung und Lieferung des Brettschichtholzes einschließlich der Stahlverbindungsmittel und vergab ihn an die W. u. J. Derix GmbH & Co.. Die Montage lag in der Verantwortung von KRUSE SMITH.

Mit der Ausführungs- und Detailstatik beauftragte KRUSE SMITH die norwegische Ingenieurgruppe SWECO.

Das Auftragspaket an Derix umfasste neben dem Brettschichtholz auch sämtliche Stahlverbindungsmittel und den Transport zur Baustelle. Die Stahlteile und Verbindungsmittel wurden vom langjährigen Partner BRÜNINGHOFF PROJEKTBAU geliefert und der Transport erfolgte durch den Logistikpartner ERNST LAUMEYER GMBH, der auf überlange und überbreite Transporte spezialisiert ist.

Die Arbeitsvorbereitung bzw. Aufbereitung der bauseitig zur Verfügung gestellten 3D-Dateien erfolgte durch das CAD-Büro Roland Wank.

Die erste Ausschreibung umfasste die Tragkonstruktion für das Abfertigungsterminal »SENTRALBYGNING VEST«. Der Auftrag für den Holzbau wurde im Jahre 2012 erteilt. Nachdem ca. zwei Drittel dieses Auftrags erfolgreich abgewickelt wurde, entschied sich der Bauherr bei der Vergabe des Dachtragwerkes des »PIR NORD« für das gleiche Bauteam.

3. Abfertigungsterminal »Sentralbygning Vest«

Die Grundfläche des Terminals wird durch ein Rechteck mit den Abmessungen 91,00 m × 126,00 m umschrieben. Die Haupttragkonstruktion gliedert sich in 7 Hauptachsen mit jeweils 2 Stahlbetonrundstützen, auf die ab einer Höhe von ca. 12,80 m bzw. 18,80 m über Oberkante Gelände zentrisch eine Stahlkrone zur Aufnahme der Zwillingsfachwerkträger in einem Abstand von 3,00 m angeordnet sind. Die Gesamtabwicklung der Fachwerkträger über die Gebäudebreite beträgt ca. 91,00 m. Das Achsmaß des Stützenabstandes beträgt 54 m, sodass die Fachwerkträger auf der Flugfeldseite ca. 23,00 m und auf der Landseite ca. 13,65 m auskragen. Die Vorfertigung dieser Fachwerkträger erfolgte in 3 Segmenten. Insgesamt mussten somit 7×2×3 = 42 Stk. Fachwerkträger hergestellt werden.

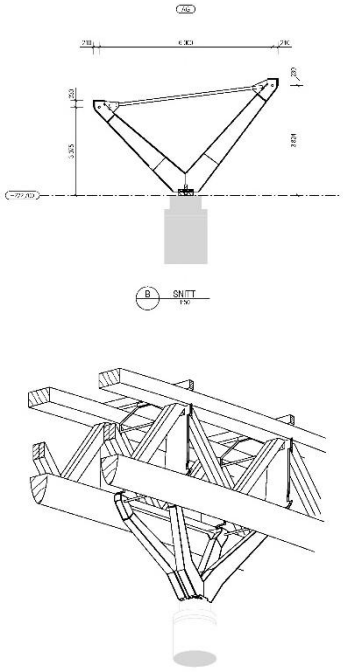

Abbildung 5: Auflagerausbildung

Die Abmessungen des Obergurtes betrugen b/h 89/53[5] cm und die des Untergurtes 73/105 cm. Sowohl Ober-als auch Untergurt wurden in der Festigkeitsklasse GL 32h gefertigt. Die Diagonalen waren entsprechend den staatlichen Anforderung im Querschnitt 24/52 bis 56/52 cm abgestuft. Hier konnte auch GL24 verwendet werden.

Die Fachwerkträger wurden zwischen Ober-und Untergurt beplankt, so das im Wesentlichen nur der Untergurt später sichtbar ist. Aufgrund der ovalen Querschnittsausbildung und der Verjüngung der Querschnittsbreite der Ober- und Untergurte im Bereich der Kragarmenden ergaben sich jedoch extreme Anforderungen an die Oberflächenqualität der CNC-Bearbeitung. Über die Optimierung der Fräswerkzeuge konnte eine Oberfläche erreicht werden, die ohne weitere Nachbearbeitung einer gehobelten BSH-Qualität entsprach.

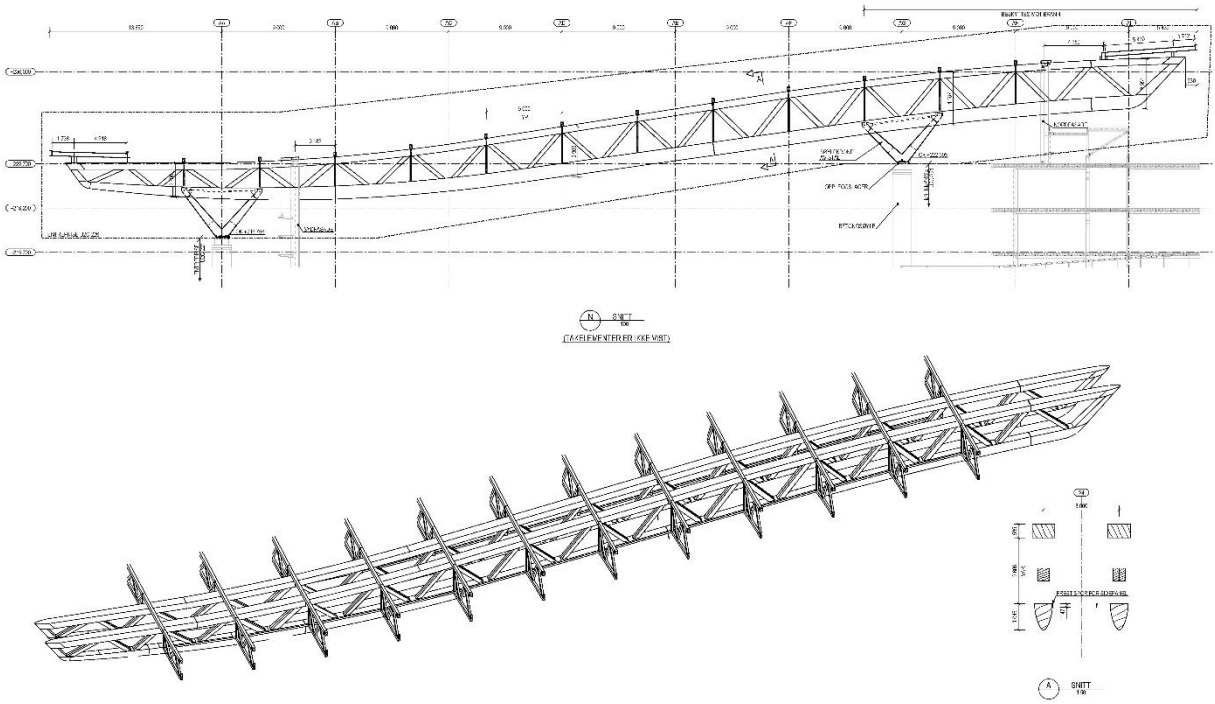

Abbildung 6: System des Hautfachwerkträgers

Zwischen dieser Hauptkonstruktion sind im Achsabstand von 6,00 m leichte Sekundärfachwerkträger mit einer Spannweite von ca. 15 m und einer Systemhöhe von ca. 2,50 m angeordnet. Aufgrund architektonischer Vorgaben sind sämtliche zwölf Fachwerkträger innerhalb eines Achsfeldes unterschiedlich. Insgesamt wurden 96 Träger hiervon hergestellt.

Abbildung 7: Ansicht Sekundär-Fachwerkträger

Für sämtliche Verbindungen wurden mehr schnittige, konventionelle Schlitzblechverbindungen mit Stabdübeln im Ø 12 und 16 mm gewählt.

4. Flugsteig »PIR NORD«

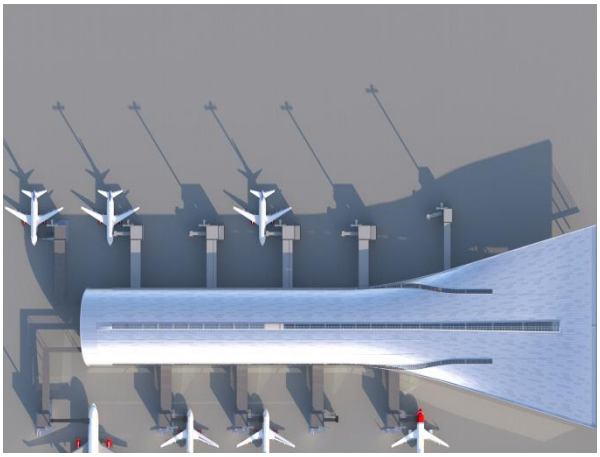

Abbildung 8: »PirNird«

Der »PIR NORD« setzt sich architektonisch von den anderen Gebäuden stark ab um bewusst eine eigene Identität zu erhalten. Er schließt nördlich an das schon existierende Terminal 1 mit einer Breite von ca. 120 m an. In Richtung des Flugfelds verjüngt er sich sukzessive und nach ca. 160 m geht er in eine parallele Röhre mit einer Breite von ca. 46,00 m und einer Höhe von ca. 16,00 m über. Die Tragkonstruktion besteht insgesamt aus 28 Achsen. Die ersten elf Achsen sind jeweils stark unterschiedlich ausgebildet, die letzten 17 Achsen sind in der konstruktiven Ausführung gleich.

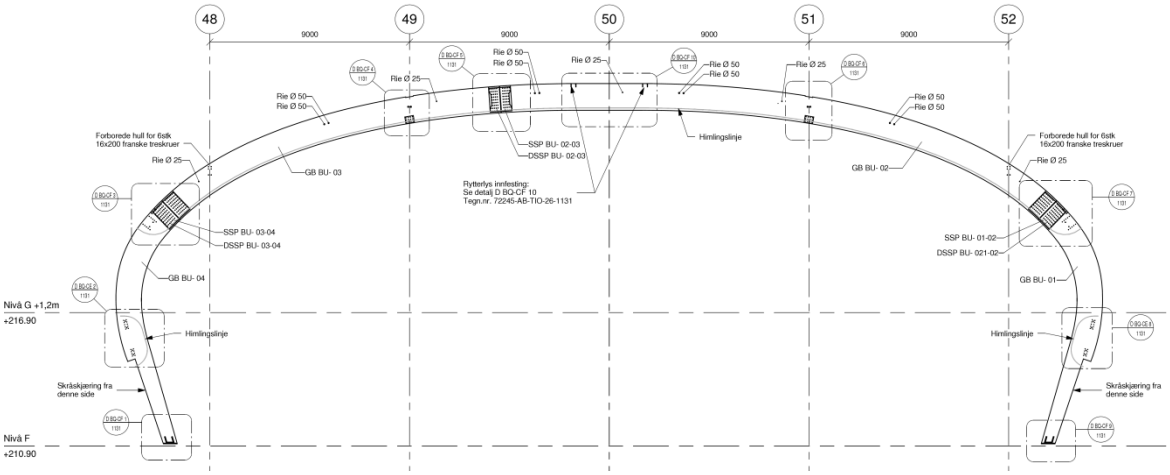

Abbildung 9: Achse Cs – BQ, insgesamt 17×

Pro Hauptachse sind Zwillingsträger mit Einzelquerschnitten von 28/120 bis 28/250 cm im Abstand von 32 cm angeordnet. Die längsten Einzelbauteile in Achse BA am Übergang zum Hauptterminal haben eine Länge von 47 m. Die Träger sind mit konventionellen Schlitzblechen t=12 mm zum Teil biegesteif gestoßen. Zur Aufnahme der Quell-und Schwindverformungen wurden in den Stahlblechen Langlöcher vorgesehen.

Die 28 cm starken BSH-Bauteile wurden mit einem verschachtelten Querschnittsaufbau realisiert. Hierzu wurden 18^6 cm und 9^3 cm breite Lamellen nebeneinander angeordnet. In der benachbarten Lamelle erfolgte die Anordnung der Lamellen in umgekehrter Reihenfolge. Für die äußere, sichtbare Zuglamelle wurde eine Stäbchenlamelle ("Superlamelle") verwendet. Diese wurde in einem separaten Arbeitsgang vorgefertigt, für den längsten Träger betrug die Länge 47 m!

Abbildung 10: Ansicht vom Flugfeld

5. Herausforderungen

5.1. Festigkeitsklassen

Der Hauptanteil der insgesamt 2.000 cbm Brettschichtholz für den Bauabschnitt »SENTRALBYGNING VEST« war in der Festigkeitsklasse GL32h gemäß EN 14080:2005 ausgeschrieben. Hierzu benötigt man z.B. Sortierklassen LS 22 nach EN 14081.

Problematisch hierbei ist, dass bei der maschinellen Sortierung der Anteil dieser Festigkeitsklasse i.d.R. unterhalb von 50% liegt. Bei einem Gesamtbedarf von ca. 3.000 cbm Rohmaterial bedeutet dies, dass eine enorme Menge Schnittholz mit einer geringeren Festigkeitsklasse nicht auftragsbezogen verarbeitet werden kann. Dieses Problem konnte jedoch über mehrere Maßnahmen reduziert werden:

- Mit dem IngenieurbüroSWECO wurde im Vorfeld eruiert, für welche Trägerbereiche eventuell eine geringere Festigkeitsklasse ausreichend ist.
- Das Ausgangsmaterial wurde festigkeitssortiert von einem schwedischen Sägewerk gekauft. Hier lag die Ausbeute der LS 22 bei ca. 60%. Die 40 % der geringeren Klasse LS 15 wurden an einen befreundeten Großproduzenten für Parallelware verkauft. Da für die Parallelware die Festigkeitsklasse GL 24 Standard ist, konnte hier die LS 15 ohne Einschränkung und vor allen Dingen auf Grund der großen Kapazitäten zeitnah verarbeitet werden.
- Die Einteilung der Bauteilbreiten wurde so gewählt, dass ein Teil der minderwertigen Lamellen auch für die Diagonalen in der Festigkeitsklasse GL24 verarbeitet werden konnten.

5.2. Passgenauigkeit

Die Anforderungen an die Passgenauigkeit waren außerordentlich hoch und auf Grund der enormen Breite von 89 bzw. 73 cm der Ober- und Untergurte und mehrfachen Schlitzbedingungen außerordentlich komplex. Im Vorfeld wurden daher mit dem Auftraggeber und dem Ingenieurbüro SWECO folgende Lösungsansätze gewählt:

- Alle Bearbeitungen sollten mit CNC-Maschinen erfolgen.
- Damit dies möglich wurde und nicht bei der Detaillierung der Knotenpunkte zu massiven Einschränkungen führte, wurden die Schlitze in den Bereich der Blockverleimungsfuge angeordnet.
- Die CNC-Bearbeitung erfolgte zunächst an den Rohlingen vor der Blockverklebung. Dies garantierte ein sehr geringes Verlaufen der Einzelbohrungen und eine Bearbeitung der Schlitze durch Oberflächenfräsungen.

- Die Herstellung und Bearbeitung der Schlitzbleche wurde mit beauftragt, um die Verantwortlichkeit der Passgenauigkeit in einer Hand zu belassen. Gefertigt wurden sämtliche Stahlteile von der Firma BRÜNINGHOFF PROJEKTBAU, die wiederum mit entsprechenden CNC-Großanlagen die Stahlteile hochpräzise herstellen kann.
- Die Ausführungszeichnungen wurden von SWECO mit einem 3D-CAD erstellt, dass die direkte und komplette Übernahme der komplexen Konturen in die CAM-Software ermöglichte.

Abbildung 11: Schlitzblechfräsungen in der Klebefuge

5.3. Blockverklebung

Abbildung 12: Blockverklebung der Einzelquerschnitte

Der überwiegende Teil der Bauteile musste zu großen Bauteilen blockverleimt werden. Um dies in der vorgegebenen Zeit zu realisieren und auch um ein entsprechend hohes Qualitätsniveau zu erzielen, wurde eigens für dieses Projekt eine Blockpresse entwickelt.

Abbildung 13: Rohling vor Konturfräsung

Abbildung 14: Nach der Bearbeitung

5.4. Kapazitätsbedarf CNC-Bearbeitung

Abbildung 15: CNC mit 2-Spindel-Betrieb und 6,00 × 78,00 m Bearbeitungsabmessungen

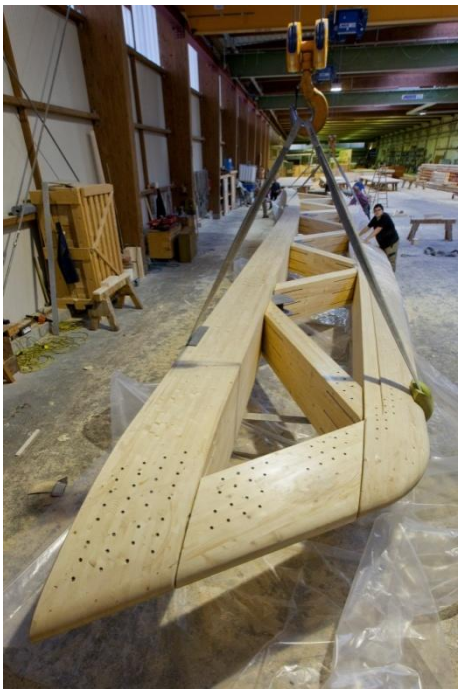

Abbildung 16:Zusammengebauter Fachwerkträger

Bei den ersten Berechnungen ergab sich ein Kapazitätsbedarf von ca. 2.500 Std. reine CNC-Bearbeitung. Nicht nur die flügelförmige Konturbearbeitung der Untergurte war aufwendig, sondern auch die Einzelbearbeitung mit den Bohrungen und Oberflächenfräsungen. Auch der Abbund der Diagonalen und der kleineren Fachwerkträger war extrem anspruchsvoll und zeitintensiv.

Insgesamt wurden ca. 230 m³ BSH für die Konturfräsung komplett zerspant.

Diese Anforderung konnte nur bewerkstelligt werden, da in der Unternehmensgruppe insgesamt sechs CNC-Bearbeitungsanlagen installiert sind, hiervon drei Groß-Abbundportale.

5.5. Transport

Abbildung 17: Transport mit der Fähre

Die bis zu 5,00 m breiten und 47,00 m langen Teile stellten außerordentliche Anforderungen an die Logistik.

Trotz widriger Witterungsumstände und Schneekettenpflicht in Norwegen erfolgten alle Lieferungen auf den Tag genau.

5.6. Norwegische Mentalität und Wettbewerb

Holz und Holzbau sind - nach weit verbreiteter Meinung – eine skandinavische Domäne.

Es galt daher, Generalunternehmer, das Ingenieurbüro und auch den Bauherrn davon zu überzeugen, dass ein deutsches Unternehmen ebenbürtig ist. Alle Beteiligten wurden daher im frühen Stadium eingeladen, um sich ein Bild von der Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu machen. Die Repräsentanten von OSL waren bei ihrem Besuch auch auf Grund eines 1:1 Mock-up's sehr schnell davon überzeugt, dass durch den CNC-Abbund ein extrem hohes Qualitätsniveau erzielt werden kann.

5.7. Qualitätsanforderung

Um ein möglichst hohes Qualitätsniveau zu erzielen, wurde im Vorfeld ein umfangreiches Maßnahmenpaket vereinbart:

- Erarbeitung einer Risikoanalyse mit Ableitung entsprechender Gegenmaßnahmen
- Erstellung von »Method-Statements« für alle wesentlichen Bearbeitungsschritte.
- Abnahme der ersten Bauteile einer Serie durch Auftraggeber, Ingenieurbüro und Bauherrnvertreter im Werk.
- Zusätzliche Werkskontrollen für den gesamten Produktionsprozess durch ein etabliertes und nach EN 14080 zertifiziertes Institut.
- Detaillierte Abnahmeformulare für die eigene Endabnahme im Werk mit ausführlicher Fotodokumentation und der Warenannahme auf der Baustelle durch den Auftraggeber.
- Hirnholzversiegelung aller Endflächen.
- Doppelte Verpackung der Bauteile für die Zwischenlagerung auf der Baustelle.
- Einbau eines Monitoring-Systems durch die TU München zur Dokumentation des Klimas und der Holzfeuchtigkeitsentwicklung über die gesamte Querschnittsbreite an mehreren Messstellen und zur Steuerung des Klimas während der Inbetriebnahme des Gebäudes.

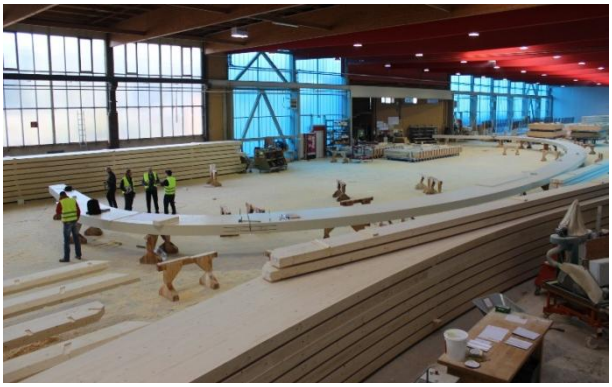

Abbildung 18: Abnahme einer komplett vormontierten Achse im Werk

Abbildung 19: Montage