Kräfteverlauf in Holz und Stahl
Rotterdam Centraal

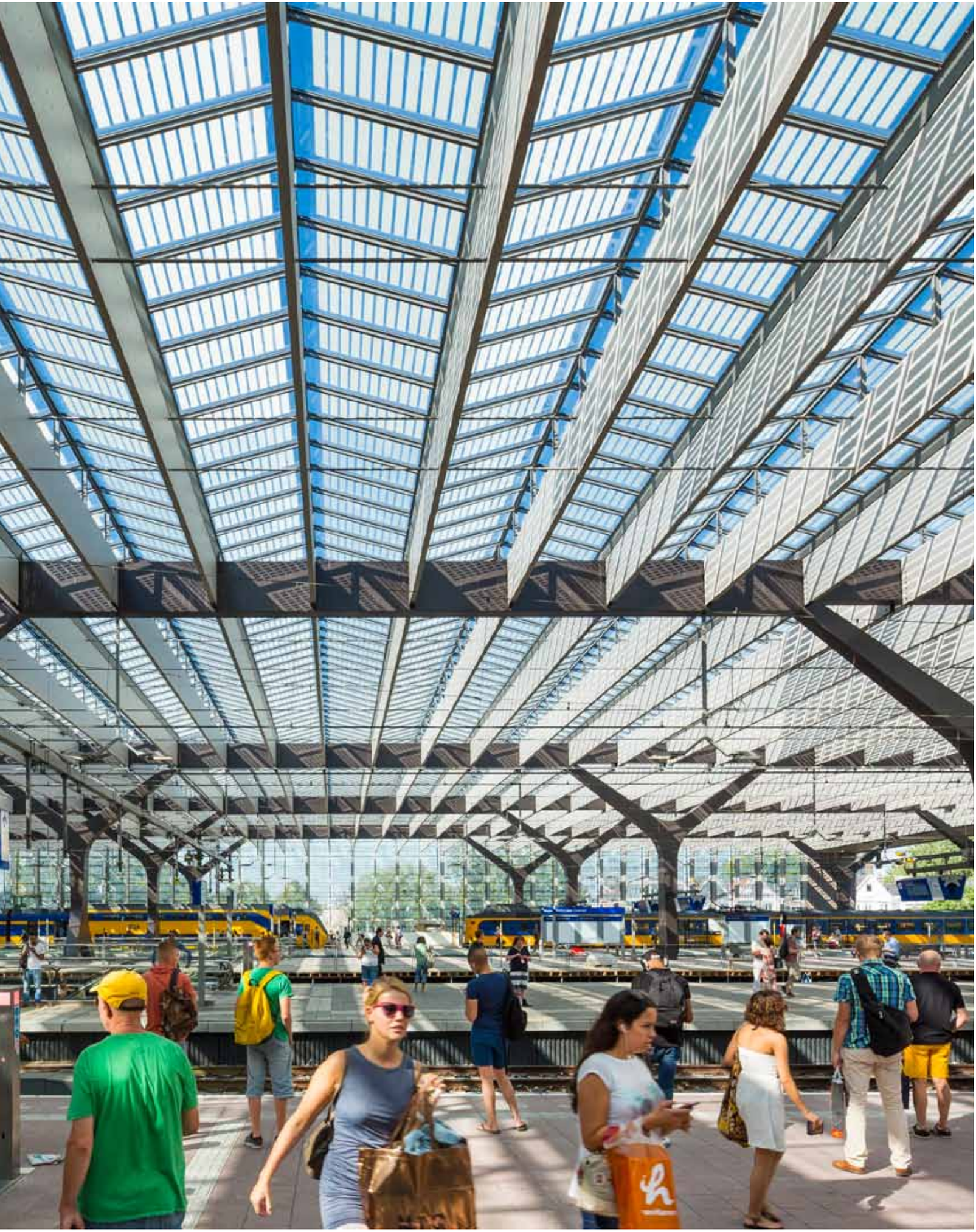
Zwei Tragwerke sind die Merkmale des Hauptbahnhofs Rotterdam. Das eine sichtbar als weitspannende Stahlkonstruktion mit Y-Trägern realisiert, verbirgt sich unter der großen Geste des Vordachs ein Fachtragwerk. Nur zwei massive, mit Stein verkleidete Betonblöcke sind sichtbare Zeichen einer Stahlkonstruktion, die letztlich völlig unter der Holz verkleideten Decke verschwindet.

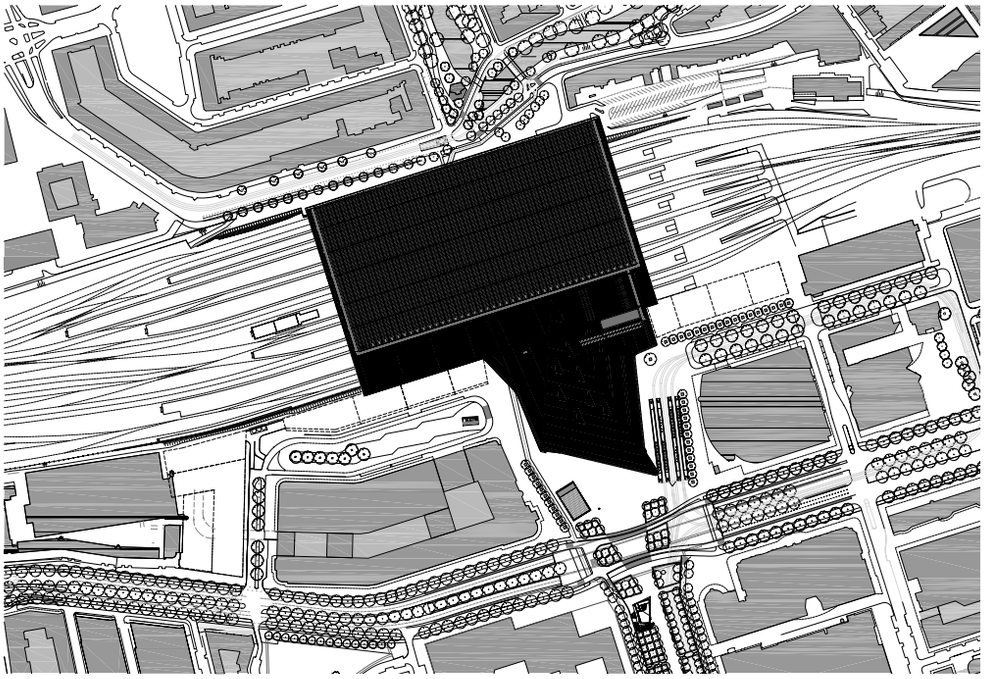


Team CS
www.benthemcrouwel.nl, www.mvsa-architects.com, www.west8.nl; www.arcadis.de

Team CS, gegründet 2003, ist eine Kooperation bestehend aus Benthem Crouwel Architekten, Rotterdam/NL; MVSA Meyer en Van Schooten Architecten, Rotterdam/NL und West 8, Amsterdam/NL. Die drei Büros schlossen sich für den Entwurf und den Bau des Bahnhofs Rotterdam Centraal zusammen. Sie arbeiteten für die Zeit des gemeinsamen Projekts als ein Architekturbüro interdisziplinär zusammen. Dafür mieteten sie ein Gemeinschaftsbüro unweit des Bahnhofs. ARCADIS war als Tragwerksplaner und Projektmanager für die Ausarbeitung und Realisierung der Bahnsteigüberdachung zuständig.







Lageplan, M 1:6000

Links: Benthem Crouwel Architects schaffen zwei gleichwertige Eingänge. Der Nordeingang zum Wohnviertel ist nun transparenter und lichter

Rechts: Die Bahnhofshalle steht mit ihrer Holzverkleidung aus roter Zeder im Kontrast zu der Bahnhofsüberdachung, die von dem Material Stahl dominiert ist

Der Bahnhof verbindet das Viertel im Süden mit dem Wohnviertel im Norden. Die dunklen Stellen auf dem Dach sind integrierte Photovoltaik. Sie erzeugt bei einer Fläche von 10 000 m² 15 % des Energieverbrauchs des Bahnhofs



Foto: Jannes Linders



Foto: Jannes Linders



Foto (Ausschnitt): Jannes Linders

Ein städtebauliches Projekt

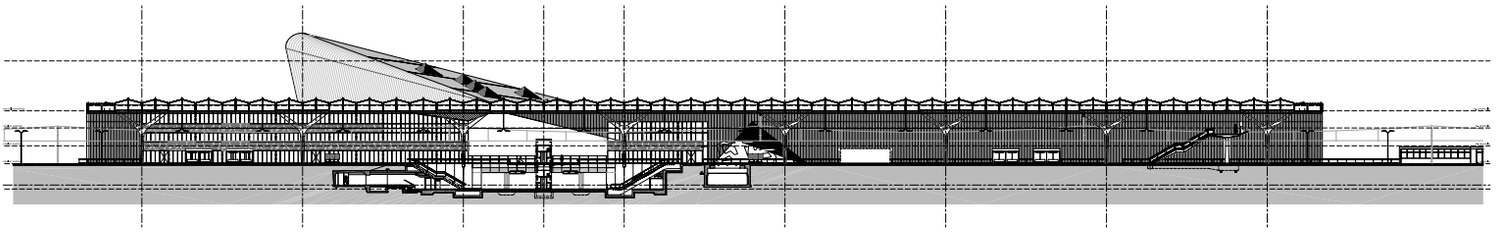
Als Benthem Crouwel Architects gemeinsam mit MVSA Meyer en Van Schooten Architecten und West 8 als Team CS am international ausgeschriebenen Wettbewerb im Jahr 2003 für den Umbau des Rotterdam Centraal mitmachten, hatten sie bereits den Umbau der Hauptbahnhöfe Amsterdam, Den Haag und Utrecht gewonnen. Also alles Routine? Von wegen. Erst in der 2. Runde konnten sie sich schließlich gegen ihre fünf Konkurrenten mit ihrem klaren, funktionalen und in das Budget passenden Entwurf durchsetzen.

Das Team CS präsentierte eine Idee, in der die Bahnhofshalle, die Bahnsteigüberdachung und die Verbindung der beiden Elemente ein einziges Gebäude darstellen. Zusätzlich sollte der neue Bahnhof als wichtige Fußgängerverbindung zwischen dem Zentrum und dem Norden Rotterdams zwei vollwertige, aber auch unterschiedliche Eingänge bekommen und damit optisch den Kontrast zwischen der großstädtischen Südseite und der kleinmaßstäblichen Nordseite verstärken. Dementsprechend entwickelten die Architekten eine kleinteiligere völlig transparente und gefaltete Glasfassade, die sich zum begrünten Kanal und den viergeschossigen Wohnhäusern auf der Nordseite öffnet. Wohingegen die Bahnhofshalle auf der Südseite mit einem steil aufragenden Dach den Haupteingang markiert.

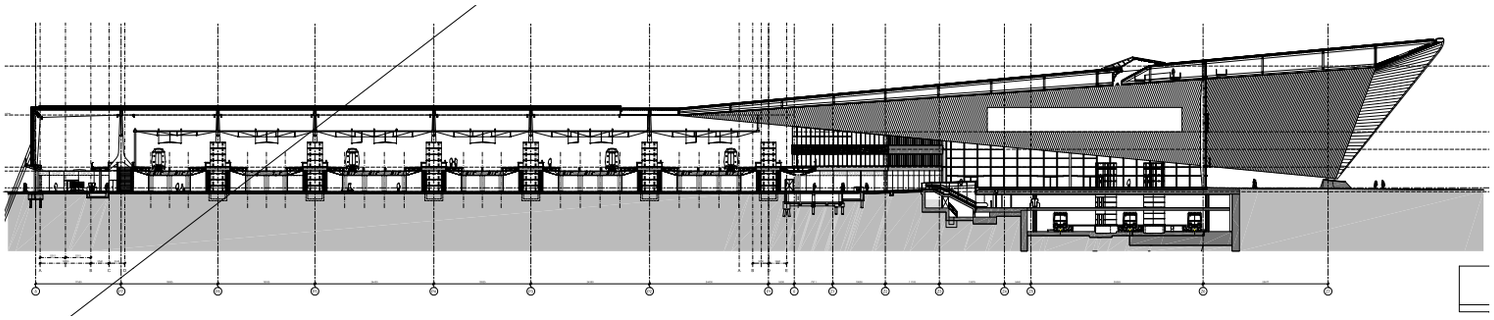
Die Tragwerke der Bahnhofshalle und der Bahnsteigüberdachung wurden nach dem Vorentwurf ausgeschrieben, wobei ARCADIS als Tragwerksplaner und Projektmanager für die Ausarbeitung und Realisierung der Bahnsteigüberdachung beauftragt wurde. Die Ausarbeitung und Detaillierung des Fachtragwerks der Bahnhofshalle wurde hingegen von einem gemeindeeigenen Ingenieurbüro ausgeführt. Statisch besteht der neue Hauptbahnhof aus zwei Teilen, der Bahnsteigüberdachung mit seinen charakteristischen Y-förmigen Stahlstützen einerseits und der Fachwerkkonstruktion der Bahnhofshalle andererseits. Die Fußgängerpassage unter den Bahngleisen und die in der Bahnhofshalle gelegenen Büros an der West- und Ostseite spielen eine wesentliche Rolle in der Aussteifung der gesamten Konstruktion. Die beiden Dachkonstruktionen greifen ineinander, weshalb die Abstimmung der Zeichnungen und der Ausführung durch ARCADIS unumgänglich war. Daher bestand das Büro von Anfang an auf die Oberleitung der Tragwerksplanung.

Bahnsteigüberdachung

Dem Wunsch der Architekten nach einem Dach, das die Bahngleise mit einer Fläche von ca. 21 000 m² überspannt, entsprach eine Konstruktion mit Stahlbalken und Holzleimbindern. Drei verschiedene Typen der Y-Stahlstützen tragen die Stahlbalken in Längsrichtung der Bahnsteige und werden durch die schlanken, 1,30 m hohen und letztendlich nur 140 mm breiten Holzleimbinder in Querrichtung verbunden und ausgesteift. Sie wurden in einem Abstand von nur 2,70 m angeordnet. So dienen sie der knapp 38 500 m² großen Bahnsteigüberdachung als Blendschutz. Die Y-Stützen sind ihrem Kräfteverlauf nach gestaltet. Die gerade Y-Stütze steht auf den Bahnsteigen. Die Y-Stütze deren Fuß wie der Kopf ebenfalls in einer Y-Form endet und 90° gedreht ist, verwenden die Architekten bei den Aufgängen zu den Bahnsteigen. So schaffen sie einen weiten, stützenfreien Raum. Die dritte Variante ist eine Y-Stütze, deren Gabel in einem leichten Winkel abknickt, um sie auf dem Bahnsteig 7 zu platzieren. Dieser Bahnsteig ist wesentlich schmaler. Was bedeutet, dass die „normalen" Y-Stützen zu nah an der Bahnsteigkante stehen würden, was aus sicherheits-



Schnitt AA, M 1:1500



Schnitt BB, M 1:1500

Die Y-Stützen stehen in einem Abstand von 32,4 m. Der Abstand ist der bestmögliche, um ihre Anzahl bei einer maximalen Überspannung auf ein Minimum zu reduzieren

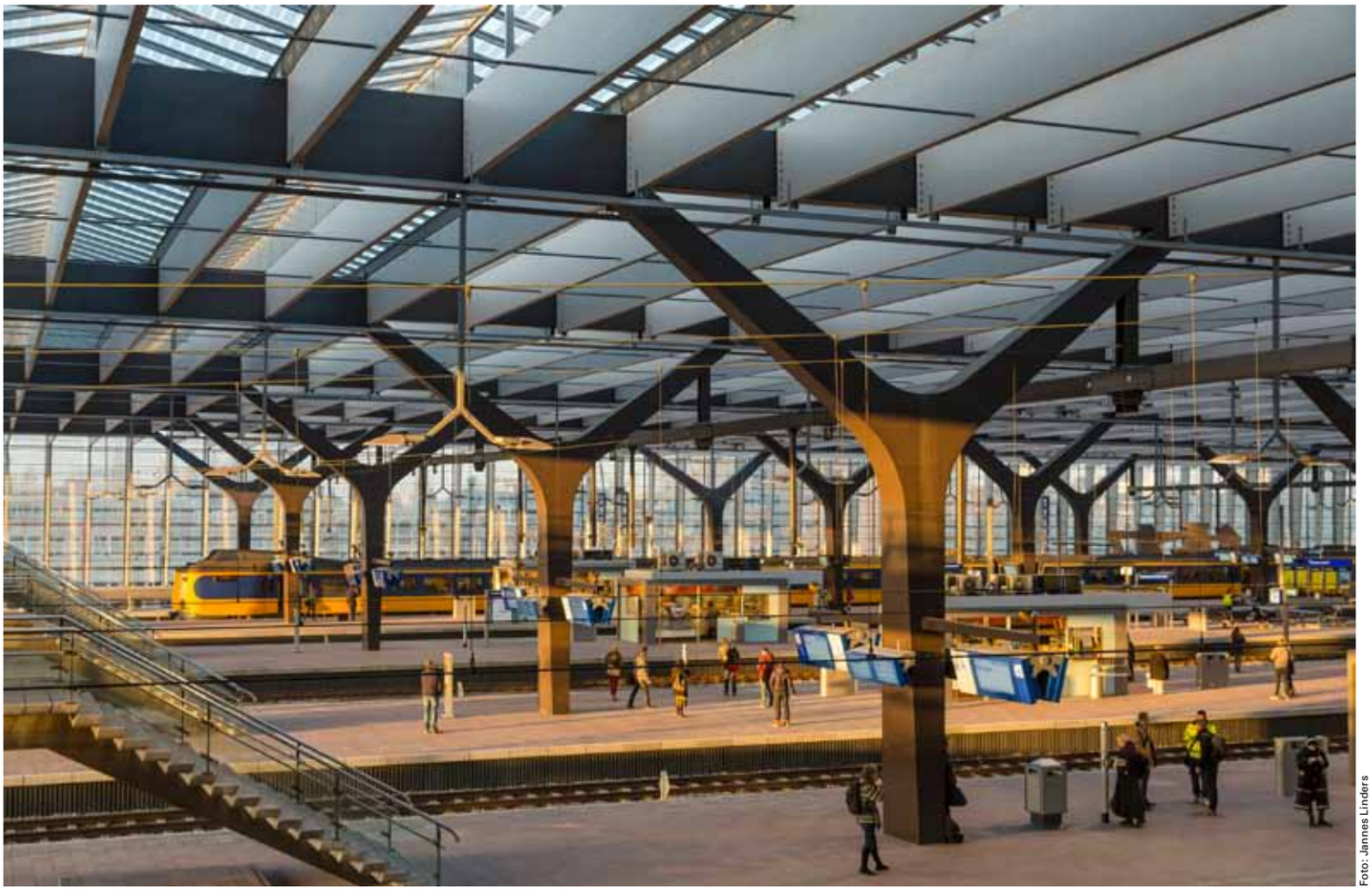


Foto: Jannes Linders

technischen Gründen nicht möglich ist.

In den hohen, vorgefertigten Stahlstützen sind alle Leitungen unsichtbar untergebracht. Die Stahllängsträger bestehen aus zwei unsichtbar miteinander verbundenen Profilen einem Hohlprofil im unteren Teil und einem U-Profil im oberen, das gleichzeitig das Regenwasser ableitet. Durch die Y-artige Form der Stützen, die in der Mitte der Bahnsteige, in einem Abstand von 32,4 m positioniert sind, konnte ihre Anzahl bei einer maximalen Überspannung auf ein Minimum reduziert werden.

Darüber faltet sich das 250 m lange und 155 m breite Dach, das mit seiner maximalen Höhe von 16 m eine in sich stabile Konstruktion bildet, die von den Architekten mit einem Gewächshausdach verglichen wird. Die einfache „Gewächshauskonstruktion" der Bahnsteigüberdachung ermöglicht nicht nur eine einfache Gliederung der Bauphasen, sondern auch eine gute Kontrolle des Zeitplans. Da der Bauplatz, vor allem bedingt durch die permanente Anwesenheit der Reisenden und aufgrund der parallel laufenden Arbeiten sehr begrenzt war, wurden ein Großteil der Bauarbeiten für die Bahnsteigüberdachung und die Abrissarbeiten von den Schienen aus geregelt. Der Umbau erfolgte sukzessive. Die zwei umgebenden Gleise des Bahnsteigs wurden stillgelegt, um

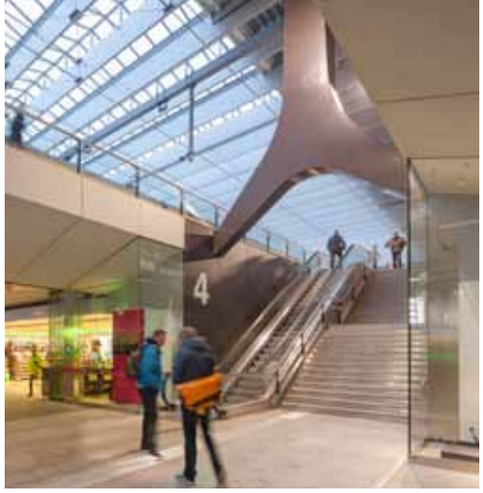


Foto: James Linders

Die Y-förmigen Stahlstützen sind nicht gegen Brand behandelt, da sich im Bereich der Bahnsteige keine brennbaren Materialien befinden

die Materialien per Zug anzuliefern. Das bedeutete, dass die Abmessungen und das Gewicht der zu liefernden Materialen im Vorfeld genau abgestimmt sein mussten. Innerhalb von sechs Monaten war das Dach montiert. Als Teil des Energiekonzepts und der grafischen Gestaltung wurden in das Glasdach 130 000 Solarzellen auf rund 10 000 m² Fläche eingearbeitet, wobei ihre genauen Positionen mittels Sonnenstudien berechnet wurden, die auch die zukünftigen Hochhausbauten entlang des Bahnsteigs 1 berücksichtigen. Mittels dieser Solarzellen können in Zukunft bei einer jährlichen Stromproduktion von 340 MWh 15 % des Energieverbrauchs des Bahnhofs abgedeckt werden, womit das Dach zu einem der größten Solarprojekten in Europa zählt.

Bahnhofshalle

Das Dach der Bahnhofshalle mit seinen transparenten Glasfassaden und auskragenden Vordächern hat ohne Vordächer eine maximale Höhe von 30 m, eine maximale Länge von 165 m und eine maximale Breite von 70 m. Es besteht aus drei Hauptfachwerksträgern unterschiedlicher Höhen in Nord-Südrichtung und den dazwischen befestigten Querträgern, die auch die Dachform bestimmen. Das Dach wurde zugunsten des großzügigen Bahnhofsvorplatzes und aus kostentechnischen Überlegungen – das Geld wurde zur vollflächigen Überdachung der Gleise verwendet – kürzer ausgeführt als vorgesehen.

Auf der Südseite ist es auf zwei massiven, sichtbaren Betonblöcken gelagert, die die Lasten in die darunterliegenden Schlitzwände der Metrostation ableiten. Die großen Überspannungen in Nord-Süd-Richtung, wie auch in Ost-West-Richtung wurden konstruktiv durch die Metrostation notwendig. Der Bau dieser Metrolinie, der sogenannten RandstadRail, die in diesem Bereich unterirdisch verläuft, wurde vor dem Bahnhofsbau und

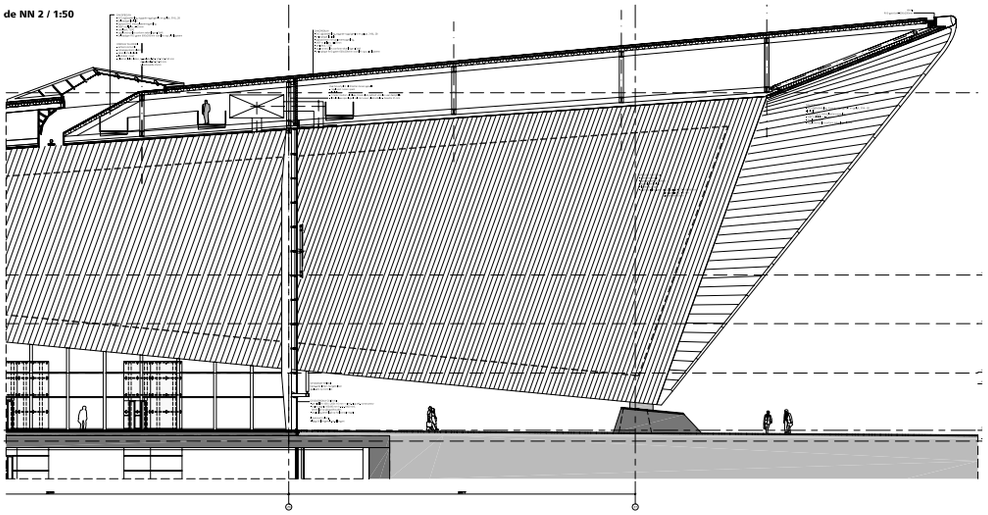


Die Ingenieure von ARCADIS entwarfen drei verschiedene Stützen. V.l.n.r.: Die erste Y-Stütze wird auf den Bahnsteigen verwendet, die zweite Y-Stütze wird an den Fahrtreppen verwendet, um einen stützenfreien Raum zu ermöglichen und die dritte Y-Stütze wird auf einem schmaleren Gleis verbaut

Abbildung: ARCADIS



Die gesamte Tragstruktur der Bahnhofshalle wurde zunächst in 3D-Modellen beschrieben. Von Anfang an waren Fachwerkträger angedacht, damit die großen Spannweiten gemeistert werden können. Die Fachwerkträger wurden in Einzelteilen vorgefertigt und vor Ort zusammengebaut, da es kein Lager auf der Baustelle gab



Detailschnitt Bahnhofshalle, M 1:500



Foto: Jannes Linders

Das Tragwerk der Bahnhofshalle ist 60 Minuten feuerhemmend. Dies wurde vor allem aufgrund der Büroräume notwendig, die sich ebenfalls unter demselben Dach befinden. Für das Fachtragwerk der Bahnhofshalle wäre ansonsten ein 30-minütiger Brandwiderstand ausreichend gewesen

ohne Abstimmung mit diesem realisiert. Da die Decke der Metrostation keine Lasten aufnehmen konnte, wurden sieben weitere Auflager im Bereich der beiden Bürovolumen und des zweiten Bahnsteigs angeordnet.

Die beiden Bürovolumen sind Stahlkonstruktionen mit einem aussteifenden Betonkern und den Stahlbalken, die die Verbindung zu den quadratischen Stahlstützen aus Hohlprofilen an den Rändern herstellen. In diesen beiden Volumen konnten drei der Auflager beinahe unsichtbar eingearbeitet werden, wobei diese Volumen eine essentielle Rolle in der Ost-West-Aussteifung des Gebäudes spielen.

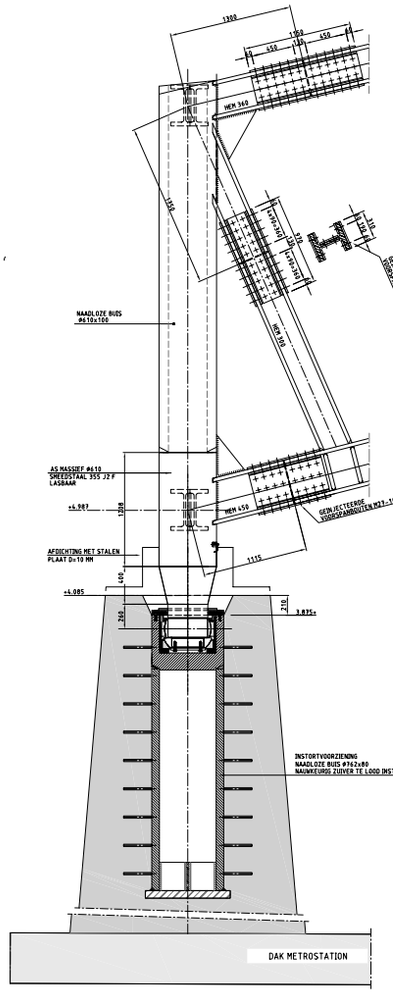
Die Fußgängerpassage unter den Gleisen ist im Wesentlichen eine rechteckige Box mit einer Gesamtbreit von etwa 50 m und einer Länge von 135 m, wobei beiderseits des 15 m breiten Ganges ca. 17 m tiefe Geschäfte zu finden sind. Die sieben Bahnsteige und Gleise scheinen diesen 3,4 bis 4,8 m hohen Luftraum wie Brücken zu überqueren, wodurch eine optisch sehr leichte und lichtdurchflutete Einkaufszone entsteht. Vollständig und ohne Unterbrechung musste der Bahnhof während des Umbaus in Betrieb bleiben, weshalb eine straffe Baustellenlogistik bis hin zur Fertigstellung der Bahnhofshalle, der Bahnsteigüberdachung und der Fußgängerunterführung notwendig war. Erschwert wurden die Arbeiten durch den gleichzeitigen Bau der Metrostation unter der Bahnhofshalle.

Ein Dach, das arbeitet

Laut Jan Schouten, dem Projektmanager von ARCADIS, und dem Stahlbauer Harry Beertsen waren vor allem die seitlich angreifenden Windlasten besonders zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde das Modell verschiedenen Windbelastungstests im Windkanal unterzogen, u. a. mit den geplanten Hochhäusern an der Südseite des Gebäudes. Aufgrund der großen horizontalen und vertikalen Verformungen der Überdachungen durch Temperaturveränderungen und den seitlichen Winddruck konnte das Stahltragwerk in den südlichen Auflagern nicht fest eingespannt werden. Diese Auflager wurden mit speziell angefertigten Gleitlagern aus Gummi und rostfreien Stahlplatten ausgeführt.

Auch bei der Materialwahl, der Montage der Decke und der Eindeckung musste auf die Verschiebungen Rücksicht genommen werden, indem die Falze der Dachplatten aus rostfreiem Stahl besonders groß ausgebildet wurden. Darüber hinaus wurden an mehreren Stellen Dehnfugen eingebaut und die Fassaden an der Stahlkonstruktion montiert.

Michael Koller, Den Haag



Detail Auflager, M 1 : 75



Foto: Jannes Linders

Die seitlichen Glasfassaden der Bahnhofshalle stehen auf dem „Dach" der unterirdisch verlaufenden Metrostation. Da die Decke der Metrostation keine Lasten aufnehmen konnte, wurden sieben weitere Auflager im Bereich der beiden Bürovolumen und des zweiten Bahnsteigs angeordnet. Sie sind flexibel mit der Dachkonstruktion verbunden, um die Bewegungen des Daches aufnehmen zu können

Baudaten

Objekt: Rotterdam Centraal

Standort: Stationsplein 1, 3013 AJ Rotterdam/NL

Bauherr: Gemeente Rotterdam; ProRail

Nutzer: Gemeente Rotterdam; ProRail

Architekten:
Team CS: Benthem Crouwel Architects, Amsterdam/NL, www.benthemcrouwel.com;
MVSA Meyer en Van Schooten Architecten, Amsterdam/NL, www.mvsa-architects.com;
West 8, Rotterdam/NL, www.west8.nl
Mitarbeiter: Projektleiter: Jan Benthem, Marcel Blom, Adriaan Geuze, Jeroen van Schooten; Projektteam: Arman Akdogan, Anja Blechen, Freek Boerwinkel, Amir Farokhian, Joost Koningen, Joost van Noort, Falk Schneeman, Daphne Schuit, Matthijs Smit (†), Andrew Tang, Wouter Thijssen, Joost Vos

Bauzeit: 2007 – 2014

Fachplaner

Tragwerksplanung/Bauphysik:
Arcadis and Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam/NL, www.arcadis.nl

Projektdaten

Grundstücksgröße: 50 000 m²

Brutto-Grundfläche BGF: 46 000 m²