

## 400-Tonnen-Pendel in der Zwiebel

Seite 1 von 5

### Beton-Stahl-Masseblock dämpft Schwingungen im Baku-Tower.

Baku. In Baku, der Hauptstadt Aserbeidshans, ist das höchste Gebäude des Kaukasus entstanden. Der 277 m hohe Baku Tower ist allerdings ständig enormen Windlasten ausgesetzt, so dass auf der obersten Plattform ein 400-Tonnen-Pendeldämpfer eingebaut wurde. Seine Besonderheit: Bei starkem Wind und Erdbeben bewegt sich der 400-Tonnen-Masseblock kontrolliert um bis zu 1,3 m horizontal in alle Richtungen. Dieser Pendeldämpfer stellt den Wohn- und Arbeitskomfort sicher und reduziert die Belastungen innerhalb der Bauwerksstruktur effektiv. Der Masseblock besteht dabei aus einer massiven Stahlbox, die vor Ort mit Beton gefüllt wurde. MAURER fertigte nicht nur den Stahlbau, sondern überwachte den kompletten Einbau und nahm den Schwingungsdämpfer in Betrieb.

Der Baku Tower hat 49 oberirdische Etagen plus Dach sowie Aussichtsplattform und soll hauptsächlich mit Büros genutzt werden. Vorgesehen sind zudem Geschäfte, VIP-Nachtclub, Edelrestaurant, Fitness- und SPA-Center sowie eine Aussichtsplattform, die höchstgelegene in Aserbeidshans. Blickfang sind eine orientalisch anmutende 3-D-Stahldekoration, die sich vom Fuß des Turms 50 m in die Höhe zieht, und die Turmhaube, die entfernt an barocke Zwiebeltürme erinnert. Verantwortlich dafür ist der türkische Architekt Eren Yorulmazer mit dem Büro Mazon Mimarlik Dekorasyon Tekstil Tic A.S. Ein spezielles Video- und Lichtsystem soll Turm und Dekoration effektiv beleuchten und Videos auf der Fassade zeigen.

### Herausforderung Wind

Baku trägt die Herausforderung beim Wolkenkratzerbau schon im Namen: Stadt des Windes. Die Hauptstadt Aserbeidshans liegt am Kaspischen Meer und von dort weht der Wind ungebremst, jeden Tag mehr oder minder stark.

Ein Schwingungsgutachten errechnete für den mindestens einmal im Jahr auftretenden Windfall eine Beschleunigung von 13 milli-g. Die Komfortzone endet jedoch bei ca. 10 milli-g. Als Lösung hatten die Windgutachter einen TMD (Tuned Mass Damper) vorgeschlagen, dessen 400 Tonnen Masse aus einer Stahlbox mit 180 Tonnen und vor Ort eingefüllten 220 Tonnen Beton besteht. Somit musste die komplette Konstruktion vorab so ausgeführt bzw. angepasst werden, dass eine schnelle Montage und eine sichere Befüllung auf 220 m Höhe sichergestellt werden konnten. Der Hersteller musste die Sicherheit und einwandfreie Funktion gewährleisten, denn der Komfort hatte oberste Priorität, damit niemand im Tower wegen der Schwingungen „seekrank“ wird.



Blick auf den Baku Tower: Oberhalb der breitesten Stelle der Krone arbeitet der Schwingungsdämpfer.

Foto: MAURER

## Kontakt für die Presse

### MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation  
Frankfurter Ring 193, 80807 München  
Telefon +49.89.323 94-159  
Telefax +49.89.323 94-306  
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu

Die Lösung lag im nur etwa 1.400 Meter Luftlinie entfernten SOCAR-Tower: „Dort haben wir 2014 erfolgreich einen 450-t-TMD eingebaut, deshalb kam der Bauherr auf uns zu“, berichtet Projektleiter Dipl.-Ing. Peter Huber von MAURER. Der Entwurf wurde in Absprache mit den Windgutachtern hinsichtlich Technik und Wirtschaftlichkeit optimiert. „Die größte Herausforderung war, das System wirtschaftlich und technisch zu optimieren und für die Veränderungen die Zustimmung aller Beteiligten zu bekommen.“

### Starke Stahlbox für den Ortbeton

Die grundsätzliche Planung für die Stahlbox plus Ortbeton durfte nicht verändert werden, weil sonst die gesamte Gutachter-Vorarbeit hinfällig gewesen wäre. Doch flüssiger Beton in einer Box entwickelt erheblichen Druck auf die Oberflächen der Stahlbox. Diese musste also sehr steif und stabil sein. MAURER modifizierte die Planung so, dass dies technisch möglich wurde. Die Stahlbox mit mehreren einzelnen Kammern wiegt nun 180 t. Sie wurde in München produziert, im Werk zur Probe aufgebaut und inklusive Seilaufhängung als Pendel vorab getestet. So wurde Problemen beim finalen Zusammenbau auf 220 m Höhe vorgebeugt und die Monteure konnten den Zusammenbau vorab testen.

### Anspruchsvolle Montage

15 LKW transportierten die rund 500 Einzelteile dann nach Baku. Der Aufbau vor Ort war eine Geduldsprobe: Die Teile mussten langsam und mit 10 – 15 m Abstand zur Fassade auf ca. 220 m hochgezogen werden. Jede Kranfuhre mit bis zu 12 t schweren Einzelteilen dauerte eineinhalb Stunden. Bei geringstem Wind begann das Schaukeln, deshalb wurde überwiegend die Leeseite genutzt. Ein bis zwei Tage pro Woche konnte gar nicht gearbeitet werden, weil der Wind zu stark war, zum Teil so heftig, dass man sich oben auf der Plattform nicht aufhalten konnte – trotz strahlendem Sonnenschein. So dauerte der Stahleinbau im Juni/Juli 2018 ca. 5 Wochen.

### Vollverschlossene Seile

Auch die geplanten Pendelseile, an denen die Box mit 400 t hängt, wurden optimiert. Hier arbeitete MAURER mit der FATZER AG zusammen. Das Schweizer Unternehmen hat unter anderem die Seile für die neue Zugspitzbahn hergestellt, sogenannte vollverschlossene Stahlseile. Diese Spiralseile besitzen mehrere Lagen mit Z-Profildrähten, die ineinander greifen. Das ergibt eine glatte bzw. verschlossene Seil-Oberfläche, eine wesentlich erhöhte Festigkeit und eine höhere Korrosionsbeständigkeit. Die Pendelseile sind mit 70 mm Durchmesser relativ dünn, haben aber enorme Tragkapazitäten und -reserven.

## Kontakt für die Presse

### MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation  
Frankfurter Ring 193, 80807 München  
Telefon +49.89.323 94-159  
Telefax +49.89.323 94-306  
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu



Blick von der Turmspitze in die Kammern der Stahlbox. Am Boden erkennbar die Stahlbewehrung des Betons: 220 t wurden insgesamt eingefüllt.

Foto: MAURER



Der komplette TMD (Tuned Mass Damper) mit diagonal angedockten Hydraulikdämpfern, die bei Erdbeben die Amplitude auf 1,3 m begrenzen. Die jeweils drei Pendelseile an den vier Aufhängepunkten sind als vollverschlossene Seile mit glatter Oberfläche ausgeführt.

Foto: MAURER

Der Masseblock im Baku Tower hat 4 Aufhängungen mit je drei Seilen, also insgesamt 12 Seile. Hier ist zur Sicherheit eine erhebliche Redundanz eingebaut, rein rechnerisch hätten 4 Seile gereicht. Doch es muss unbedingt vermieden werden, dass die 400-t-Masse abstürzt und Decken durchschlägt.

### Beton vor Ort eingefüllt

Als die Massebox hing, wurden 220 t Beton hochgepumpt und eingefüllt: zwei Monate lang. Fachleute werden fragen, warum Beton anstelle von Stahlplatten als Masse gewählt wurde. „Von den Kosten hätte das keinen wesentlichen Unterschied gemacht“, bestätigt Huber. „Aber in der Ökobilanz erwies es sich als günstiger und einfacher, Beton vor Ort einzufüllen. Das war für den Bauherrn sehr wichtig.“

### Schwingungstest und Abstimmung auf die Eigenfrequenz

Grundsätzlich wirkt ein TMD nur, wenn seine Schwingungsfrequenz exakt auf die Eigenfrequenz des Bauwerks abgestimmt ist. Im Sommer 2018, als der Tower im Wesentlichen fertiggestellt war, wurde deshalb seine Eigenfrequenz gemessen und der TMD darauf eingestellt. Die Einstellung erfolgte über die Seile, die „verlängert“ werden mussten. Dafür genutzt wurde eine mechanische Klemmvorrichtung, ein sogenannter Tuningblock, der an der Stahlbox sehr einfach nach unten gefahren werden konnte, so dass sich oben die freie Pendellänge verlängerte, das Pendel also langsamer schwingt.

Der 400-t-Pendel-TMD reduziert die Beschleunigungen nun auf 7 milli-g, also deutlich unter die geforderten 10 milli-g.

### Erdbeben Hydraulikdämpfer

Nach dem Schwingungstest wurden die insgesamt 10 Hydraulik-Dämpfer angedockt. Sie setzen am Masseblock ringsum diagonal an und sind dazu da, bei stärkeren Lastfällen den Pendelausschlag auf maximal 1,3 m zu beschränken. Dabei geht es nicht um die oben erwähnten Winde – sie verursachen nur Amplituden bis zu ca. 1 m –, sondern hauptsächlich um Erdbeben. Für ein 1500-Jahre-Erdbeben wurde eine Amplitude von 3 – 4 m errechnet. Das muss begrenzt werden, damit die Pendelmasse nicht das Bauwerk beschädigt.

Die Hydraulikdämpfer reagieren geschwindigkeitsabhängig: Bei schwachen Pendelbewegungen (Wind) geben sie kaum eine Antwort, bei starken Einwirkungen (Orkan, Erdbeben) reagieren sie deutlich. Alle Hydraulikdämpfer wurden einzeln von der Ruhr-Universität Bochum getestet, um die vom Bauherrn geforderten Dämpfeigenschaften nachzuweisen.

## Kontakt für die Presse

### MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation  
Frankfurter Ring 193, 80807 München  
Telefon +49.89.323 94-159  
Telefax +49.89.323 94-306  
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu



Vier Mann bewegen den 400-t-Masseblock, um die Pendelfrequenz zu messen.

Foto: MAURER



Als Nebeneffekt verringert der TMD insgesamt die Erdbebeneinwirkungen um 10 – 15%. Das stabilisiert den Tower allerdings nicht ausreichend, denn die 400-t-Masse ist im Verhältnis zur Bauwerksgröße nicht in der Lage, genügend Energie aus der Bauwerksstruktur umzuwandeln. Als zusätzlicher Erdbebenschutz wurden daher Buckling Restrained Braces (BRB) eingebaut.

#### Der Baku Tower soll in 2021 eröffnet werden

Entscheidend für die Auftragsvergabe war letztlich, dass MAURER das relativ komplexe Projekt mit seiner Mischung aus Stahlbau und Maschinenbau nicht nur planen und bauen, sondern auch aufstellen und auf die Bauwerksbedingungen einstellen konnte. „Das haben wir dadurch sichergestellt, dass wir die mehrmonatige Einbauphase 2018 mit drei eigenen Spezialisten vor Ort koordiniert, begleitet und überwacht haben. Denn bei rund 500 Einzelteilen muss jede Verbindung sorgfältig und richtig ausgeführt sein“, erklärt Huber. „Am Ende haben wir aus einer Hand ein funktionsfähiges und perfekt abgestimmtes Bauteil an den Bauherrn übergeben.“

Text: 8.382 Anschläge

## Kontakt für die Presse

### MAURER SE

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation  
Frankfurter Ring 193, 80807 München  
Telefon + 49.89.323 94-159  
Telefax + 49.89.323 94-306  
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu

**Kurzinfo MAURER SE**

MAURER SE ist ein führender Spezialist im Maschinen- und Stahlbau mit weltweit über 1.000 Mitarbeitern. Das Unternehmen ist Marktführer im Bereich Bauwerksschutzsysteme (Brückenlager, Fahrbahnübergänge, Erdbebenvorrichtungen, Schwingungsdämpfer und Monitoringsysteme). Es entwickelt und fertigt darüber hinaus Schwingungsisolierung von Gebäuden und Maschinen, Achterbahnen, Riesenräder sowie Sonderkonstruktionen im Stahlbau.

MAURER ist an vielen spektakulären Großprojekten beteiligt, z. B. den weltgrößten Brückenlagern in Wasirabad, erdbebensicheren Dehnfugen an den Bosphorus-Brücken, semiaktiven Schwingungsdämpfern im Donau City Tower oder Druck-Zug-Lagern für das Zenitstadion St. Petersburg. Im Stahlbau zählen die BMW Welt und das Flughafenterminal II in München zu den Vorzeigeobjekten. Spektakuläre Fahrgeschäfte sind z. B. das weltgrößte mobile Riesenrad hi-Sky in München, die Rip-Ride-Rocket-Achterbahn in den Universal Studios Orlando oder der Fiorano GT Challenge in Abu Dhabi.

**Kontakt für die Presse****MAURER SE****Judith Klein**

Leitung Marketing & Kommunikation  
Frankfurter Ring 193, 80807 München  
Telefon + 49.89.323 94-159  
Telefax + 49.89.323 94-306  
j.klein@maurer.eu, www.maurer.eu