

Norwegen kann Flughafenbau

... termingerecht und mit höchster Präzision

Bis 2029 investiert Norwegen über das staatliche Unternehmen Avinor, dem größten Eigentümer und Betreiber von Flughäfen im Land, umgerechnet über 6 Mrd. Euro in den Ausbau und die Modernisierung seiner Flughafeninfrastruktur. Im Zuge dessen wurde der Internationale Flughafen von Oslo (Gardermoen) um einen Terminal und einen Flugsteig erweitert. Das sehr große Bauvorhaben konnte nicht zuletzt aufgrund der Entscheidung für Holz termingerecht fertiggestellt werden.

Mit der aktuellen Erweiterung des Hauptstadt-Flughafens in Oslo hat man dessen Fluggastkapazität von 24,2 Mio. im Jahr auf nun 28 Mio. Passagiere angehoben. Für die Architekten und Planer galt es sicherzustellen, dass das aus mehreren Einzelbauvorhaben bestehende Gesamtprojekt nicht nur bei laufendem Betrieb, sondern termingerecht (selbst bei parallel weiter steigenden Fluggastzahlen) ohne Reibungsverluste fertiggestellt werden konnte. Dieser logistisch-ökonomische Faktor war maßgeblich für die Entscheidung, wesentliche Teile der Erweiterung in Holzbauteile mit hohem Vorfertigungsgrad bauen zu lassen.

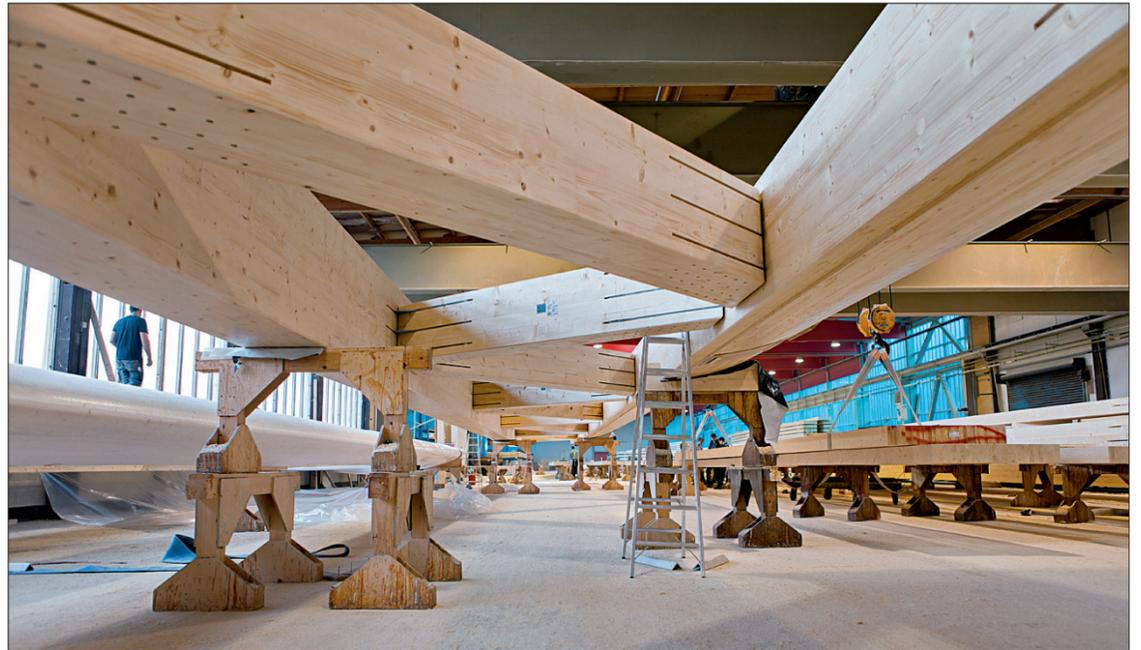
Das Vorhaben umfasste, neben der Modernisierung und Modifizierung der Verkehrswege im Terminal wie davor, den Bau dreier großvolumiger Hallen; und zwar einen neuen Fernverkehrsbahnhof, ein zweites Terminal mit Ankunfts- und Abfertigungsbereich sowie einen dritten Flugsteig mit elf zusätzlichen Luftlandebrücken. Die Architektur des Flughafens enthielt bereits eine Vielzahl an Elementen der skandinavischen Holzbautradition, die auch in die Entwurfsplanung der Erweiterung eingeflossen sind. Entsprechend der norwegischen Vorgabe, bei öffentlichen Bauvorhaben vermehrt auf Holz zu setzen, wurden die Tragwerke der drei Gebäude aus Brettschichtholz erstellt, während man das Dach des neuen Flugsteigs Pier Nord zusätzlich mit schwedischen Eichenholz-Lamellen bekleidete. Die millimetergenaue Vorfertigung der

BSH-Träger für den norwegischen Flughafen in höchster Qualität war Teil der Vorgabe aus Oslo, „Null-Toleranz“ wurde auch für die Terminierung der Produktion und Lieferung gefordert. Dafür benötigte man u. a. große Produktionshallen, in denen wetterunabhängig gearbeitet werden kann – ein zentrales Kriterium bei der Auftragsvergabe.

Qualitätslevel mit Toleranz null

Das deutsche Holzleimbau-Unternehmen Derix (bzw. Poppensieker und Derix), welches über zwei Produktionslinien (an zwei Standorten) verfügt, auf denen konstruktive Bauteile bis zu einer Länge von 75 m bis 5 m Breite bearbeitet werden können, wurde deshalb auch mit der Anfertigung der Tragwerke aus FSC- bzw. PEFC-zertifiziertem Holz beauftragt. Weltweit können das nicht viele Unternehmen.

Die Produktion der Leimbinder erfolgt in einem computergesteuerten Planungs- und Ausführungsprozess. Die Planungsdaten aus dem 3D-Konstruktionsprogramm des Holzbauingenieurs werden direkt in die CNC-gesteuerten, mit Lasertechnik ausgestatteten Abundstraßen übermittelt. Auf diesen werden an den Brettschichthölzern sämtliche Bearbeitungen wie Längs-, Schräg- und Gehrungsschnitten, Bohrungen und Konturfürungen in allen Winkeln und Neigungsgraden vorgenommen. Auch große Bauteilquerschnitte können mittels präziser Bearbeitung an Fünf-Achs-Maschinen, die eine dreidimensionale Bearbeitung er-



Vorfertigung in anderen Dimensionen: Unter der Bekleidung der flügelähnlich geformten BSH-Holzträger verbergen sich Fachwerkbinder. Die Knoten sind mit Schlitzeisen und Stabdübeln verbunden. Foto: Derix/Poppensieker & Derix

möglichen, in einem Prozess gefertigt werden. Eingeschlossen in diesen Vorgang sind die in Oslo geforderten Einschnitte für Schlitze in unterschiedlichen Tiefen und Größen, die für die Anschlüsse und Verbindungen mit Stabdübeln, Stahlblechen und -stiften an tragenden Knotenpunkten benötigt werden. Aufgrund der Vielzahl an zu verleimenden, großen Bauteilen, entwickelten Derix bzw. Poppensieker und Derix eigens für das Bauvorhaben Oslo eine Blockpresse, um dem geforderten Qualitätslevel in einem definierten Zeitrahmen entsprechen zu können. Letztlich konnten sämtliche BSH-Bauteile über 1300 km Distanz termingerecht auf die Baustelle geliefert werden.

Mischkonstruktion aus BSH und Stahlbeton

Die Tragwerk-Architektur der neuen Passagier-Abfertigungshalle namens Sentralbygning Vest ist, wie schon der erste Terminal, eine BSH-Stahlbeton Mischkonstruktion. Mit seiner rechteckigen Grundform (126 m lang, 95 m breit) schließt sich der neue Terminal unmittelbar an den ersten an. Die zen-



Der gesamte Bauprozess erfolgte bei laufendem Flugbetrieb und steigendem Fluggastaufkommen ohne große Verzögerungen. Foto: Oslo Lufthavn AS

Die Maße ihrer blockverklebten Ober- und Untergurte sprechen für sich: 89 cm breit und 53 cm hoch (oben) bzw. 73 cm breit und 105 cm hoch (unten). Während die Obergurte zum Schluss beplankt wurden, beließ man die Untergurte mit ihren fein geschliffenen Oberflächen sichtbar. Als Unterkonstruktion zwischen der Hauptkonstruktion fungieren BSH-Sekundärfachwerkträger, die in einem Achsabstand von 6 m bei einer Spannweite von etwa 15 m sowie einer Höhe von 2,50 m symmetrisch angeordnet sind.

Bogenbinder für Flugsteig

Insgesamt besteht die Dachkonstruktion des neuen Terminals aus 138 Primär- bzw. Sekundär-Fachwerkträgern, die in Nordrhein-Westfalen fertig produziert und dann termingerecht nach Norwegen transportiert wurden. Sentralbygning Vest steht auf einer Grundfläche von etwa 12000 m², wobei die Nutzfläche bedingt durch einen mehrgeschossigen Ausbau 52000 m² beträgt. Der neue Flugsteig mit elf Brücken zum Andocken der Flugzeuge mit Namen „Pier Nord“ weist eine Länge von 320 m und eine Fläche von 63000 m² auf, er schließt mit einer Breite von 120 m an den Terminal 1 an. Dessen Form verjüngt sich stetig in Richtung des Flugfeldes, um nach etwa 160 m in eine symmetrische Röhre zu münden, die 46 m breit und 16 m hoch ist. Das Tragwerk besteht aus 28 geschwungenen, doppelten BSH-Bogenbindern. Aufgrund der Verjüngung differieren die ersten elf Hauptachsen in ihrer Größe, während die restlichen 17 Achsen der sich anfügenden Röhre in der konstruktiven Ausführung identisch sind. Je Hauptachse wurden die BSH-Zwillingssträger mit Querschnitten zwischen 28 x 120 cm bis 28 x 250 cm im Abstand von 32 cm platziert. Die längsten BSH-Einzelbauteile der Träger, die mit Schlitzblechen biegesteif gestoßen wurden, weisen die stattliche Länge von 47 m auf. Um die Entwick-

lung derartiger BSH-Tragwerke weiter vorantreiben zu können, hat die TU München zur Dokumentation des Klimas und der Holzfeuchte über die gesamte Querschnittsbreite mehrere Messstellen eines Monitoring-Systems installiert.

Dachbekleidung aus Eiche

Der neue Flugsteig „Pier Nord“ hat in weiten Teilen eine Dachbekleidung aus schwedischer Eiche-Lamellen*. Dieses Holz (*Quercus robur*; Stieleiche) hat eine natürliche Dauerhaftigkeit der Klasse 2 (= dauerhaft) gegenüber holzerstörenden Pilzen. Das Kernholz, welches hier verwendet wurde, ist sehr hart, vergleichsweise schwer – die mittlere Dichte liegt zwischen 670 und 1400 kg/m³ – und sogar gegenüber direkter Beregnung überaus beständig. Nicht ohne Grund wurde es früher viel zum Bau von Schiffen eingesetzt. Die Eichenholzlamellen mit einer relativen Holzfeuchte von 12 % in den Maßen 120 mm (L) x 22 mm (B) wurden gemäß der Flughafen-Brandschutzbestimmungen vor der Montage mit einer feuerresistenten Lösung behandelt. Dabei sitzt die hölzerne Dachbekleidung auf Kunststoffplatten, die im Abstand von 50 cm der U-Form des Daches folgend parallel angeordnet sind und zugleich eine Hinterlüftungsebene von 4 cm bilden. Darunter befindet sich eine aufgedoppelt verschweißte, 8 mm starke Bitumenbahn mit einer im Prüfdruckverfahren getesteten Isolierung. Diese liegt auf vorgefertigten Dachelementen, deren Kern eine mineralisch gedämmte Stahlkonstruktion ist.

Vorgefertigte Dachelemente

Die Stahlkonstruktion wird von einer Schutzfolie umhüllt, die auf einer wasserdichten Spanplatte befestigt ist. Zusätzliches Schutz bietet eine Dampfsperre mit einer weiteren Isolierschicht,



Für das Terminalgebäude waren dreißig, bis zu 52 m lange LKW-Sondertransporte, für das Pier 20 Transporte notwendig. Sie erfolgten per LKW in sieben Nachtstunden von Velppe (Niederrhein) über Kiel und die Linien-Fähre (Color-Line) nach Oslo. Foto: Derix/Poppensieker & Derix



Die 90 m überspannenden BSH-Dachbinder der Passagier-Abfertigungshalle Sentralbygning Vest werden von Betonstützen getragen. Foto: Derix/Poppensieker & Derix



Aus der Vogelperspektive ist die Röhrenform der neuen, mit schwedischen Eichenholz-Lamellen bekleideten Landungsbrücke Pier Nord gut zu erkennen. Sie schließt direkt an den Terminal 1 an. Foto: Oslo Lufthavn AS

trale Konstruktion bilden sieben Hauptachsen aus BSH-Zwillingsfachwerkträgern, die von jeweils zwei Stahlbeton-Rundstützen im Abstand von 54 m abgefangen werden. Dabei kragen die Fachwerkträger an der Seite zum Flugfeld 23 m aus, an der gegenüberliegenden um 13,65 m. Kräftige Stahlkronen auf den Stahlbetonrundstützen nehmen die BSH-Zwillingsfachwerkträger in Höhen von 18,80 m bzw. 12,80 m in einem Abstand von je 3 m auf. Die länglich geschwungenen, groß dimensionierten Kragarme, deren Querschnitte sich gen Ende verjüngen, erwecken Assoziationen an die gewaltigen Tragflächen von Interkontinentalflugzeugen, die hier beinahe schwebend leicht ihren statischen Auftrag erfüllen.

* Geliefert hat sie Svenneby Sag og Høveri, Norwegen, die Brandschutzimprägnierung erfolgte bei Wood Safe AB, Västerås (Schweden).

Norwegen kann Flughafenbau

Fortsetzung von Seite 775

die von einer abgehängten Decke aus Trapezblechen abgeschlossen wird. An manchen Stellen wurde aus Gründen der Abwechslung auf die Holzbekleidung verzichtet; hier wurde eine zusätzliche Dichtungsdachbahn aufgebracht: eine skandinavische Entwicklung mit zweibahniger Dachhaut mit 3,5 mm Stärke. Diese hält auf Basis eines selbstlöschenden Polyvinylchlorids höchsten Witterungsverhältnissen stand. Auf einer Dachfläche von rund 10 000 m² kamen insgesamt 75 000 lfm Eichenlamellen zum Einsatz. Die technischen Anforderungen an das Holz und die Unterkonstruktion sind auf eine Nutzungsdauer von 40 Jahren ausgelegt. Das Flachdach des neuen Terminals hingegen erhielt eine Eindeckung mit Trapezblechen, die auf einer Alu-Unterkonstruktion mit Tragschiene und sekundärem Befestigungssystem sitzen. Darunter wurden vorgefertigte Sandwichelemente montiert, die indirekt mit Fest- und Schiebelaften und korrosionsgeschützten Schrauben aus hochwertigem Edelstahl befestigt sind. Dabei wurde die Dachentwässerung so konstruiert, dass sie nach der Montage der obersten Dachschale als Bauteil nicht erkennbar ist. Im Innenbereich sorgt eine transluzente Abdeckung dafür, dass die Nebenträger nur noch teilweise durchscheinen und bloß der ovale Untergurt für die Flugreisenden wahrnehmbar ist.

Terminal als Passivhaus

Der neue Terminal Sentralbygning Vest erreicht gemäß norwegischer Kriterien Passivhausstandard, so wie er seit

2015 für alle Neubauten vorgeschrieben ist. Dieser besagt u. a., dass mindestens 50 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Der Primärenergiebedarf (kWh/m²) für die Versorgung mit Heiz- und Kühlenergie ist im neuen Terminal nur noch halb so hoch wie der des Terminal 1, der pro Jahr etwa 490 kWh/m² benötigt. Die Energieversorgung des Flughafens ist modular aufgebaut: Zum einen nutzt man Geothermie mittels zweier Schachtbrunnen, die große Grundwasserreservoirs anzapfen. Über Tauchmotoren wird Wärmepumpen das Grundwasser zugeführt, die durch Verdichtung dem Trägermedium Energie entziehen, um diese danach entweder in die Niedrigenergie-Fußbodenheizung zu nutzen oder in den Kühlkreislauf einzuspeisen. Dabei wird mit zwei voneinander getrennten Brunnenkreisläufen gearbeitet: Im Ersten wird im Sommer im Verhältnis zur Außentemperatur relativ kaltes Wasser hochgepumpt und im Winter wieder zurückgeführt. Im Zweiten wird im Winter im Verhältnis zur Außentemperatur relativ warmes Wasser hochgepumpt, das im Sommer zurückgeführt wird. Auf diese Weise wird das Grundwasserreservoir immer wieder ausgeglichen.

Wärme aus geklärtem Abwasser

Als weiteren Baustein der Energieversorgung nutzt man die Abwässerrwärme des Flughafens, was in der Aufbereitungs- und Kläranlage der Gemeinde Ullensaker geschieht, auf deren Areal sich der Flughafen befindet. In einem



Die Luftaufnahme zeigt, dass die außergewöhnlich ästhetische Entwurfsplanung der Flughafenerweiterung im Passivhausstandard aus sämtlichen Perspektiven zu überzeugen weiß. Foto: Oslo Lufthavn AS

ersten Schritt werden sie, zusammen mit den kommunalen Abwässern, gereinigt (insbesondere von den im Winter zur Befreiung der Flugzeuge von Schnee, Eis und Raureif eingesetzten Enteisungsmitteln). In einem zweiten Schritt entzieht eine Rückgewinnungsanlage mit Wärmetauscher dem geklärten Wasser vorhandene Restwärme. Danach wird einem Teil des geklärten Abwassers diese Wärme wieder zugeführt und über eine Pipeline in die einzelnen Gebäudeeinheiten des Flughafens zurückgeleitet. Die Rohrleitung transportiert

250 m³ bis 430 m³ Wasser pro Stunde mit Temperaturen zwischen 10 und 16 °C pro Stunde 3 km weit, was einem Volumen von etwa 180 000 m³ im Monat bzw. etwa 2,16 Mio. m³ im Jahr gleichkommt. Auf dem Flughafengelände steuern vier Wärmepumpenstationen in den verschiedenen Zonen die Verdichtung und Verteilung der Energie zu Heizzwecken, zur Aufbereitung von Warmwasser sowie zur Kühlung. Das Flughafenmanagement kalkuliert mit einem Energiebedarf für sämtliche Gebäude nach Abschluss der aktuellen Erweiterung von 11 GWh Wärme (Gigawattstunde = 1 Mio. kWh) und 5 GWh für die Kühlsysteme bei einer installierten Maximalleistung von 35 MW (Megawatt) zur Produktion von Wärme und 19 MW für die Kühlsysteme.

Schnee zur Kühlung

Das System zur sommerlichen Kühlung des Pier Nord ist in der internationalen Flughafenwelt einzigartig. In einem 30 000 m³ großen Becken wird im Winter 90 000 m³ Schnee eingelagert bzw. oberirdisch zusammengeschoben und zur Dämmung mit Sägespänen abgedeckt. Dadurch verlangsamt sich der Schmelzprozess. Einem Gletscher ähnlich sickert Wasser langsam durch den Schneekörper. Am Boden des Bassins wird das Schmelzwasser bei einer Temperatur von etwas über 0 °C aufgefangen und zu einem Wärmetauscher geleitet. Dieser entzieht dem Tauwasser Energie und führt sie der Kühl- und Lüftungsanlage des neuen Flugsteigs zu. Nach der Nutzung zur Kühlung der Pier Nord wird das Wasser wieder ins Becken mit dem Schneevorrat zurückgeführt, sodass sich das Kühlsystem – bis zu einem gewissen Grad – wieder aufladen kann und der Prozess in Gang bleibt. Die konventionelle Lüftungsanlage konnte durch die Nutzung der lokalen Ressource Schnee deutlich kleiner dimensioniert werden bzw. soll nur zur Redundanz bzw. zu Spitzenlastzeiten genutzt werden. Man darf gespannt sein, mit welchen Energiebilanzen diese Anla-

genteknik im realen Betrieb aufwarten kann. Die energetische Einsparung dürfte einige Megawattstunden Strom betragen. Zudem hat der Flughafen Oslo im kommenden Winter bei großer Schneemenge ein Problem weniger.

Der Ausbau geht weiter

Markus Derix, Geschäftsführer von Derix/Poppensieker und Derix, sieht den Gesamterfolg mit der termingerechten Ausführung auch im Zusammenhang mit der kooperativen Mentalität der Norweger: „Die Zusammenarbeit mit den norwegischen Geschäftspartnern war sehr professionell, sehr fair und vor allem zielorientiert. Das ließ viele Probleme gar nicht erst aufkommen“. Der Geschäftsführer des Flughafens, Øyvind Hasaas erklärte, dass es bereits Pläne für einen weiteren Ausbau des Terminalgebäudes gibt. Damit sollen auf dem Flughafen künftig noch größere Flugzeuge landen können: „In den nächsten Jahren wird der Langstrecken-Flugverkehr weiter zunehmen. Oft geht es an dem Teil des Terminals sehr eng zu, an dem der Flugverkehr mit dem Nicht-Schengen-Raum abgewickelt wird.“ Daher wird jetzt geprüft, wie dort ausgebaut werden kann, so Hasaas.

Bei den Tragwerkskonstruktionen aus BSH-Trägern und der Dachbekleidung wurden insgesamt rund 3 500 m³ Holz verbaut; dies entspricht einem Kohlenstoffanteil, aus dem Holz zu 50 % besteht, von umgerechnet etwa 875 t, woraus eine CO₂-Speicherung von über 3 200 t resultiert.

Marc Wilhelm Lennartz



Das Tragwerk der neuen Landungsbrücke Pier Nord wird von Bogenbindern gebildet. Foto: Derix/Poppensieker & Derix



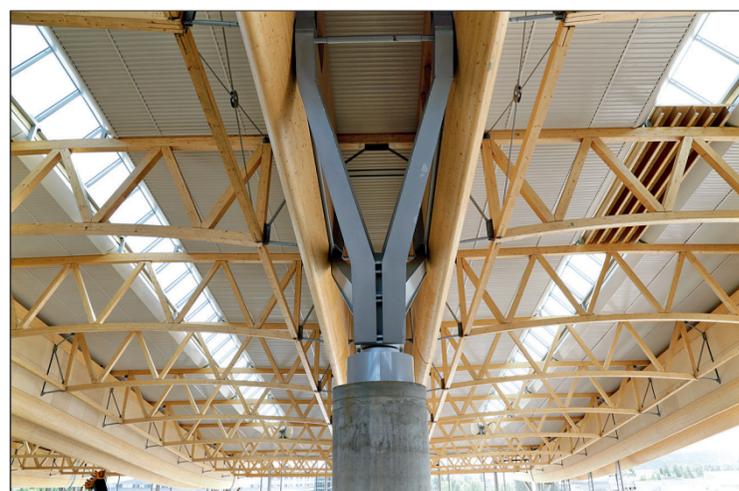
Die neue Luftlandebrücke mit zwei Ebenen wird im Sommer von im Winter eingelagerten Schnee gekühlt. Foto: Oslo Lufthavn AS



Die einzigartige Verbindung von Form und Funktion im Holztragwerk prägt den Außen- wie den Innenraum des neuen Terminals. Fotos: (links) Derix/Poppensieker & Derix; (rechts) Oslo Lufthavn AS



Oslo Gardermoen erweitert die internationalen Maßstäbe für zeitgemäßen Flughafenbau: Architektur, Tragwerk, Energieversorgung, Materialien – höchste Bauqualität bis ins letzte Detail. Foto: Oslo Lufthavn AS



Die blockverleimten Untergurte der Fachwerkträger sind 89 cm breit und 53 cm hoch, ihre Obergurte 73 cm breit und 105 cm hoch. Die Sekundärträger bestehen ebenfalls aus Fachwerken. Foto: Derix/Poppensieker & Derix

PROJEKTDATEN

Oslo-Gardermoen »Sentralbygning Vest – Pier Nord«

- Bauherrschafft: Avinor AS bzw. Oslo Lufthavn AS
- Architektur: Nordic Office of Architecture, Cowi AS, Norconsult AS, Aas-Jacobsen AS und Per Rasmussen AS
- Projektmanagement: ÅF Advansia AS
- Bauausführung Dachtragwerk: Kruse Smith AS
- Tragwerksplanung und Statik: Sweco Norge AS
- Holzbau BSH Tragwerke: W. u. J. Derix GmbH & Co. und Poppensieker & Derix GmbH & Co. KG
- Stahlteile und Verbindungsmittel: Brüninghoff GmbH & Co. KG
- Transport BSH-Träger: Ernst Laumeyer GmbH
- Baubeginn: 2011
- Fertigstellung: April 2017
- Gesamtbaukosten: 1,7 Mrd. Euro