

# Ein Pendel gegen Jericho

Resonanzen können Mauern brechen und Türme stürzen. Deshalb enthalten Hochhäuser gigantische Dämpfer. Sie verhindern, dass Gebäude beginnen zu singen – und schließlich kollabieren.



Abendliche Romantik nur für  
Schwindelfreie: Ein Arbeiter  
auf der Spitze des Wolkenkratzers  
Taipei 101 in 500 Meter Höhe



Leonardo da Vinci hätte sie nicht schöner gestalten können: Goldgelb glänzt die gigantische Kugel in ihrem Geschirr aus Stahlseilen und Stoßdämpfern in 417 Meter über dem Erdboden. Hoch oben in Taiwans elegantestem Wolkenkratzer „Taipei 101“ füllt sie vier ganze Stockwerke aus, umgeben von einer Galerie. Weht draußen der Wind, dann ächzt und pustet die Konstruktion. Denn die 660 Tonnen schwere Stahlkugel ist ein Pendel – das größte Pendel der Welt. Tuned Mass Damping (TMD) nennt sich die Installation. Sie ist ein Dämpfer, ein „Schwingungstilger“. Die Kugel pendelt die Schwingungen aus, in die der Wind das Hochhaus versetzt. Ihre Masse bändigt den Klang des Turmes, bevor er gefährlich wird.

## Gefährliche Resonanzen

Schließlich kann Schwingungsresonanz Bauwerke einstürzen lassen. Das biblische Jericho fiel unter dem Schall von Trompeten. In einem australischen Konzertsaal sangen die Wiener Sängerknaben im Jahr 1988 den Putz von der Decke. Sogar Brücken können brechen, wenn Soldaten im Gleichschritt darüber marschieren. „Obwohl Gebäude so unbeweglich und solide wirken, bewegen sie sich unter Last“, sagt Leonard Martin Joseph, Bauingenieur bei Thornton Tomasetti in Kalifornien. Er hat die Baustatik für den Taipei 101 berechnet.

Wie ein überdimensioniertes Bambusrohr in einer Modelllandschaft überragt Taipei 101 die anderen Hochhäuser. Die Fassade des Büroturms lieferte ein bayerisches Unternehmen.

„Da erhob das Volk das Kriegsgeschrei, und die Posaunen ertönten; und als das Volk den Posaunenschall vernahm und ein lautes Kriegsgeschrei erhoben hatte, da stürzte die Mauer in sich zusammen, und das Volk drang in die Stadt ein...“

(JOSUA 6, 20)

Taipei 101 ist zwei Kräften ausgesetzt. Erst im Juli 2009 rüttelte ein Erdbeben mit einer Stärke von 6,6 an der Konstruktion. Solche Erschütterungen allerdings fängt die Stahl- und Betonkonstruktion des Turmes mühelos auf.

## Ziel: Schwingungen begrenzen

Schlimmer sind die Taifune, die mit bis zu 300 Kilometer pro Stunde durch die Stadt fegen. Der Wind presst und saugt an den Fassaden und zerrt an dem 508 Meter hohen Turm. Gäbe es da nicht die Kugel in seinem Innern, schwankte das Gebäude in 400 Meter Höhe um bis zu einen Meter. Statt dessen wankt der Tilger hin und her – bis zu 1,50 Meter. Dies reduziert Schwingungen des Turmes um rund die Hälfte. So verhindert die Stahlkugel nicht nur Resonanzkatastrophen, sondern dämpft auch niederfrequente Schwingungen, die Unwohlsein auslösen.

„Körperschall“ nennt sich die Schwingung, die feste Körper erfasst. Anders als Luftschall kann ihn der Mensch nicht hören, sondern nur fühlen. Sind die Frequenzen sehr tief, registrieren wir die Resonanzen über die Vibration der Schädelknochen. Deshalb brauchen auch Konzertsäle, Opernhäuser oder Kinos Schwingungsisolierungen – bei bestimmten Frequenzen kann es sonst ungemütlich werden. „In Wolkenkratzern müssen Tilger möglichst hoch oben installiert werden, denn dort sind die Schwingungen am größten“, sagt Scott L. Gamble und ergänzt: „Allerdings ist dieser Raum meist der wertvollste in einem Hochhaus. Deshalb hängt die Art des Dämpfers von der Nutzung des Platzes und vom Preis ab.“ Gamble ist Vice President beim kanadischen Ingenieurbüro Rowan Williams Davies & Irwin. Er hat den Taipei-Tilger konzipiert.

### Wege zur Ruhe

Wassertanks sind genauso wirksam wie komplexe Flüssigkeitssäulen, schwere Pendelsysteme oder aktive Dämpfer. Während preiswerte Tanks ganze Etagen beanspruchen, sind aktive Tilger platzsparend, aber teuer. Im 297 Meter hohen Comcast-Center in Philadelphia etwa schwappen 1300 Tonnen Wasser in einem System von kommunizierenden Röhren gegen die Windkräfte an. Taiwans goldene Kugel hingegen ist ein Kulturgut: „In Ostasien wollten die Architekten demonstrativ zeigen, dass sie sich um das Wohlergehen der Menschen sorgen, die sich im Turm aufhalten“, sagt Baustatiker Joseph.

Nicht überall haben es die Ingenieure so schwer wie in Taiwan. In den Golfstaaten etwa sind die tektonischen und atmosphärischen Bedingungen besser. So benötigt das mit 828 Metern höchste Gebäude der Welt gar keine Tilger. „Wir haben die Form des Burj Khalifa in unserem Windkanal in Kanada getestet“, sagt Gamble. „Die sich nach oben verjüngende Form und der treppenartige Aufbau brechen die Luftwirbel, die sich an Gebäudeecken bilden.“

### Resonanzkörper Brücke

Doch auch menschliche Kräfte wirken verstärkend auf die Amplitude eines schwingungsfähigen Systems wie eine Hängebrücke. So musste die Londoner Millennium-Brücke einen Tag nach ihrer Eröffnung gesperrt werden, weil sie unter dem unwillkürlichen Gleichschritt der Besucher bis zu 20 Zentimeter hin und her schwang.

Die Lösung hatte das Berliner Unternehmen Gerb Schwingungsisolierungen. Die Spezialisten entwarfen mehr als 50 kleine Dämpfereinheiten, um die riskanten Resonanzen zu dämpfen. „Schwierig war nicht so sehr die Technik“, erzählt Geschäftsführer Armin Winkler, „sondern die Auflagen von Architekt Sir Norman Foster.“ Denn anders als in Taipei müssen die Tilger in London unsichtbar bleiben.



Ansicht des weltgrößten Schwingungstilgers im Rohbau von Taipei 101. Noch fehlen die Vergoldung der aus 41 Stahlscheiben im Gebäude montierten Kugel sowie ihre Stoßdämpfer

## Gegen die Bewegung

Während das höchste Gebäude der Welt, der Burj Khalifa ganz ohne Tilger auskommt, verlangen andere Konstruktionen nach schwingungsdämpfenden Systemen. Dazu zählen aktive Dämpfer ebenso wie Pendel und Konstruktionen, die als Tanks oder komplexe Systeme von kommunizierenden Röhren ausgeführt sind.

