

# Schwingungsdämpfer TMD – Tuned Mass Damper

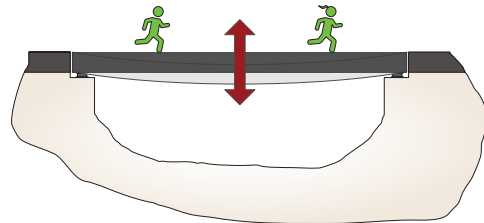
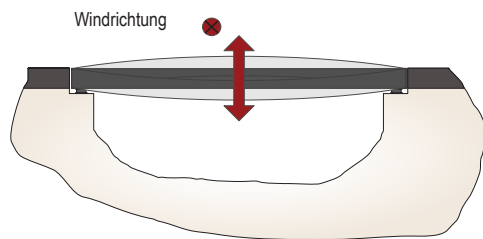


## Anwendungen bei Brücken

Brücken sind neben statischen Lasten auch dynamischen Einwirkungen wie Wind, Verkehr- und Fußgängeranregungskräften ausgesetzt. Besonders bei schlanken und leichten Konstruktionen können diese Anregungen zu Schwingungen führen. Werden dabei zulässige Bewegungen respektive Beschleunigungen überschritten, kann dies den Nutzerkomfort beeinträchtigen, zu

Materialermüdung führen oder im Extremfall strukturelle Schäden verursachen.

Zur Begrenzung solcher Effekte kommen gezielt Schwingungsdämpfer, sogenannte Tuned Mass Dampers (TMDs) zum Einsatz.



### Mumbai Trans Harbour Link

Der Mumbai Trans Harbour Link ist eine 21,8 km lange, sechsspurige Schnellstraßenbrücke, die Mumbai mit Navi Mumbai verbindet und als längste Meerbrücke Indiens gilt. Zur Reduktion windinduzierter, vertikaler Biegeschwingungen wurden im Bauwerk umfangreiche Tuned Mass Damper Systeme eingesetzt, darunter 40 vertikale TMDs mit einer Masse von je 4,8 t, die von MAURER geliefert und auf die Eigenfrequenzen der kritischen Biegeschwingungen abgestimmt wurden.



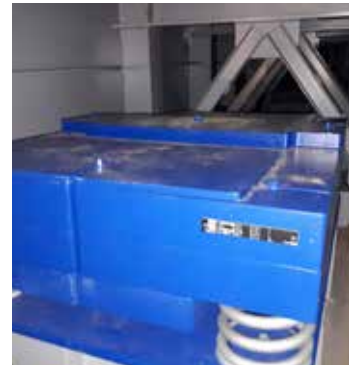
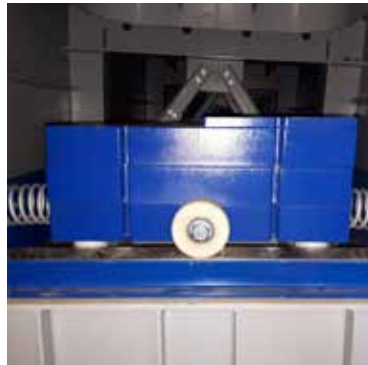
### Hong Kong-Zhuhai-Macau Brücke

Es handelt sich um ein 55 km langes Brücken-Tunnel-System und damit sowohl die längste Überwasserbrücke als auch die längste feste Verbindung über das offene Meer weltweit. Es verbindet Hongkong und Macau mit Zhuhai. Durch den Einsatz von TMDs mit Massen von 3,0 t bis 6,25 t wurden Eigenschwingungen im Frequenzbereich von 0,33 Hz bis 0,8 Hz gedämpft.



## Fußgängerbrücke Viadukt Parco di Luni

Schlanke Fußgängerbrücke im archäologischen Park von Luni mit hohen Anforderungen an den Nutzerkomfort. Zur Reduktion fußgängerinduzierter Schwingungen wurden insgesamt sechs Tuned Mass Dampers (TMDs) integriert: zwei vertikale TMDs mit je 3200 kg sowie vier horizontale TMDs mit je 1000 kg und 2200 kg, welche auf die Eigenfrequenzen von 1,97 Hz, 2,34 Hz und 2,63 Hz der drei kritischen Biegeschwingungen abgestimmt sind.



## Fußgängerbrücke Greenwich Design District

Schlanke Fußgängerbrücke innerhalb des Greenwich Design Districts mit erhöhter Schwingungsanfälligkeit infolge fußgängerinduzierter Anregungen. Zur Verbesserung des Nutzerkomforts wurde ein TMD mit einer Masse von 700 kg, abgestimmt auf die Biegeeigenfrequenz von 2 Hz, in die Konstruktion (Handlauf) integriert.



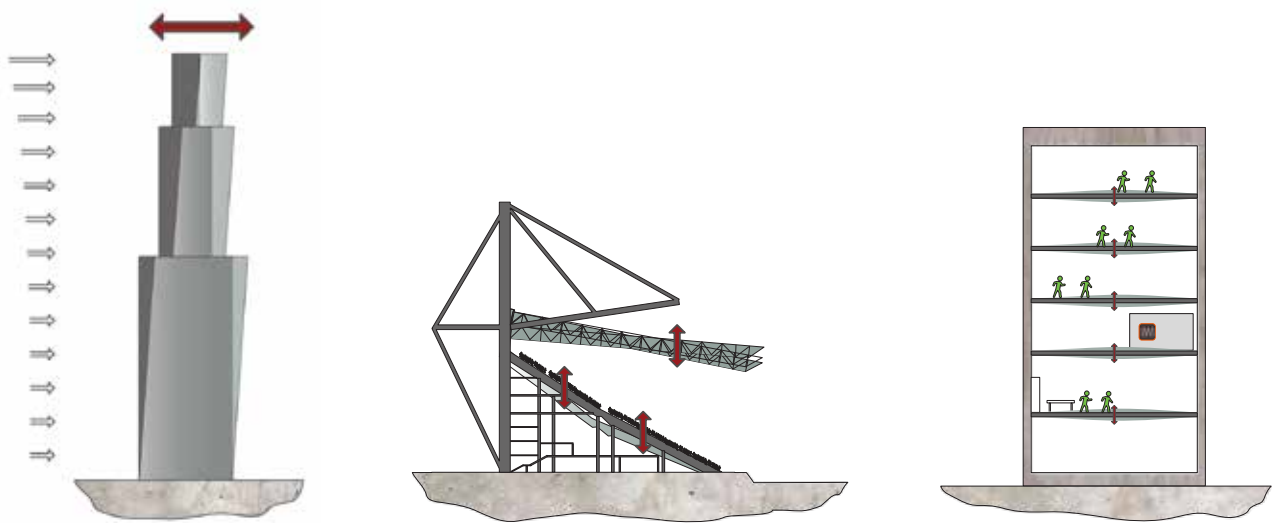
## Anwendungen bei Gebäuden und Industrieanlagen

Auch Gebäude und Industrieanlagen sind dynamischen Einwirkungen wie Wind- und Erdbebenlasten ausgesetzt. Diese können insbesondere bei schlanken oder hoch aufragenden Konstruktionen zu spürbaren Strukturschwingungen und zur Überschreitung zulässiger Beschleunigungen und Bewegungen führen.

Durch den gezielten Einsatz von Schwingungsdämpfern lassen sich diese Beschleunigungen bzw. Bewegungen wirksam reduzieren. Typische Anwendungen sind wind-

und erdbebeninduzierte Schwingungen bei Hochhäusern, Türmen und Schornsteinen sowie personeninduzierte Schwingungen bei Tribünen, Decken und Arbeitsplattformen.

Weitere typische Anwendungsfälle finden sich zudem bei Industriebauten wie Prozess- und Kühltürmen, Rohrbrücken sowie Maschinen- und Anlagenplattformen, bei denen dynamische Einwirkungen aus Wind, Betrieb oder Personen auftreten.



### SOCAR Tower in Baku, Aserbaidtschan

Der 209 m hohe SOCAR Tower ist mit einem leistungsstarken Tuned Mass Damper System (TMD) zur Kontrolle von Wind- und Erdbeben-induzierten Schwingungen ausgestattet. Der TMD ist als verschachteltes Pendelsystem gebaut, um die Bauhöhe zu minimieren, hat eine Gesamtmasse von ca. 450 t und ist im oberen Gebäudebereich installiert.

Das Pendelsystem wurde auf die unterschiedlichen Eigenfrequenzen der Biegeschwingungen in x- und y-Richtung abgestimmt, welche im Bereich von 0,16 Hz bis 0,32 Hz liegen. Der TMD ist Teil eines mehrstufigen Schutzkonzepts und dient nicht nur dem Komfort, sondern trägt auch zur Verbesserung des seismischen Verhaltens des Hochhauses bei.



## Baku-Tower in Aserbaidshan

Der Baku-Tower verfügt über ein großdimensioniertes Tuned Mass Damper System zur Reduktion windinduzierter Gebäudeschwingungen bei den Biegeeigenfrequenzen von 0,24 Hz in x-Richtung und 0,27 Hz in y-Richtung. Auf Basis von Windkanaluntersuchungen wurde ein Pendel TMD mit einer Masse von rund 400 t im oberen Gebäudebereich installiert. Das System ist auf Gebrauchstauglichkeit und Nutzerkomfort optimiert und reduziert wahrnehmbare Schwingungen bei häufig auftretenden Windereignissen.



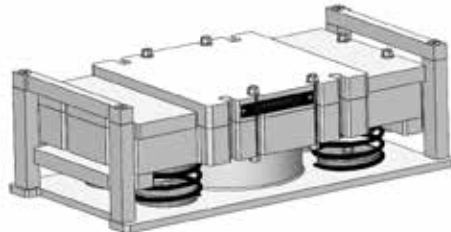
## Roland Garros Tennis Stadion

Beim Court-Philippe Chatrier des Roland Garros Tennis Stadions kommen vertikal wirkende TMDs zum Einsatz, um windinduzierte Schwingungen der schlanken, beweglichen Dachträger zu kontrollieren. Jeder der über 100 m langen Stahlkastenträger ist mit einem individuell abgestimmten TMD von rund 8 t Masse ausgestattet, der direkt in den Träger integriert ist. Die durch die TMDs erzielte Schwingungsreduktion gewährleistet einen geräuscharmen Betrieb sowie eine erhöhte Ermüdungssicherheit der beweglichen Dachkonstruktion, welche innerhalb von 15 Minuten geöffnet und geschlossen werden kann.



## Schwingungsdämpfer MTMD

Schlanke und auskragende Bauwerke können unter anderem wegen ihrer geringen Eigendämpfung von 0,5 - 1% schwingen. Ohne zusätzliche Dämpfungsmaßnahmen können große Schwingamplituden auftreten, welche den Komfort verringern und zu vorzeitiger Materialermüdung führen.



### Strukturelle Sicherheit

- Schutz vor Schäden durch Resonanzvermeidung
- Reduzierung dynamischer Lasten

### Schwingkomfort

- Geringere Beschleunigungen
- Erhöhter Nutzerkomfort

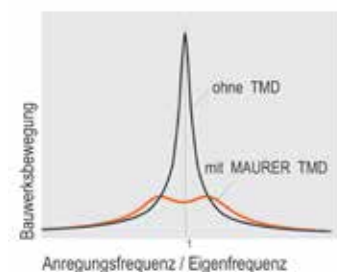
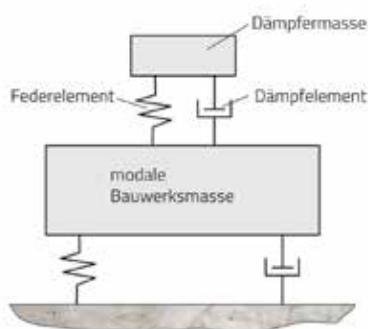
### Strukturelle Dauerhaftigkeit

- Reduzierte Ermüdung
- Verlängerte Lebensdauer

MAURER Schwingungsdämpfer werden für jedes Bauwerk individuell ausgelegt. Der TMD basiert auf einem Feder-Masse-System. Die Masse wird in Abhängigkeit der modalen Masse der kritischen Eigenschwingung so angesetzt, dass der TMD die geforderte, zusätzliche Dämpfung erzeugt. Die natürliche Frequenz des Feder-Masse-Systems wird über die Anpassung der Federsteifigkeit und/oder Masse auf die Eigenfrequenz der kritischen Eigenschwingung optimiert. Die Geometrie eines TMDs wird projektspezifisch an die Struktur angepasst. Dabei kann es sich um einen kleinen TMD in Verkehrsleitsystemen oder Brücken bis hin zu einem Hochhaus handeln.



Je größer das Verhältnis  $\mu$  aus Dämpfermasse zu modaler Masse der schwingungsanfälligen Eigenschwingung ist, umso größer sind Schwingreduktion und Breitbandigkeit des Schwingungsdämpfers. Daraus ergibt sich auch eine kleinere Dämpfermassenamplitude.



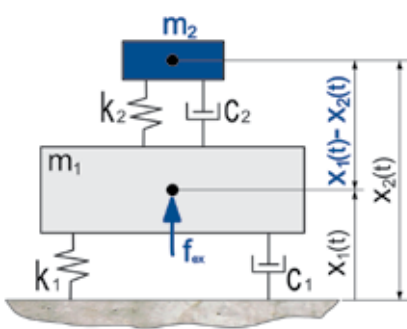
Der TMD wird im Bereich der größten Schwingungsamplitude des Bauwerks angeordnet. Durch die Abstimmung auf die Eigenfrequenz der zu bedämpfenden Eigenschwingung des Bauwerks schwingt die TMD-Masse mit 90° Phasenversatz zur Bauwerksbewegung und reduziert so maximal die Verschiebungen resp. Beschleunigungen. Die Reduktion beträgt je nach Massenverhältnis bis zu 90%.

## Design

Damit die Bauwerksverschiebungen bzw. -beschleunigungen minimiert werden können, werden die natürliche Frequenz  $f_2$  und die Dämpfung  $\zeta_2$  des Schwingungsdämpfers auf die kritische Bauwerkseigenschwingung optimiert.

Für die Auslegung des Schwingungsdämpfers werden folgende Parameter benötigt:

- Die Eigenfrequenz  $f_1$  der zu bedämpfenden, kritischen Bauwerkseigenschwingung
- Dazugehörige kinematische äquivalente (oder modale) Masse  $m_1$
- Maximal tolerierbare Verschiebungs- und Beschleunigungsamplituden der kritischen Bauwerkseigenschwingung
- Abmessungen des Einbauraums



- $f_1$ : zu bedämpfende Eigenfrequenz
- $m_1$ : kinetisch äquivalente (oder modale) Masse
- $k_1$ : Steifigkeit
- $c_1$ : viskoser Dämpfungskoeffizient
- $x_1$ : Verschiebung
- $f_{ex}$ : Anregungskraft
- $m_2$ : Masse TMD
- $k_2$ : Steifigkeit TMD
- $c_2$ : viskoser Dämpfungskoeffizient TMD

Für die Auswahl des TMDs bietet MAURER folgende zusätzliche Leistungen an:

- Schwingungsmessungen am Bauwerk zur Bestimmung des Ist-Zustandes ohne TMD
- Beratung bei der Auslegung des optimalen Schwingungsdämpfers
- Nichtlineare, zeitbasierte Analyse (Simulation) der Struktur mit Wind-, Erdbeben- oder Fußgängeranregung ohne und mit TMD
- Einbau des Dämpfers
- Stationäre Schwingungsmessung und transiente Aufschwingversuche
- Monitoring

## Ausführungsarten

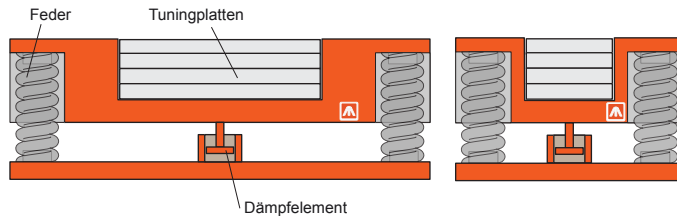
Die Schwingungsdämpfer werden so an die Struktur angepasst, dass die Bewegungsrichtung der Dämpfermasse gleich der Schwingrichtung der kritischen Eigenschwingung ist (MTMD-V und MTMD-H). Der Pendel-TMD (MTMD-P) kann Biegeeigenschwingungen in zwei Hauptrichtungen optimal bedämpfen. Die Dämpfer können auch diagonale bzw. schräge Strukturschwingungen bedämpfen.

|                    | Schwingungsdämpfer |            |                     |
|--------------------|--------------------|------------|---------------------|
| Dämpfungsrichtung  | Vertikal           | Horizontal | Horizontales Pendel |
| MAURER Bezeichnung | MTMD-V             | MTMD-H     | MTMD-P              |

Die Abmessungen der MTMDs werden auf den gegebenen Einbauraum optimal angepasst.

## Vertikaler Schwingungsdämpfer MTMD-V

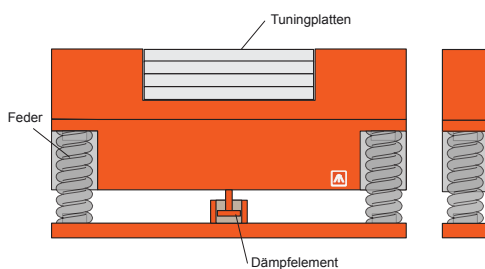
Der MTMD-V besteht aus einer vertikal beweglichen Masse, die auf Stahlfedern gelagert ist. Parallel zu den Federn ist das Dämpfelement in der Mitte angeordnet. Mithilfe von Tuning-Platten lässt sich die TMD-Frequenz auf der Baustelle genau auf die tatsächliche Eigenfrequenz des kritischen Schwingungsmodus abstimmen.



Diese Werte basieren auf der Annahme der vertikalen TMD-Relativverschiebung von +/-40 mm.

| Masse<br>[kg] | Frequenz<br>[Hz] | Länge<br>[mm] | Breite<br>[mm] | Höhe<br>[mm] |
|---------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 250           | 2,0              | 605           | 500            | 345          |
| 500           |                  | 900           | 600            | 375          |
| 750           |                  | 1200          | 650            | 385          |
| 1000          |                  | 1000          | 765            | 385          |
| 1500          |                  | 1680          | 900            | 410          |
| 2000          |                  | 2000          | 1000           | 420          |
| 2500          |                  | 2200          | 1130           | 420          |
| 3000          |                  | 2400          | 1240           | 420          |
| 4000          |                  | 2600          | 1510           | 430          |
| 5000          |                  | 3000          | 1630           | 440          |
| 6000          |                  | 3300          | 1810           | 440          |

Der MTMD-V kann auch als schmale Variante ausgeführt werden, um den MTMD-V zum Beispiel im Geländer der Fußgängerbrücke einbauen zu können.

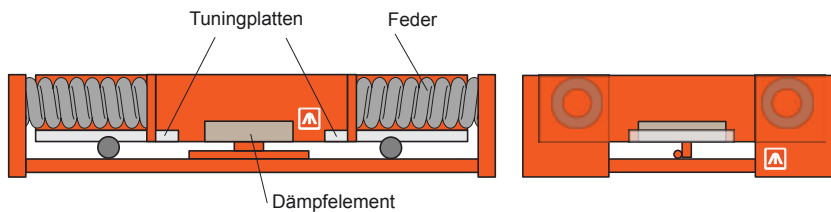


| Masse<br>[kg] | Frequenz<br>[Hz] | Länge<br>[mm] | Breite<br>[mm] | Höhe<br>[mm] |
|---------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 250           | 2,0              | 800           | 200            | 610          |
| 500           |                  | 900           | 200            | 895          |
| 750           |                  | 1050          | 200            | 1030         |
| 1000          |                  | 1220          | 200            | 1025         |
| 1500          |                  | 1300          | 250            | 1045         |
| 2000          |                  | 1620          | 250            | 1045         |
| 2500          |                  | 1950          | 250            | 1055         |
| 3000          |                  | 2270          | 250            | 1065         |
| 4000          |                  | 2280          | 280            | 1205         |
| 5000          |                  | 2460          | 280            | 1330         |
| 6000          |                  | 2670          | 280            | 1335         |

Das Dämpfelement erzeugt die optimale TMD-Dämpfung. Die oben genannten vorläufigen Abmessungen gelten für die Eigenfrequenz der vertikalen Biegeschwingung von 2 Hz, was bei Fußgängerbrücken häufig der Fall ist. Die endgültigen Abmessungen hängen jedoch von den genauen Frequenzwerten und den Befestigungsmöglichkeiten im Bauwerk ab, da alle MTMD-V individuell an die endgültigen Projektanforderungen angepasst werden.

## Horizontaler Schwingungsdämpfer MTMD-H

Der MTMD-H besteht aus einer horizontal beweglichen und geführten Masse, die zwischen Stahlfedern gelagert ist. Senkrecht zu den Federn ist ein Dämpfelement angeordnet. Die Dämpfung ist nur in einer Richtung vorgesehen. Die natürliche Frequenz des TMD kann auf der Baustelle mittels Tuningplatten und -federn auf die Ist-Eigenfrequenz des kritischen Schwingungsmodus abgestimmt werden.



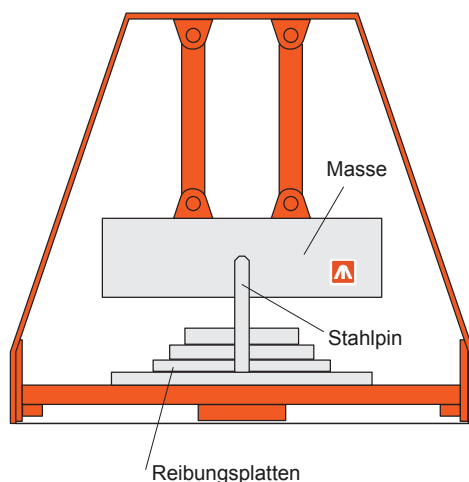
| Masse<br>[kg] | Frequenz<br>[Hz] | Länge<br>[mm] | Breite<br>[mm] | Höhe<br>[mm] |
|---------------|------------------|---------------|----------------|--------------|
| 250           | 1,0              | 600           | 640            | 270          |
| 500           |                  | 950           | 640            | 280          |
| 750           |                  | 1210          | 710            | 280          |
| 1000          |                  | 1500          | 735            | 285          |
| 1500          |                  | 2000          | 800            | 290          |
| 2000          |                  | 2200          | 890            | 300          |
| 2500          |                  | 2400          | 895            | 310          |
| 3000          |                  | 2600          | 930            | 320          |
| 4000          |                  | 3000          | 1000           | 330          |
| 5000          |                  | 3200          | 1060           | 370          |
| 6000          |                  | 3400          | 1090           | 400          |

Diese Werte basieren auf einer maximalen horizontalen Relativamplitude von 60 mm.

Die hier gezeigte Auslegung ist auf minimale Einbauhöhe ausgerichtet. Die Abmessungen werden projektbezogen optimiert.

Das Dämpfelement erzeugt die optimale TMD-Dämpfung. Die oben genannten vorläufigen Abmessungen gelten für die Eigenfrequenz in lateraler Richtung von 1 Hz, was bei Fußgängerbrücken kritisch ist. Die endgültigen Abmessungen hängen jedoch von den genauen Frequenzwerten und den Befestigungsmöglichkeiten im Bauwerk ab, da alle MTMD-H individuell an die endgültigen Projektanforderungen angepasst werden.

## Horizontaler Pendel-Schwingungsdämpfer MTMD-P



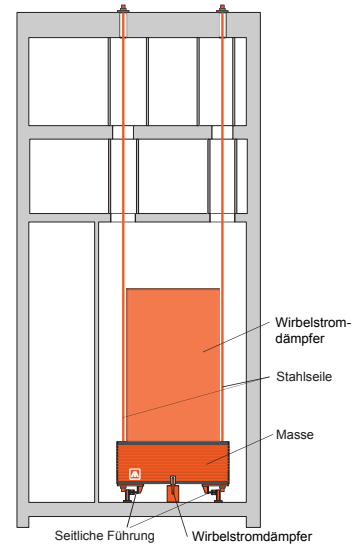
Der MTMD-P besteht aus einem mechanischen Pendel, an dem die Stahlmasse hängt. Mit der Länge des Pendels wird die natürliche TMD-Frequenz eingestellt. Das Pendel-Design erlaubt Dämpfung in allen horizontalen Richtungen.

Bei dem MTMD-P kann die TMD-Dämpfung mittels mehrerer Reibplatten oder Hydraulikdämpfer erzeugt werden. Das Feintuning der TMD-Frequenz kann durch Tuningfedern realisiert werden.

## Horizontaler Pendel-Schwingungsdämpfer mit Wirbelstromdämpfer

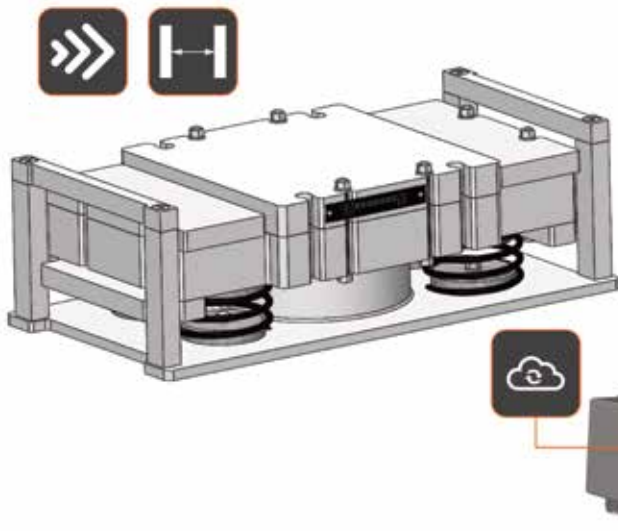
Der MTMD-P mit Wirbelstromdämpfer zeichnet sich aus durch:

- Keine Anfahrreibung → hohe Wirksamkeit bereits bei kleinsten Bauwerksbeschleunigungen
- Verschleiß- und leakagefreie Dämpfung für eine Nutzungsdauer von mehr als 50 Jahren
- Adaptive Dämpfungswirkung in Abhängigkeit von der TMD-Relativamplitude



## Monitoring

MAURER bietet ein autarkes Standard-Monitoring-System für folgende relevante Zustandsgrößen an:



- Beschleunigung + Frequenz
- TMD-Verschiebungsamplitude + Frequenz
- Weitere kundenspezifische Zustandsgrößen

## Qualität und Versuche

Ein Tuned Mass Damper (TMD) ist ein Bauteil, für das keine spezifischen Normen oder Richtlinien existieren, mit Ausnahme der Anforderungen aus dem Stahlbau und der Federauslegung.

Vor Auslieferung wird jeder MAURER TMD hinsichtlich der spezifischen Anforderungen getestet und dokumentiert, dies sind in der Regel die Bewegungskapazität, die Leichtgängigkeit und die natürliche TMD-Frequenz.

Die natürliche Frequenz des TMDs resp. der Pendel-

masse wird mittels Aufschwingens der Masse verifiziert und respektive justiert.

Auf der Baustelle werden finale Funktionskontrollen gemacht. Die Leichtgängigkeit und die natürliche TMD-Frequenz werden mittels Aufschwingens der TMD-Masse überprüft. Falls Monitoring erwünscht ist, wird dieses installiert, konfiguriert und überprüft.

Kundenspezifische Bauteilversuche können ebenfalls an akkreditierten Versuchsinstituten durchgeführt werden.



**Produktinformation****Schwingungsdämpfer TMD**  
– Tuned Mass Damper

[www.maurer.eu](http://www.maurer.eu)

2026/10/15

**MAURER SE**

Frankfurter Ring 193  
80807 München  
Deutschland

Postfach 440145  
80750 München  
Deutschland

Tel. +49 89 323 94-0

Fax +49 89 323 94-306

[info@maurer.eu](mailto:info@maurer.eu)

[www.maurer.eu](http://www.maurer.eu)

---

**German Engineering** since 1876