

Seismische Effektivität der Schwingungsdämpfer im Hochbau

Bachelorarbeit von Vinzenz Stamm

Der Einsatz von passiven Schwingungsdämpfern in Form von Masse-Feder-Dämpfern bietet eine relativ preisgünstige und ressourcenschonende Möglichkeit, Bauwerksschwingungen zu reduzieren. Hierbei wird eine Zusatzmasse aus Stahl oder Beton mittels Feder- und Dämpferelementen an das Bauwerk gekoppelt. Die Funktion der Federn kann auch durch Pendel übernommen werden. Der Dämpfer wird bezüglich Eigenfrequenz und Dämpfungsgrad so eingestellt, dass er phasenversetzt zum Bauwerk schwingt und dabei Kräfte auf das Bauwerk überträgt, die den Bewegungskräften desselben entgegengerichtet sind. In den zwischengeschalteten Dämpferelementen wird Schwingungsenergie dissipiert.

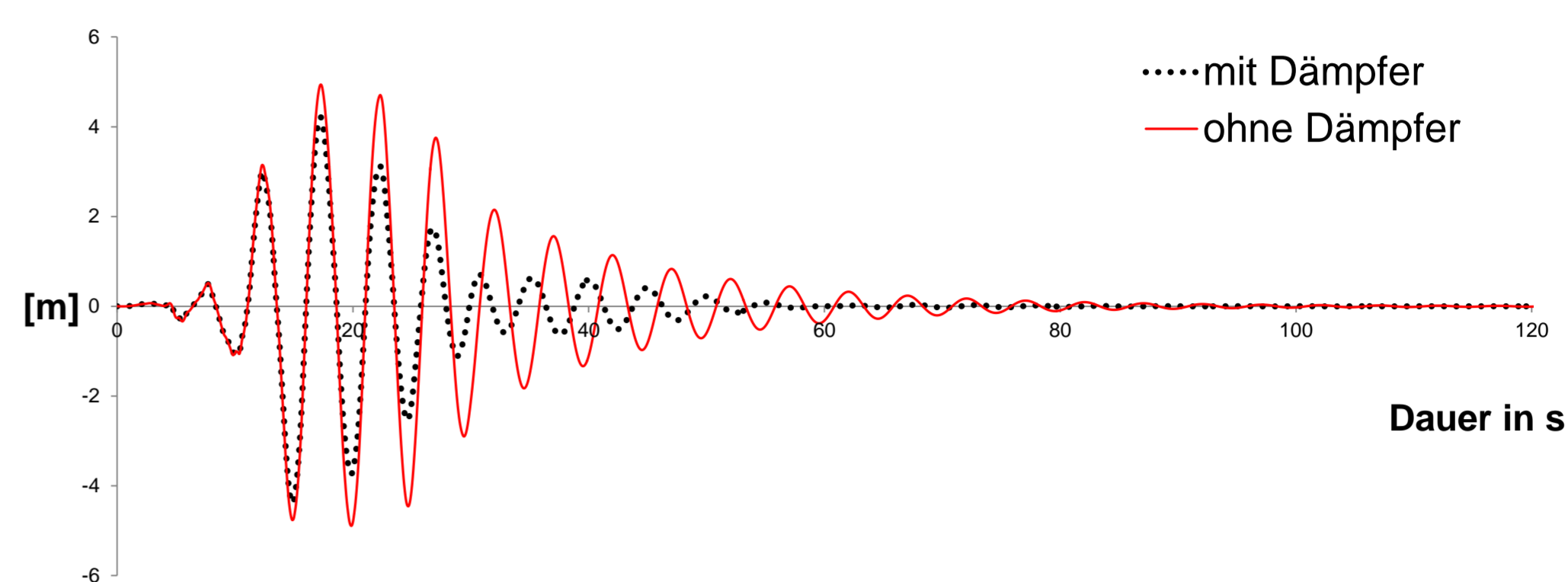


Tilgerpendel des Taipei 101, Taipei, Taiwan



Vertikaldämpfer der Firma Maurer & Söhne GmbH

Die Einstellung des Dämpfers kann z.B. nach den Optimierungskriterien von Den Hartog erfolgen. Diesen liegt die Annahme einer harmonischen Erregerkraft zugrunde. Derartige Dämpfer werden bislang erfolgreich gegen wind- und verkehrsinduzierte Schwingungen eingesetzt. Ein weiterer Lastfall, der Schwingungen verursachen kann, ist der Lastfall Erdbeben. Da Erdbeben naturgemäß eher einer stochastischen Bauwerksanregung gleichkommen und einen stoßartigen Charakter aufweisen, ist fraglich, ob ein passiver Schwingungsdämpfer, noch dazu für harmonische Erregerkräfte optimiert, in diesem Falle signifikant zur Reduktion der Bauwerksschwingung beitragen kann. Auf Basis der These, dass auch in den stochastisch geprägten Erdbeben harmonische Frequenzinhalte enthalten sind, werden in dieser Studie daher verschiedene Bauwerkstypen, repräsentiert durch ihre Eigenperiode und vereinfachend als Einmassenschwinger idealisiert, einer Belastung durch 42 historische Erdbebenverläufe unterzogen und ihre Schwingungsantwort mit und ohne Schwingungsdämpfer hinsichtlich der Ausprägung analysiert und ins Verhältnis gesetzt. Hieraus ergibt sich ein Reduktionsfaktor für das System mit Schwingungsdämpfer. Die Schwingungsintensität wird über den RMS-Wert (auf die Dauer bezogenes Zeitintegral) der Verschiebung gemessen.



Schwingungsantworten eines Gebäudes mit und ohne Dämpfer mit einer Periode von 5 s, Eigendämpfung 5% unter Belastung durch das Erdbeben von Tabas, Iran, 16.09.1968

Die maximal erreichbare Reduktion ist durch das Massenverhältnis des Dämpfers zum Bauwerk und durch die Höhe der Bauwerkseigendämpfung determiniert. Es wurden für die Berechnung auf der sicheren Seite liegend ein Massenverhältnis von 3% und eine Bauwerks-eigendämpfung von 5% angesetzt. In dieser Konstellation kann eine Reduktion des RMS-Wertes von bis zu 40% erreicht werden. Für höhere Massenverhältnisse bis 8% oder eine geringere Bauwerksdämpfung kann dies bis auf ca. 80% gesteigert werden. Die Höhe der tatsächlich realisierten Schwingungsreduktion für ein Bauwerk einer bestimmten Frequenz hängt letztlich davon ab, wie nah die im Erdbeben enthaltenen Frequenzen an die Eigenfrequenz des untersuchten Gebäudes herankommen. In dem für Bauwerke so gefährlichen Resonanzfall werden die besten Reduktionsergebnisse erzielt.



Reduktionsfaktor als Funktion der Bauwerksperiode für das Beben von Whittier Narrows, USA, 1.10.1987

Um den Einfluss verschiedener Faktoren wie Baugrundklasse, Entfernung, Magnitude und Starkbebendauer auf den Frequenzinhalt der Erdbeben zu untersuchen, werden die Ergebnisse diesbezüglich klassifiziert und Mittelwerte berechnet. Um verlässlichere Informationen über die Verteilung der Frequenzen in den Erdbeben zu erhalten, sollte die Untersuchung zukünftig mit einer drastig erhöhten Anzahl von Beben und einer möglichst lückenlosen Abtastung der bauwerksrelevanten Frequenzen erfolgen. Auf einer solchen Basis könnten Karten zur groben Vorhersage der Dämpfereffektivität für bestimmte Regionen erstellt werden.