



*Markus Derix
Dipl.-Ing., Geschäftsführer
W.u.J. Derix GmbH & Co.
Poppensieker & Derix GmbH
& Co. KG
Deutschland, Niederkrüchten*

Neubau Flughafen Cork

The new Cork Airport

Nuovo aeroporto di Cork

Dokument in Deutsch

Neubau Flughafen Cork

1 Einleitung

Der Flughafen Cork ist im Süden von Irland gelegen. Er ist neben dem Flughafen in Dublin der wichtigste Knotenpunkt für den internationalen Flugverkehr in Irland. Das vorhandene Abfertigungsterminal und die Infrastruktur sind ursprünglich für 1,1 Mio. Passagiere ausgelegt, 2003 wurden jedoch 2,2 Mio. Fluggäste abgefertigt. Aufgrund dieser Situation und der durchschnittlich wachsenden Anzahl der Passagiere von 10% per anno entschied die AirRianta als Betreiber des Flughafens ein neues Abfertigungsterminal sowie die zugehörige Infrastruktur komplett neu zu errichten. In der ersten Ausbaustufe sollen 3 Mio. Passagiere befördert werden, mit einigen Ergänzungsinvestitionen können bis 2007 5 Mio. Passagiere jährlich abgefertigt werden.



Abbildung 1: Animation 'Landside'

Neben dem eigentlichen Abfertigungsterminal werden ein Parkhaus mit 600 Stellplätzen, eine Parkplatzanlage mit 3.250 Stellplätzen, eine neue Feuerwehrrstation, ein Energieversorgungscenter, neue Zugangsstraßen und neue Run-Ways installiert. Jacobs International Engineering wurde verantwortlich für das Projektmanagement und die Architektur sowie das Engineering beauftragt. Den Generalauftrag erhielt die Firma Rohcon Ltd., die als Tochter der Royal BAM Group aus den Niederlanden zu den 5 größten europäischen Baukonzernen gehört.

Den Auftrag für die Ausführung (Fertigung und Montage) des Dachtragwerkes ab OK der Stahlbetonsäulen ging an W.u.J. Derix GmbH & Co. und führte diesen zusammen mit der Fa. Brüninghoff aus Heiden (Westf.) aus, wobei die Fa. Brüninghoff für den kompletten Stahlbau und die Montage verantwortlich war.



Abbildung 2: Animation 'Landside'

2 Form und Struktur

Das Gebäude hat eine Grundfläche von ~ 80,00 x 180,00 m und eine Höhe von ca. 22,00 m. In den beiden unteren Etagen beträgt das Stützenraster 9,00 x 40,00 + 26,00 m. Die Beton-Rundsäulen mit einem Durchmesser von 1,00 m enden ca. 4,50 m unterhalb der Dachebene. Von dort entwickelt sich ein räumliches Fachwerk ('Support-Trees') aus ovalen und runden Stahlrohren nach oben, das im Grundriss quadratisch ist (9,00 x 9,00 m) und mit seinem Zentrum auf den Stützen sitzt. Auf dieser Konstruktion ist das eigentliche Dachtragwerk aufgeständert, das sich im Querschnitt aus 2 gegenläufigen, gebogenen Brettschichtholzzwillingsträgern zusammensetzt. Oberhalb dieser Zwillingsträger sind Stahlpfetten zur Aufnahme der Stahltrapezbleche angeordnet. Die Dacheindeckung besteht aus vor Ort gewalzten Kalzip-Elementen. Die Hauptträger werden durch eine fischbauchförmige Ober- bzw. Unterspannung verstärkt. Im Bereich der Überspannung oberhalb der Dachkonstruktion sind verglaste, bootsförmig geformte Lichtkuppeln angeordnet. Das Gebäude wird im Bereich der Giebel- und Längswände mit einer Glasfassade mit Stahlunterkonstruktion geschlossen.

Die Kombination von Glas, Stahl und Holz wurde von den Architekten gewählt, um zum einen das Tageslicht optimal zu nutzen und zum Anderen eine größtmögliche Variabilität der Raumnutzung im Flughafengebäude zu ermöglichen.



Abbildung 3: Bootsförmige Lichtkuppeln

3 Haupttragwerk

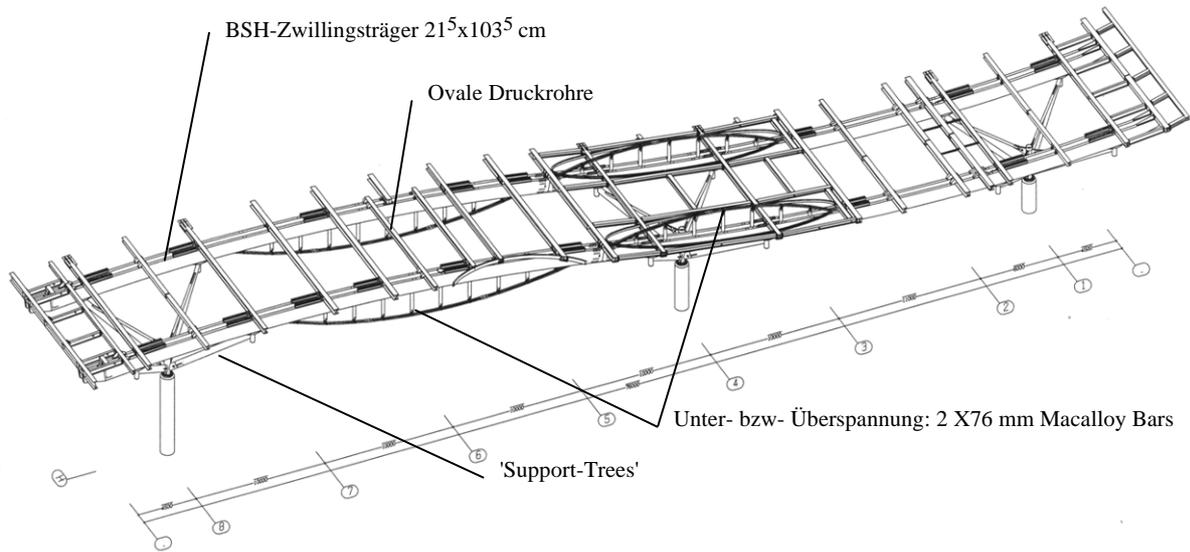


Abbildung 4: Schnitt Hauptachse

Die Hauptwelle ist ein Band aus BS-Holz-Zwillingsträgern, zwischen denen die Druckpfosten die Über- bzw. Unterspannung einbinden. Die "Zug-Welle" besteht jeweils aus zwei paar Rundstählen mit einem Durchmesser von jeweils 76 mm. Die ovalen Druckpfosten erfüllen hierbei dreierlei Funktionen:

- Die Druckaufnahme der Vertikalkräfte aus den Spannelementen.
- Aufnahme der Kippkräfte aus Exzentrizitäten etc. aus dem Zugband.
- Kopplungseinheit zwischen beiden Zwillingsträgern.

Die BSH-Zwillingsträger sind jeweils über ihre Gesamtlänge an 6 Punkten auf die baumartige Unterkonstruktion aufgelagert. Die 30 Auflagerbäume bestehen aus je einem Mittelpfosten, der biegesteif an die Betonrundsäule angeschlossen wird, vier ovalen Druckrohren sowie vier oberen Zugrohren. Sie sind am Ende mit entsprechenden Auflagern für die Brettschicht-holzkonstruktion versehen.



Abbildung 5: 'Support-Trees'

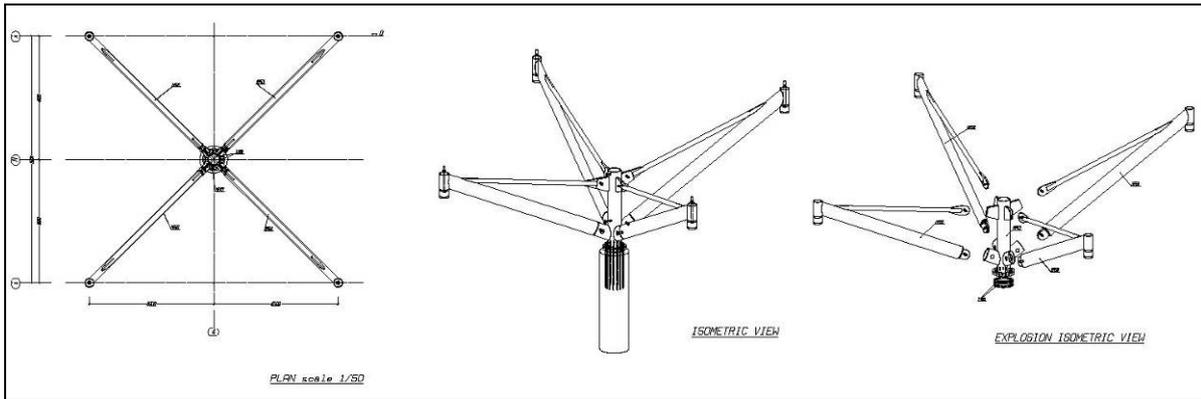


Abbildung 6: 'Support Trees'

Oberhalb der Konstruktion sind Mehrfeldfetten zur Aufnahme des Trapezbleches sowie der Unterkonstruktion verlegt.

An den beiden Ortgängen sind leichtere Verbände angeordnet, die jedoch lediglich zur Verteilung der Horizontalkräfte des Windes auf die Fassade dienen. Die Aussteifung der Konstruktion erfolgt über die Ausbildung der Hauptträger und der Pfetten als sogenannter 'Vee-rendel-Träger'. Hierbei wird über biegesteife Anschlüsse ein gesamtheitliches Rahmenwerk über die gesamte, leicht gewellte Dachebene erzielt. Von diesem werden alle Lasten aus Wind und Stabilisierung übernommen. Berechnet wurde das Ganze als räumliches Stabwerk. Die vielen Einspannstellen wurden als elastische Knoten modelliert. Nicht unerheblich war die Lastfalltemperatur, da die Stahlpfetten hierbei über rund 90,00 m ohne gleitende Stöße durchlaufen. Noch problematischer waren die Temperaturdehnungsunterschiede zwischen den außenliegenden Stahl-Ortgangverbänden und den Ortgangbindern. Über die Länge von 85,00 m wurden einige besonders konstruierte Dehnfugen angeordnet.

4 Verbindungen

Den Stahlteilen und Stahlverbindungen sowie deren Anbindungen an die Hölzer kommt bei dieser Konstruktion ausschlaggebende Bedeutung zu. Auf die reine Stahlbauverbindung soll hier nicht weiter eingegangen werden.

4.1 Pfettenbefestigung

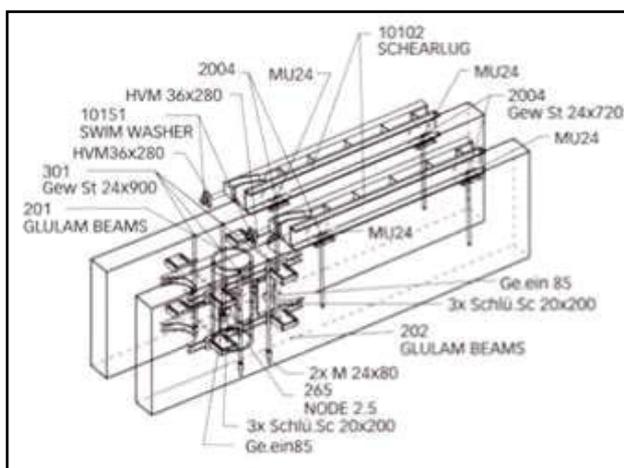


Abbildung 7: Pfettenanschluß über 'Shearlugs'

Die Befestigung der Doppel-T-Stahlpfetten an das BS-Holz erfolgte über U-Profile, die oberhalb der Hauptträger angeordnet sind und über ausgemörtelte Kontaktflächen Querkräfte, insbesondere aus den Aussteifungskräften übertragen. Zur Aufnahme der Exzentrizitätskräfte wurden die U-Eisen jeweils wiederum mittels Gewindestangen an die Hauptträger befestigt.



Abbildung 8: Eingeklappte Druckpfosten

4.2 Druckpfosten

Die Druckpfosten bestehen aus ovalen Stahlprofilen und werden zwischen den Zwillingsträgern mittels eines Kastens aus bogenförmig zugeschnittenen Grundplatten aufgenommen. Aus diesem Kasten ragen beidseitig Stahlrohrstummeln mit einem Durchmesser von 140 mm. In die Zwillingsträger sind Sacklöcher eingebracht, in die die Stahlrohrstücke mit einem Innendurchmesser geringfügig mehr als 140 mm eingeschlagen werden, sodass sich ein reines Stahlgelenk ergibt. Zusätzlich halten Bolzen zusammen mit einseitigen Dübeln besonderer Bauart den Kasten verdrehsteif fest. Eingeklebte Gewindestangen wirken dem Querzug entgegen. Die Kästen stellen zudem die schubfeste Verbindung zwischen den Zwillingsträgern her.

4.3 'Tree-Supports'

An den Auflagern lagern die BS-Hölzer über Querpressung auf den "Support-Trees" auf. Wie auf dem Bild ersichtlich wird die Verbindung zwischen den Zwillingsträgern und der Unterkonstruktion mittels eines senkrechten Rohres hergestellt. Das oberseitige Rohr wird mit einem einseitigen Dübel besonderer Bauart sowie ausbetonierten Schubknaggen an die BS-Hölzer angeschlossen. Nachdem bei der Montage Auflagerrohr und Tragrohr übereinander gebracht sind, wird von oben ein Rohr mit knapp 20 mm geringerem Außendurchmesser als dem Innendurchmesser der beiden anderen Rohre hineingesteckt. Die Luft zwischen Innenrohr und Außenrohr wird anschließend mit hochfestem Quellschutt ausbetoniert. So gewann man einen Toleranzspielraum von rund ± 10 mm und eine einfache Montage.

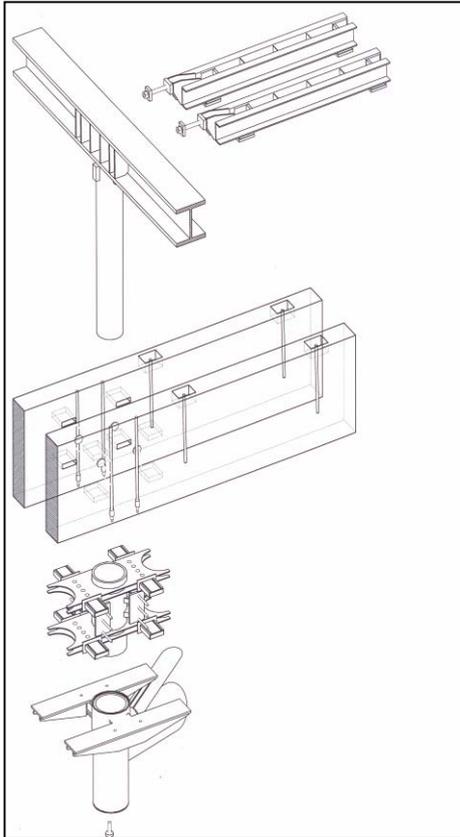


Abbildung 9: Halb gedrehtes Druckrohr

4.4 Anschluss Zugbänder

Die Zugbänder aus Rundstahl laufen paarig über Stahlklötze, die über eine angeschweißte Gewindehülse auf ein aus dem drucksteif stehenden Gewindeende geschraubt wird. Der Stahlklotz ist ein eingespanntes Waagebälkchen zwischen den Zugbändern. Die Stahlzugstangen sind an dem Stahlklotz mittels Schrauben festgeklemmt (Kraft- und formflüssige Verbindung).

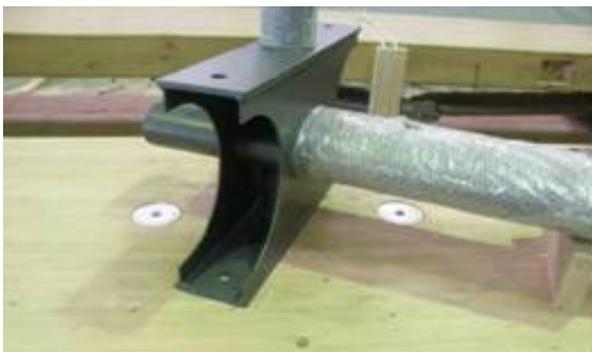


Abbildung 10: Auflagerbefestigung



Abbildung 11: Klemmung Zugbänder

4.5 Auskragung

Im "Airside-Bereich" (= Flugfeld zugeneigte Seite) kragt die Konstruktion 1,60 m aus. Auf Wunsch des Bauherrn soll das Holz jedoch nicht in diesem Bereich der Witterung ausgesetzt werden. Hier wurden stählerne Hohlkästen angeschossen, die den Binderverlauf imitieren sollen.



Abbildung 12: Auskragung Airside

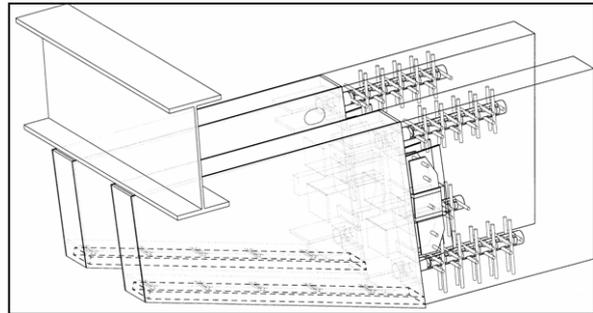


Abbildung 13: Anschluß mit BVD-Ankern

4.6 Binderstoß

Die Hauptträger sind aus Transportgründen gestoßen. Der Stoßpunkt wurde statisch an der Stelle der geringsten Momentbelastung und geometrisch an der Stelle des Wendepunktes der Welle gewählt, sodass die BSH-Träger jeweils nur einseitig gekrümmt werden mussten. Neben dem Stoß der Träger müssen hier auch die Kräfte der Ober- bzw. Unterspannung angeschlossen werden. Die Normalkräfte in die Träger werden hier mittels BVD-Anker übertragen, die geringeren Querkräfte über eingeschlitze Bleche und Stabdübel.



Abbildung 14: Binderstoß

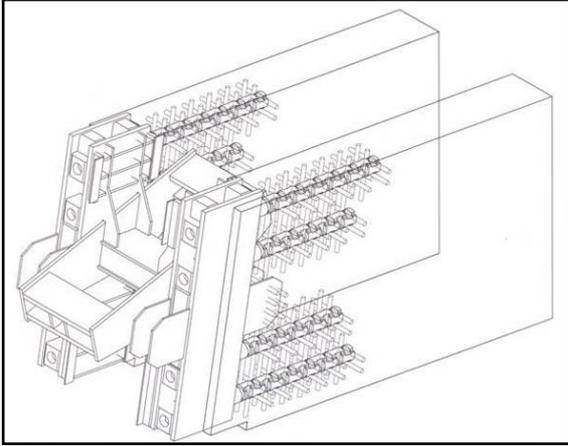


Abbildung 15: Binderstoß (Knoten 6)



Abbildung 16: Montage im Werk

5 Fertigung

Aufgrund der geringen Montagedauer, der Witterungsverhältnisse in Irland sowie den unzureichenden Platzverhältnissen auf der Baustelle war ein hoher Vorfertigungsgrad erforderlich.



Abbildung 17: Transportösen

Die BS-Holzbauteile mit Längen bis 45,00 m wurden über ein CNC-gesteuertes Bearbeitungsportal inklusive aller Bohrungen und Ausfräsungen bearbeitet. Anschließend wurden die Zwillingsträger einschl. der Druckpfosten zusammengefügt. Aus Transport- und Handlingsgründen wurde die Über- und Unterspannung nicht werkseitig vormontiert, sondern die Druckpfosten wurden so konstruiert, dass diese bei der Vormontage zwischen die Binder eingeklappt werden konnten und somit den Transport erheblich erleichtert haben. Auf der Baustelle wurden diese über Dübel besonderer Bauart mit einseitigen Schlüsselschrauben an die BSH-Träger fixiert, anschließend wurden die Zugbänder verlegt. Aufgrund des großen Radius der Zugbänder mussten diese nicht vorgebogen werden, sondern haben sich der Form angepasst.

6 Transport und Montage



Abbildung 18: Bootsverladung im Hafen Emmelsum



Abbildung 19: Entladung der LKW's im Hafen Emmelsum

Auf der Baustelle wurden zunächst die "Support-Trees", bestehend aus 5 Einzelteilen auf die bauseitigen Betonsäulen montiert. Der Anschluss an den Stützenkopf wurde biegesteif ausgeführt, um auch im Montagezustand entsprechende Steifigkeit gewährleisten zu können. Anschließend wurden dann die auf der Baustelle mit der Über- und Unterspannung versehene Fußträger montiert. Da das Gesamtsystem der Hauptträger einem Gerbergelenksystem entspricht, konnte der eine Abschnitt aufgelegt werden.

Montiert wurde ohne Gerüste und ohne Fangnetze, nämlich ausschließlich mit Hubsteigern.



Abbildung 20: Montage

7 Bemerkenswertes am Rande

7.1 Health & Safety

Arbeitssicherheit bedeutet in den angelsächsischen Ländern einen wesentlich höheren Formalismus als in Deutschland. Sämtliche Abläufe auf der Baustelle müssen im vorhinein sehr ausführlich beschrieben, visualisiert und dokumentiert werden. Der Montageablauf wird in einem mehrstufigen Verfahren gemeinsam mit den auf der Baustelle Verantwortlichen erläutert und hinsichtlich der Arbeitssicherheit und eventueller statischer Probleme optimiert. Auf der Baustelle dürfen nur Mitarbeiter tätig sein, die in Sachen Arbeitssicherheit geschult und instruiert wurden. Staplerfahrer, Bediener eines Hubsteigers oder auch der Einweiser des Kranfahrers werden separat geschult und erhalten hierfür ein entsprechendes Zertifikat. In Deutschland erworbene Qualifikationen werden nicht anerkannt, das komplette Montageteam wurde auf der Baustelle in einem dreitägigen Kurs entsprechend qualifiziert und geschult.

<u>Facts:</u>		
Support Tress:	Stahl	350 to
Pfetten:	Stahl	1.250 to
Knotenteile:	Stahl	150 to
Unter-/Überspannung:	Stahl	50 to
BS-Holz:	'G132'	21 ⁵ x 103 ⁵ cm 3.200 lfm = 750 m ³
Eingel. Gewindestangen:		2.680 Stk
BVD-Anker:		300 Stk
Dachfläche:		180 x 85 m =15.300 m ²
Montagezeit:		Dez. 2004 bis April 2005

7.2 Kalkulation und Ausführung

Die bei der Ausschreibung zur Verfügung gestellten Unterlagen sind sehr detailliert und erwecken den Eindruck, dass diese für die Ausführung 1:1 übernommen werden können. Dieser Eindruck trügt, da sämtliche Pläne nur "indikativ" sind und es hierfür meist keinerlei statische Berechnung gibt. Die Detaillierung ist äußerst mühsam, da sowohl die statische Berechnung als auch die Ausführungszeichnungen in einem mehrstufigen Verfahren den bauseitigen Architekten und Ingenieuren vorzulegen sind. Dieser Prozess kann mehrere Wochen erfordern.

7.3 Festigkeitsklasse Brettschichtholz

In den angelsächsischen Ländern gibt es keine größere Erfahrung im Holzbau. Die europäischen Holzbaunormen wurden daher sehr schnell in nationales Recht übernommen. Die Hauptträger waren in der Festigkeitsklasse GL32 ausgeschrieben, was in Deutschland einem BS16 entsprechen würde. In der europäischen anerkannten Norm EN1194 hat sich jedoch offensichtlich ein Fehler eingeschlichen, der auch von den deutschen Beteiligten nicht entdeckt wurde: Nach dieser Norm muss Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL32 aus den Lamellenfestigkeitsklassen C40 (= MS17) und C30 (= S13) produziert werden. Diese Kombination macht im deutschsprachigen Raum absolut keinen Sinn, da man hier maschinell sortierte Lamellen mit visuell sortierten Lamellen kombinieren soll. Nach derzeitigem deutschen Standard würde man diese Brettschichtholzfestigkeitsklasse aus Lamellen der Festigkeitsklasse C35 und C24 produzieren. Da der Bauherr auf die Einhaltung der europäischen Norm bestanden hat, entstanden erhebliche Mehrkosten, da ~ nur 50% des sortierten Holzes für diesen Auftrag verwendet werden konnte. Nach deutschem Standard sind die Bauteile somit in der Festigkeitsklasse BS18 ausgeführt worden, obwohl in der statischen Berechnung nur die Festigkeiten von BS16 zugrunde gelegt wurden.