

## Doppelpendel mit geteilten Seilen

Seite 1 von 4

**MAURER dämpft SOCAR Tower in Baku mit 450 t Masse, Hydraulikdämpfern und Gummidämpfern mit Bleikern.**

München, Baku. Die aserbaidische Hauptstadt Baku gilt als Stadt der Winde und liegt in einer Erdbebenregion. Wenn also die Ölgesellschaft SOCAR (State Oil Company of Azerbaijan Republic) ihr neues Hauptquartier als Wolkenkratzer in Form von zwei sich umzüngelnden Flammen errichtet (Motto: „wind and fire“), dann spielen Schwingungen eine große Rolle. Die gilt es zu dämpfen: Herzstück ist ein Doppelpendel mit 450 Tonnen Masse – nur: Wohin mit einem 10m langen Pendel, wenn die Architektur des höchsten Gebäudes in Aserbeidschan nur 7 m zulässt? Der Münchner Bauwerkschutz-experte MAURER fand eine wohl einzigartige Lösung: Doppelpendel mit geteilten Seilen.

Der 200,45m hohe SOCAR Tower mit 42 Stockwerken hat einen Betonkern, um den herum die verschieden geformten Stahlplattformen angebaut werden. Als relativ weiches Bauwerk hat er eine geringe Eigenfrequenz. Schon normaler Wind würde den Tower zur Seite drücken und in Schwingung versetzen – und zwar für 10 bis 15 Minuten, weil diese Gebäude kaum innere Reibung/Dämpfung haben. „Das überschreitet die Komfortregeln für Gebäude deutlich“, erklärt Projektleiter Dipl.-Ing. Peter Huber von MAURER. „Und innerhalb der Nachschwingzeit tritt mit hoher Wahrscheinlichkeit die nächste Windböe auf, was die Schwingungen verstärken kann. Der Tower würde permanent schwingen.“

Abgesehen vom Hochsee-Feeling der Menschen im SOCAR-Tower ermüden diese Millionen von Schwingungszyklen das Bauwerk. Eine Lebensdauer von mindestens 80 Jahren wäre damit unmöglich. Besonders anfällig ist die Fassade mit ihrer geschwungenen Form. Die vorgehängten Glas-Platten sind elastisch gelagert und werden bei jeder Schwingung leicht gegeneinander verschoben.

Gefragt ist also ein Dämpfersystem, das Windgeschwindigkeiten bis 190 km/h dämpft, für die das Gebäude ausgelegt ist. Zudem muss es den Erdbebenfall mit bis zu Stärke 9 der Richterskala abdecken. Ohne Dämpfung würde das ganze Gebäude wie ein großes Pendel agieren, das zwar langsam, aber mit extrem großen Amplituden ( $\pm 50$  bis 100 cm) sehr lange nachschwingt. Diese Art Schwingungen verursacht besonders starke Materialermüdung (low cycle fatigue).

Der optimale Platz für das Dämpfersystem ist die hohle, beleuchtete Spitze des SOCAR-Towers. Zunächst war das für die Ingenieure auch kein Problem: Errechnet wurde entsprechend der Eigenfrequenz des Towers ein etwa 10 m langes Pendel, das den ankommenden Schwingungen 450 t Masse entgegensetzt, die an vier Seilen hängen. Doch in der Praxis schrumpfte im Verlauf der



Wie zwei Flammenzungen schlängelt sich der SOCAR Tower in Baku 200 m nach oben oben.

Foto: MAURER

## Kontakt für die Presse

### MAURER AG

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation

Frankfurter Ring 193, 80807 München

Telefon +49.89.323 94-159

Telefax +49.89.323 94-306

klein@maurer-soehne.de, www.maurer.eu

Geschossplanung der vertikal verfügbare Platz in der Spitze. „Am Ende waren 7 m Pendellänge übrig“, berichtet Huber, „und es war fraglich, ob und wie die Anforderungen technisch überhaupt erfüllbar waren.“

### Pendellänge geteilt

Die MAURER-Ingenieure lösten das Problem, indem sie die beiden Seile des Doppelpendels jeweils auf zwei Längen teilten. „Eine solche Lösung für eine Pendelmass mit 450 t dürfte einzigartig sein“, vermutet Huber. Die beiden äußeren, kürzeren Seilhälften hängen am äußeren Rahmen. Ein innerer Rahmen stellt die Verbindung her und an ihm hängen die inneren, längeren Seilteile. Das Gesamtpendel hat eine Frequenz von 0,15 bzw. 0,25 Hz in die beiden horizontalen Richtungen.

Seile werden deshalb verwendet, weil man ihre Länge unterschiedlich abgreifen und damit die Frequenz nachträglich einfach einstellen kann. Ausgehend von der errechneten Bauwerksfrequenz wurde ein Frequenzbereich bestimmt, den die Seile abdecken können. Nach Einbau und Messungen wurde dann die Seillänge an die tatsächliche Frequenz angepasst.

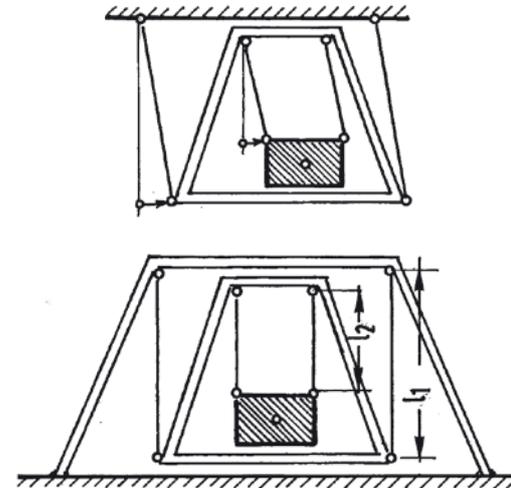
Es gab auch Überlegungen anderer Anbieter, statt des passiven Pendels einen aktiven, motorisierten und elektronisch regulierten Dämpfer einzubauen. Doch das Risiko von Fehlfunktion und Stromausfällen war zu hoch. Ein passives Pendel arbeitet verlässlich und es kann Bauwerksschwingung nie verschlimmern.

### Hydraulikdämpfer und Gummidämpfer mit Bleikern

Das Doppelpendel wird durch maximal 6 Hydraulikdämpfer und im Extremfall durch 4 Gummidämpfer mit Bleikernen gebremst. Die Sicherheitsmechanismen sind dreistufig:

1. Serviceschwingungen – treten tatsächlich kaum auf, da das fertige Bauwerk steifer ist als vorberechnet.
2. Stärkere Windböen und Sturm – verursachen größere Massebewegungen, aber die Pendelbewegungen bleiben im Limit der Rahmenkonstruktion.
3. Starker Sturm oder Erdbeben mit der Gefahr sehr großer Amplituden ( $> \pm 30$  cm).

Die horizontalen Hydraulikdämpfer reduzieren Schwingungen aller Stufen um bis zu Faktor 5. Zusätzlich verhindern sie unkontrollierte Pendelbewegungen im Erdbebenfall.



Prinzipische Skizze für ein Doppelpendel: Die gesamte Pendellänge setzt sich aus  $l_1$  und  $l_2$  zusammen.

Grafik: MAURER



Das MAURER-Werksteam verdeutlicht die Größe des Stahlrahmens für das Doppelpendel in Baku.

Foto: MAURER

## Kontakt für die Presse

### MAURER AG

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation

Frankfurter Ring 193, 80807 München

Telefon +49.89.323 94-159

Telefax +49.89.323 94-306

klein@maurer-soehne.de, www.maurer.eu

Die Gummidämpfer mit Bleikern unter dem Pendel werden nur in Stufe 3 zusätzlich aktiviert, wenn die Pendelmasse über den Rahmen hinausschwingen würde. Im Erdbebenfall ist das Tilgersystem in der Lage, die großen Erdbebenschwingungen in 3 bis 4 Minuten in den Griff zu bekommen.

Ein lokales Monitoringsystem zeichnet die Pendelwege auf. Sturmerfahrungen liegen bisher noch nicht vor.

### Masse mit Klasse

Eine weitere Herausforderung in Baku war, das gesamte System mit seinem extrem dichten und aufwendigen Stahlbau in die enge Turmspitze einzubauen.

Die 450 t Dämpfermasse bestehen aus geschichteten Stahlplatten, gestückelt in 15 t schwere Stücke, weil der Baustellenkran nicht mehr heben konnte. Die Masseplatten wurden im Werk mit grobem Korrosionsschutz versehen, jede Beschädigung beim Einbau wurde überspachtelt und am Ende wurde die gesamte Masse schwarz glänzend lackiert.

Die 15-t-Stückelung war auch für die 570 t schwere Gesamtkonstruktion notwendig. Insbesondere der äußere Rahmen (8 x 8 x 7,3 m) musste an vielen Stellen geschraubt werden. Um sicherzustellen, dass der Einbau klappt, wurde das System bei MAURER in München komplett voraufgebaut. „Im Werk kann man ein fehlendes Loch nachbohren, in 200 m Höhe ist das schwierig“, erklärt Huber. Auch der Frequenzbereich wurde bereits im Voraufbau eingestellt und vom Bauwerksplaner und Kunden getestet und abgenommen.

Den Einbau im Frühsommer 2014 leiteten vier MAURER-Monteure. Endabnahme des Bauwerks war Februar/März 2015. Die 2000 Mitarbeiter, Einzelhändler und Gastronomen sollen noch 2015 einziehen.

Text: 6.244 Anschläge



Das weitgehend eingebaute Dämpfersystem in Blau. Grau erscheint die Masse mit ausgebesselter Korrosionsbeschichtung. Rostrot ist der Träger für die Fassade.

Foto: MAURER

## Kontakt für die Presse

### MAURER AG

Judith Klein

Leitung Marketing & Kommunikation

Frankfurter Ring 193, 80807 München

Telefon +49.89.323 94-159

Telefax +49.89.323 94-306

klein@maurer-soehne.de, www.maurer.eu

**Kurzinfo MAURER AG**

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

Zu den erwähnenswerten Großprojekten gehört die gesamte brückentechnische Ausrüstung der Russki Brücke in Wladiwostok, der weltweit größten Schrägseilbrücke. Im Stahlbau zählen die BMW Welt und das Flughafen-terminal II in München zu den Vorzeigeobjekten. Spektakuläre Fahrgeschäfte sind z. B. die Rip-Ride-Rocket-Achterbahn in den Universal Studios Orlando, weltweit 10 Skyloops und der Fiorano GT Challenge in Abu Dhabi.

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

Leitung Marketing &amp; Kommunikation

Frankfurter Ring 193, 80807 München

Telefon + 49.89.323 94-159

Telefax + 49.89.323 94-306

klein@maurer-soehne.de, www.maurer.eu