

# Riesenrad im feuchten Tropenwind

Im tropischen Singapur dreht sich der Singapore Flyer, das grösste Riesenrad der Welt, so hoch wie ein 42-stöckiger Wolkenkratzer. Wir unterhielten uns mit dem Projekt-Direktor, Brendon McNiven von der Firma Arup in Singapur, und erlebten eine Rundfahrt in schwindelnder Höhe. Text und Fotos: Werner Catrina

**Das 168 Meter hohe Gebilde** wirkt wie ein riesiges, leicht gebautes Velorad. 2003 entschloss sich das staatliche Singapore Tourism Board den Singapore Flyer, das grösste Riesenrad der Welt, zu bauen; am Meer auf aufgeschüttetem Land. Im April 2008 ist das riesige drehbare Element eingeweiht worden. «Die Konstruktion des Singapore Flyers ist geprägt von anspruchsvollster Ingenieur-Arbeit», sagt Brendon McNiven, der uns im Büro mit Sicht auf das Riesenrad Auskunft über das aussergewöhnliche Bauwerk gibt. Der in Australien geborene Ingenieur arbeitet für die internationale Beratungs- und Konstruktionsfirma Arup mit Hauptsitz in London, welche rund um die Welt 10 000 Spezialisten beschäftigt. Arup realisierte auch die Ingenieur-Arbeiten für das London Eye, das im Jahr 2000 eingeweihte Riesenrad in der britischen Hauptstadt, wie McNiven ausführt, beim Londoner Projekt habe er sehr viel gelernt für den Singapore Flyer. Das Rad in Singapur wurde von den Architekten Kisho Kurokawa entworfen. Dies eine Knacknuss für die Ingenieure von Arup, denn mit einer Höhe von 168 Metern überragt der Flyer all seine Vorgänger – das London Eye um 30 Meter – und besticht durch die Leichtigkeit der Konstruktion. 28 Leichtmetall-Kapseln – wegen des tropischen Klimas gekühlt – für je maximal 30 Personen, drehen sich lautlos in 37 Minuten einmal um die Achse des Rades. Auf dem höchsten Punkt

reicht der Blick 45 Kilometer weit bis nach Malaysia und zu den vorgelagerten indonesischen Inseln. Maximal 1260 Passagiere kann das Rad pro Stunde transportieren.

## Ein Rad der neuen Generation

«Architekten und Ingenieure wollten ein Riesenrad der neuen Generation bauen», sagt McNiven, «ein Rad mit schmalen Ring bestehend aus zwei segmentförmig zusammengeschweissten Stahlrohrreifen, die durch ein leichtes, eingeschweisstes Fachwerk miteinander verbunden sind, sowie Speichen aus leistungsfähigen Drahtseilen. Diese Konstruktion bietet den tropischen Winden weniger Angriffsflächen.» An der Bay von Singapur entstehen oft Luftwirbel, wo der warme und feuchte Wind auf der Höhe der oberen Kabinen in die eine und am Fuss des Rades in der entgegengesetzten Richtung bläst. Tropische Regengüsse mussten bei den Ingenieurarbeiten ebenso einkalkuliert werden wie die sengende Äquator-Sonne. Das Team von Arup unter der Leitung McNivens studierte diese lokalen klimatischen Gegebenheiten, simulierte sie im Windkanal und speiste die Erkenntnisse in die technische Ausführung des Rades ein. Weitere planerische Details, beispielsweise der Kabinen und ihrer Aufhängung, realisierte der japanische Kontraktor Mitsubishi Heavy Industries; der das Riesenrad mit

Partnerfirmen baute. Weil der Flyer auf aufgeschüttetem Land liegt, erforderte die leicht wirkende und dennoch rund 2000 Tonnen schwere Konstruktion ein besonders solides Fundament. Träger aus Eisenbeton wurden bis in eine Tiefe von 52 Metern vorgetrieben (siehe Box), um das Bauwerk im ursprünglichen Alluvium Meeresboden zu verankern. Das Rad wird von zwei Stahlträgern von 85 Metern Höhe getragen, die durch je sechs schräg gespannte 100 mm dicke Kabel stabil gehalten werden. Diese Konstruktion ist steif und elastisch zugleich, was wegen der unberechenbaren Winde wichtig ist.

## Aufbau in Segmenten

Das aus sieben Segmenten bestehende Rad schraubten die Bauteams Stück für Stück zusammen, dies weil der Platz fehlte, das Rad am Boden zusammenzubauen und aufzurichten. Jeder Abschnitt mit den entsprechenden Drahtseilen wurde mit einer filigranen, verstärkten Hilfsspeiche an der Nabe befestigt, dann wurde das montierte Segment nach oben geschoben und das nächste Teil angefügt, bis das riesige Rad fertig montiert war und man die Hilfskonstruktion entfernen konnte. Die Konstruktion ist so innovativ zukunftsweisend, dass die Ingenieure für ihre Arbeit den Structural Steel Design Award 2007 bekamen. Gesamtkosten des Bauwerks: umgerechnet rund 200 Mio. CHF. Die Boar- >

## MÉCANIQUE ET CHARPENTE MÉTALLIQUE

# Une grande roue au milieu des vents tropicaux et humides

La Singapore Flyer, la grande roue la plus haute du monde, l'équivalent d'un immeuble de 42 étages, tourne dans le ciel tropical de Singapour. Nous avons rencontré le directeur du projet, Brendon McNiven de la société Arup à Singapour et avons fait un tour à des hauteurs vertigineuses.

**L'édifice haut de 168 mètres** fait penser à une immense roue de vélo, à la structure légère. En 2003, l'organisme public Singapore Tourism Board a décidé de lancer la construction de la Singapore Flyer, la grande roue la plus haute du monde, sur un remblai, au bord de la mer. Cet immense ouvrage tournant a été inauguré en

avril 2008. « La construction de la Singapore Flyer est marquée par un travail d'ingénieur extrêmement exigeant », déclare Brendon McNiven, qui nous reçoit dans un bureau avec vue sur la grande roue. Cet ingénieur né en Australie travaille pour la société internationale de conseil et de construction Arup, dont le siège social

se trouve à Londres et qui emploie 10'000 spécialistes dans le monde entier. Arup a également effectué les travaux d'ingénierie pour le London Eye, la grande roue inaugurée en 2000 dans la capitale britannique. McNiven explique qu'il a beaucoup appris pendant le projet londonien. La roue de Singapour a été conçue par

le cabinet d'architectes Kisho Kurokawa. Un casse-tête pour les ingénieurs d'Arup car avec une hauteur de 168 m, la Flyer dépasse tous ses prédécesseurs – le London Eye de 30 m – et fascine par la légèreté de sa structure. 28 capsules en métal léger – climatisées en raison du climat tropical – pouvant chacune accueillir jusqu'à



**Der Durchmesser des Rades beträgt 150 Meter, die Kapseln erreichen eine maximale Höhe von 168 Metern.**

La roue fait 150 m de diamètre, les capsules montent jusqu'à 168 m de haut.

30 personnes tournent sans bruit en 37 minutes autour de l'axe de la roue. Au point culminant, la vue s'étend sur 45 kilomètres jusqu'en Malaisie et sur les îles indonésiennes. La roue peut transporter jusqu'à 1'260 personnes par heure.

#### **Une nouvelle génération de roue**

« Les architectes et les ingénieurs voulaient construire une roue d'une nouvelle génération », dit McNiven, « une roue avec un anneau étroit composé de deux cercles en tubes d'acier soudés

ensemble et formant des segments, reliés entre eux par une légère ossature soudée ainsi que par des rayons en câbles métalliques résistants. Cette structure offre peu de prise au vent tropical. » Dans la baie de Singapour, le vent chaud et humide forme souvent des tourbillons, soufflant, au niveau des cabines les plus hautes, dans un sens et dans le sens contraire, au pied de la roue. Les travaux d'ingénierie ont aussi dû prendre en compte les averses tropicales et le soleil brûlant de l'équateur. L'équipe d'Arup, sous la direc-

tion de McNiven, a étudié ces réalités climatiques locales, effectué des simulations en soufflerie et intégré les résultats dans la réalisation technique de la roue. Les autres détails du projet, par ex. les cabines et leur suspension, ont été réalisés par l'entrepreneur japonais Mitsubishi Heavy Industries, qui a construit la grande roue avec des partenaires. Comme la Flyer repose sur un remblai, la structure à l'aspect léger mais pesant néanmoins 2'000 tonnes nécessitait des fondations très solides. Des piliers en béton >



Die 112 Speichenkabel haben einen Durchmesser von 7,5 cm und wiegen je 4,5 Tonnen. Das Gesamtgewicht der Speichen liegt bei 420 Tonnen.  
Les 112 câbles formant les rayons ont un diamètre de 7,5 cm et pèsent chacun 4,5 tonnes. Le poids total : 420 tonnes.



Die Stahlstützen, welche das Rad halten, sind 85 m hoch und haben einen Durchmesser von 2,8 m. Sie werden durch schräg an den Boden gespannte Stahlkabel von 10 cm Durchmesser stabilisiert.  
Les piliers en acier qui portent la roue font 85 m de haut et 2,8 m de diamètre. Ils sont stabilisés par des câbles d'acier obliques de 10 cm de diamètre depuis le sol.

> ding-Brücken, ebenfalls aus Stahl, sorgen für einen reibungslosen Zugang zu den Kapseln. Die elektrischen, von Mitsubishi konstruierten Motoren, welche das Rad absolut ruhig drehen, stehen auf einer Plattform aus Stahl und Beton, die ihrerseits auf dreiecksförmigen Stahlträgern ruht. Die Geschwindigkeit ist so angepasst, dass die Gäste aus den Kapseln aus- und einsteigen können, ohne dass das Rad anhalten muss.

## Oben Druck – unten Zugspannung

«Das Design eines derartigen, grossen Rades unterscheidet sich von allen andern grossen Metallkonstruktionen, wie zum Beispiel von Brücken, Hochspannungsmasten oder Skeletten von Hochhäusern, da ganz besondere Kräfte auf das Bauwerk wirken», sagt Ingenieur McNiven, «die Schwerkraft erzeugt Spannung in den unteren Speichen und Kompression in den oberen, weiter erzeugt der Wind Spannungen in der ge-

samten Metallkonstruktion. Zudem erzeugen die Temperaturunterschiede Spannungen zwischen Speichen und Ring. Weil sich das Rad ständig dreht, fließen diese Spannungen von einem Bereich der Konstruktion in den nächsten.» Die vorgespannten Kabel sind so konstruiert, dass sie unter den unterschiedlichen Belastungen niemals schlaff werden. Je zwei Speichen des Rades sind an der Nabe in der Mitte des Rades befestigt und überkreuzen sich aussen bei den Metallringen, >

## MÉCANIQUE ET CHARPENTE MÉTALLIQUE

> armé ont été enfoncés à une profondeur de 52 m (voir encadré) pour ancrer l'ouvrage dans le sol marin à l'origine. La roue est portée par deux poutres métalliques de 85 m de haut, maintenues chacune par six câbles obliques de 100 mm de diamètre. Cette structure est à la fois rigide et élastique, ce qui est important face aux vents imprévisibles.

### Montage par segments

Les équipes de construction ont assemblé les sept segments de la roue l'un après l'autre car la place man-

quait pour la monter au sol et l'élever ensuite. Chaque tronçon, avec les câbles correspondants, a été fixé au moyen à l'aide d'un rayon auxiliaire filigrane renforcé, puis le segment monté a été poussé vers le haut et la partie suivante ajoutée, jusqu'à ce que la grande roue soit complète et que l'on puisse retirer la structure de renfort. La structure est si innovante et prometteuse que les ingénieurs ont reçu pour leur travail le Structural Steel Design Award 2007. Coût total de l'ouvrage : l'équivalent d'environ 200 millions CHF. Les ponts d'embarque-

ment, aussi en acier, permettent un accès aisé aux capsules. Les moteurs électriques construits par Mitsubishi font tourner la roue sans aucun bruit et se trouvent sur une plate-forme en acier et en béton qui repose sur des poutres métalliques triangulaires. La vitesse est adaptée pour que les passagers puissent monter et descendre des capsules sans que la roue ne soit arrêtée.

### Pression en haut, tension en bas

« La conception d'une roue aussi grande se distingue de toutes les au-

tres grandes constructions métalliques comme les ponts, les pylônes de ligne à haute tension ou les ossatures d'immeubles, car des forces bien particulières agissent sur l'ouvrage », déclare McNiven, « la pesanteur crée une tension dans les rayons du bas et une compression dans ceux du haut, le vent crée, lui, des tensions dans l'ensemble de la structure métallique. Les différences de températures ajoutent en outre des tensions entre les rayons et l'anneau. Comme la roue tourne, ces tensions passent d'une zone à l'autre de la structure. » Les câbles >



Die «Stahl-Felge» wiegt 700 Tonnen, die daran befestigten 28 Glas-Metall-Kapseln je 13,5 Tonnen.

La « jante en acier » pèse 700 tonnes, les 28 capsules en verre et en métal qui y sont fixées pèsent chacune 13,5 tonnes.



Die stählerne Radnabe weist einen Durchmesser von 2,6 Meter und eine Länge von 25,25 m auf.

Le moyeu d'acier de la roue mesure 2,6 m de diamètre et 25,25 m de long.

> was die Stabilität erhöht. Mittels spezieller Software wurde die Verbiegung der Felge bei hoher Belastung berechnet und entsprechend dimensioniert. Rund die Hälfte des Gewichtes des Ringes bringen die Kapseln und deren Trägersysteme auf die Waage, welche Mitsubishi Heavy Industries entworfen hat. Da die Ingenieure das Gewicht der Kapseln durch die Verwendung von Leichtmetall reduzierten, wird der Druck auf die Speichen verringert. Versuche im Windkanal zeigten zudem, dass eine zylindrische Form der Kapseln den besten Schutz gegen Windböen ergab. Ziel all dieser konstruktiven Feinheiten ist ein optimaler Komfort für die Passagiere, die in den Kapseln lautlos auf und nieder gleiten.

Die Kabinen sind an einem umlaufenden Stahlreif drehbar gelagert. Der Kabinen-Drehantrieb erfolgt elektrisch.

Les cabines sont fixées à un cercle rotatif en acier de manière à pouvoir tourner. Le mécanisme de rotation des cabines est électrique.



### Erlebnispark mit Dschungel

Ein rundes, dreistöckiges Terminalgebäude mit Läden, VIP-Lounge und Restaurants umschliesst den Fuss des Rades und macht den Flyer zum attraktiven Erlebnispark. Im Innenhof unter dem Riesenrad pflanzten Gärtner einen kleinen Dschungel mit Wasserfall, ein populärer kompakter Park, in dem die Gäste vor oder nach dem Höhenflug ihr Picknick geniessen können. Die Kapseln können im Übrigen auch für Apéros, Din-

ners (zwei Umdrehungen) oder auch Pressekonferenzen gemietet werden. Die Aussicht auf die Wolkenkratzer der City und die grüne Umgebung ist spektakulär und ändert sich je nach Wetter dramatisch, auch nach Einbruch der Nacht rotiert das attraktiv beleuchtete Rad. Eine Fahrt kostet umgerechnet ca. 20 CHF. Da die Besucher das Terminalgebäude naturgemäss vor allem von

oben aus den Kapseln wahrnehmen, bepflanzte man das Dach des eleganten Bauwerks. Service-Einrichtungen, die oft auf Flachdächern untergebracht sind, verbannte man in ein diskretes Gebäude beim nahen Parkhaus. Der Singapore Flyer bekam kurz nach der Eröffnung den Green Mark Award – ein Preis, der aussergewöhnliche, begrünte Bauten auszeichnet.

## MÉCANIQUE ET CHARPENTE MÉTALLIQUE

> prétendus sont construits de sorte qu'ils ne se relâchent jamais sous les différentes charges. Chaque couple de rayons est fixé au moyeu au milieu de la roue et s'entrecroise à l'extérieur au niveau des anneaux métalliques, ce qui renforce la stabilité. La déformation de la jante en cas de charges élevées a été calculée et dimensionnée en conséquence grâce à un logiciel spécial. Les capsules et leurs systèmes porteurs, conçus par Mitsubishi Heavy

Industries, constituent près de la moitié du poids de l'anneau. Les ingénieurs ont réduit le poids des capsules en utilisant un métal léger, ce qui diminue la pression sur les rayons. Les essais en soufflerie ont montré que la forme cylindrique était la plus efficace pour résister aux rafales de vent. L'objectif de toutes ces finesses de construction est un confort optimal pour les passagers qui glissent sans bruit dans les capsules.

**Une jungle dans un parc d'attraction**  
Un terminal rond de trois étages avec des magasins, un salon VIP et des restaurants entoure le pied de la roue et fait de la Flyer un véritable parc d'attraction. Dans la cour intérieure, sous la grande roue, des jardiniers ont planté une petite jungle, avec une cascade, un petit parc très apprécié dans lequel les usagers peuvent pique-niquer. Il est en outre possible de louer les capsules pour des apé-

ritifs, des dîners (deux tours) ou des conférences de presse. La vue sur les gratte-ciel de la City et la verdure des alentours est spectaculaire et change du tout au tout en fonction du temps. La roue illuminée tourne aussi après le coucher du soleil. Un tour coûte l'équivalent d'environ 20 CHF.

Comme les visiteurs voient le terminal principalement du dessus depuis les capsules, de la végétation a été plantée sur le toit de l'élégant bâ-



**Verankerung der Stabilisatoren.**

Ancrage des stabilisateurs.



**Das Einstiegsterminal. Dazu gehört ein rundes, dreistöckiges Terminal-Gebäude mit Läden, VIP-Lounge und Restaurants.**

Le terminal d'accès. Il comprend un bâtiment rond de trois étages avec des magasins, un salon VIP et des restaurants.

Kurz nach der Eröffnung macht der Flyer freilich negative Schlagzeilen: Wegen eines elektrischen Defektes blieb das Rad stehen, und stundelang mussten die Passagiere in ihren Kapseln in luftiger Höhe ausharren, niemand wurde jedoch verletzt. Das Management zog Konsequenzen: Jetzt gibt es in jeder Kapsel Trinkwasser, Notvorrat und sogar sanitärische Utensilien. Seither freilich ist nichts mehr passiert. Im ersten Betriebsjahr erlebten rund 700 000 Personen die Fahrt, Tendenz steigend. ■

timent. Les installations de services, souvent placées sur les toits plats, ont été confinées dans un bâtiment discret près du parking couvert tout proche. Peu de temps après son ouverture, la Singapore Flyer a reçu le prix Green Mark Award qui récompense les édifices végétalisés exceptionnels. La Flyer a toutefois fait la une à ses dépens, quelque temps après son ouverture : en raison d'une panne électrique, la roue s'est

arrêtée et les passagers ont dû rester suspendus dans les airs pendant des heures dans leurs capsules. Par chance, personne n'a été blessé. La direction en a tiré les leçons : il y a désormais dans chaque capsule de l'eau potable, de quoi se sustenter et même du matériel sanitaire. Il ne s'est plus rien passé depuis. Pendant sa première année d'exploitation, la roue a accueilli 700'000 passagers et la tendance est à la hausse. ■