

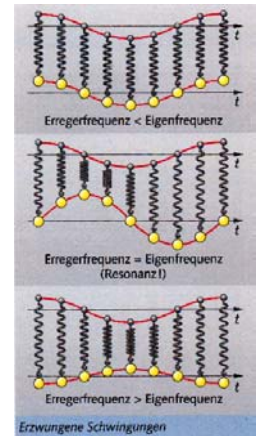
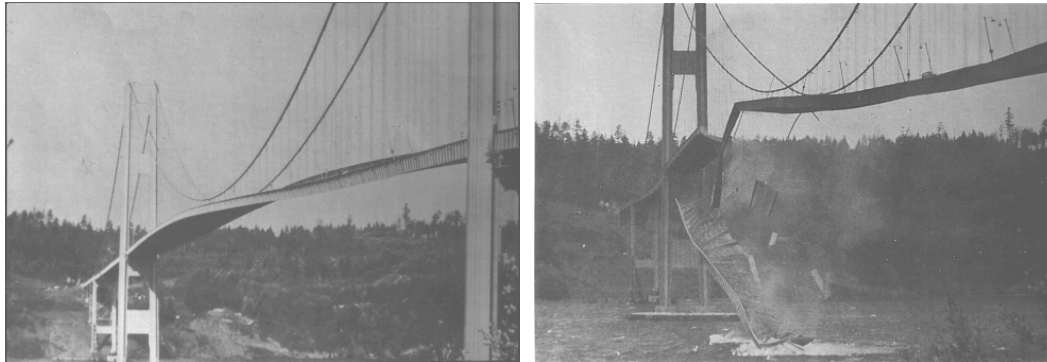
Erzwungene Schwingungen

Bei **Resonanz** (Erregerfrequenz = Eigenfrequenz) sind die Amplituden am **größten**.

Resonanz führt zum Einsturz einer Brücke

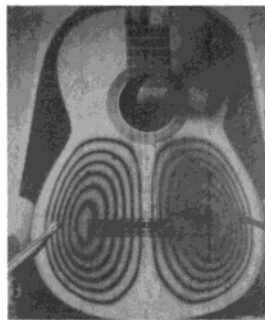
Tacoma Narrows Bridge im US-Bundesstaat Washington

Windturbulenzen führten am 7. November 1940 zur **Resonanzkatastrophe**. Die neu erbaute Hängebrücke, die gerade mal 4 Monate für den Verkehr freigegeben war, geriet in heftige Eigenschwingungen, die sich zu immer größeren Amplituden aufschaukelten.

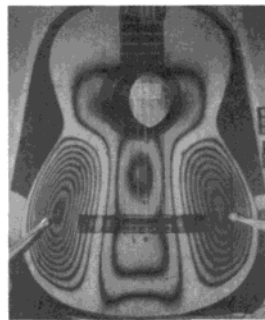


Erwünschte Resonanz bei Musikinstrumenten

Ausgedehnte Gegenstände besitzen mehrere Eigenfrequenzen. Musikinstrumente haben Resonanzkörper, die ein breites Spektrum umfassen müssen. Es darf also nicht so sein, dass nur bei einzelnen Frequenzen Resonanz auftritt. Die Schwingungsmuster ausgeprägter Schwingungszustände im Resonanzfall sind hier bei einer Gitarre durch Interferenzaufnahmen sichtbar gemacht worden.



268 Hz ($Q = 52$)



553 Hz ($Q = 66$)



672 Hz ($Q = 61$)



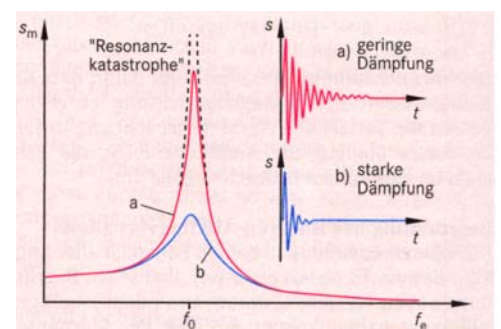
1010 Hz ($Q = 80$)

Unerwünschte Resonanzen kann man verhindern:

- **Dämpfung (Reibung) erhöhen**
- **Eigenfrequenz ändern**

Bei schwingenden Maschinen, die sich annähernd wie Federschwinger verhalten, ändert man oft die Eigenfrequenz: Die Maschine wird fest mit dem Boden verbunden. Dadurch vergrößert sich ihre **Masse** (Maschine und Erde ist nun ein Körper.). Dies hat zur Folge, dass die Eigenfrequenz der Maschine **verringert** wird, denn für einen

Federschwinger gilt: $f \sim \frac{1}{\sqrt{m}}$.



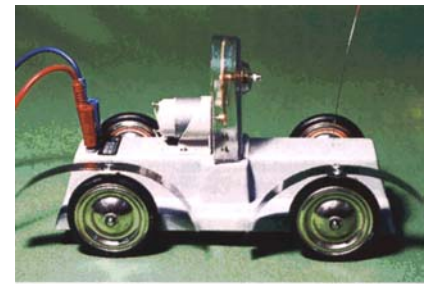
Resonanzkurven bei unterschiedlich starker Dämpfung

Unerwünschte Schwingungen beim PKW

Schwingungen bei einem Modellauto

Versuchsdurchführung:

Änderung der Erregerfrequenz durch **Änderung der Motordrehzahl**



Erzwungene Schwingungen bei einem Modellauto

Beobachtung:

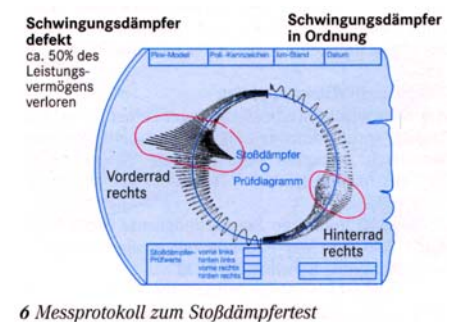
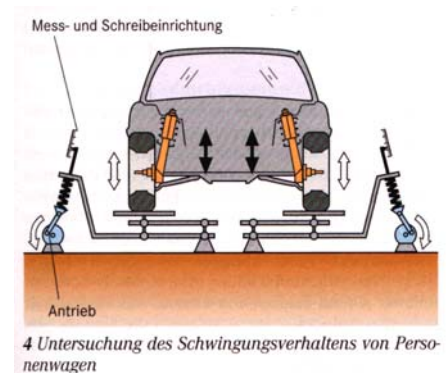
Motordrehzahl	Stark schwingende Teile	Schwach schwingende Teile
0		
Gering		
Hoch		
Sehr hoch		
Maximal		

Erklärung:

Die einzelnen Teile besitzen **unterschiedliche Eigenfrequenzen**. Nur wenn die **Erregerfrequenz** mit der **Eigenfrequenz** des jeweiligen Autoteils übereinstimmt (Resonanz), kommt es zu großen **Amplituden**.

Schwingungsdämpfer

Federn sollen das Fahrwerk und die Karosserie auf unebener Fahrbahn möglichst ruhig halten. Eine Feder allein reicht dazu jedoch nicht aus, denn nach jeder Bodenwelle würden die Räder noch viele Male mit ihrer **Eigenfrequenz** auf und ab schwingen. Der Kontakt zur Fahrbahn ginge für kurze Zeit wieder verloren. Gleichmäßiges Bremsen und Lenken wären unmöglich. Deshalb gehören zu jeder Federung auch Stoßdämpfer (besser: **Schwingungsdämpfer**). Mit speziellen Rüttelgeräten lassen sich die Dämpfer testen. Bei diesem Test steht das Rad mit dem Stoßdämpfer auf einer festen Platte, die von einem Motor mit hoher Drehzahl gerüttelt wird. Dadurch wird eine Schwingung der Platte und des Fahrwerks **erzwungen**, während die Karosserie ruhig bleibt. Die Frequenz dieser **Erregerschwingung** liegt zunächst über der **Eigenfrequenz** des Fahrwerks. Die **Erregerfrequenz** wird dann allmählich verringert, wobei ein Stift auf einer rotierenden Scheibe die Schwingungen des Fahrwerks aufzeichnet. Je mehr sich die Frequenz dieser **erzwungenen** Schwingung der **Eigenfrequenz** des Fahrwerks nähert, desto **größer** werden die Amplituden der Schwingung. Nun zeigt sich die Qualität des Dämpfers: Er ist umso wirksamer, je **kleiner** die Amplitude bei **Resonanz** ist. Wenn der Erreger die Resonanzfrequenz unterschritten hat, nehmen die **Amplituden** wieder ab. Der Prüfer misst anschließend auf der Scheibe die **maximale Amplitude** und vergleicht sie mit den Angaben des Fahrzeugherstellers.



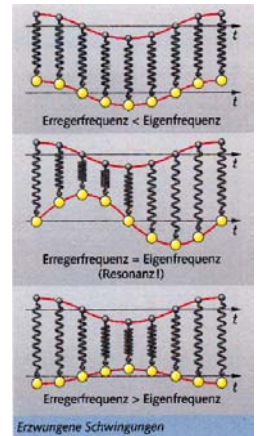
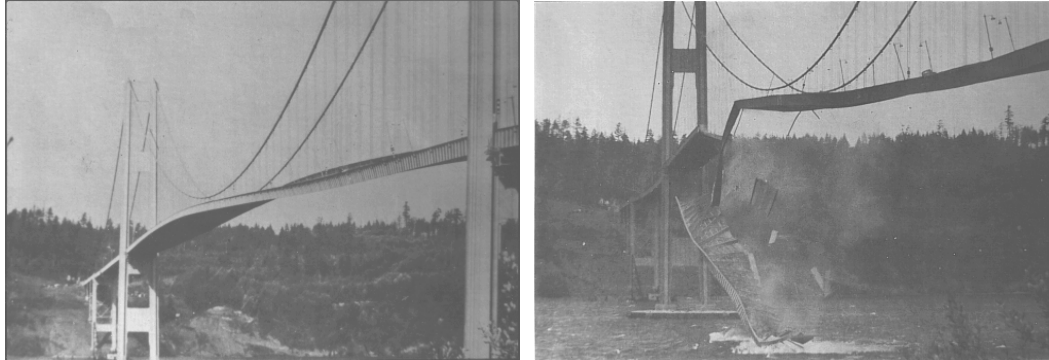
Erzwungene Schwingungen

Bei **Resonanz** (Erregerfrequenz = Eigenfrequenz) sind die Amplituden am _____.

Resonanz führt zum Einsturz einer Brücke

Tacoma Narrows Bridge im US-Bundesstaat Washington

Windturbulenzen führten am 7. November 1940 zur **Resonanzkatastrophe**. Die neu erbaute Hängebrücke, die gerade mal 4 Monate für den Verkehr freigegeben war, geriet in heftige Eigenschwingungen, die sich zu immer größeren Amplituden aufschaukelten.

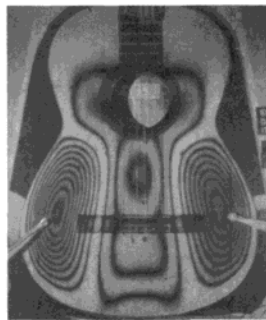


Erwünschte Resonanz bei Musikinstrumenten

Ausgedehnte Gegenstände besitzen mehrere Eigenfrequenzen. Musikinstrumente haben Resonanzkörper, die ein breites Spektrum umfassen müssen. Es darf also nicht so sein, dass nur bei einzelnen Frequenzen Resonanz auftritt. Die Schwingungsmuster ausgeprägter Schwingungszustände im Resonanzfall sind hier bei einer Gitarre durch Interferenzaufnahmen sichtbar gemacht worden.



268 Hz ($Q = 52$)



553 Hz ($Q = 66$)



672 Hz ($Q = 61$)



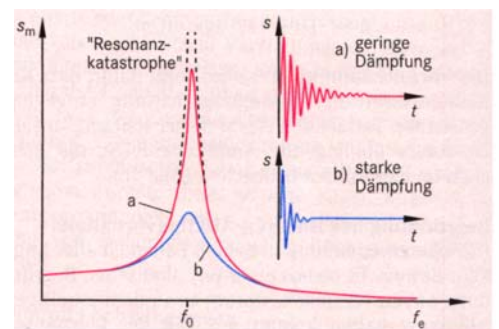
1010 Hz ($Q = 80$)

Unerwünschte Resonanzen kann man verhindern:

- _____
- _____

Bei schwingenden Maschinen, die sich annähernd wie Federschwinger verhalten, ändert man oft die Eigenfrequenz: Die Maschine wird fest mit dem Boden verbunden. Dadurch vergrößert sich ihre _____ (Maschine und Erde ist nun ein Körper.) Dies hat zur Folge, dass die Eigenfrequenz der Maschine _____ wird, denn für einen

Federschwinger gilt:



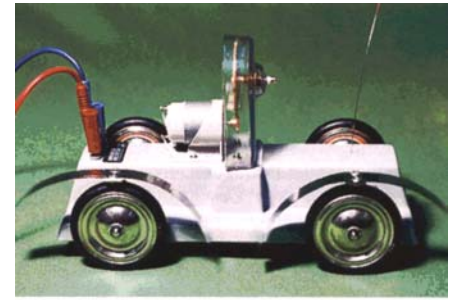
Resonanzkurven bei unterschiedlich starker Dämpfung

Unerwünschte Schwingungen beim PKW

Schwingungen bei einem Modellauto

Versuchsdurchführung:

Änderung der Erregerfrequenz durch _____



Erzwungene Schwingungen bei einem Modellauto

Beobachtung:

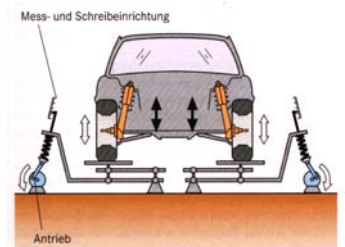
Motordrehzahl	Stark schwingende Teile	Schwach schwingende Teile
0		
Gering		
Hoch		
Sehr hoch		
Maximal		

Erklärung:

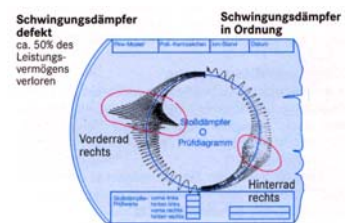
Die einzelnen Teile besitzen _____. Nur wenn die _____ mit der _____ des jeweiligen Autoteils übereinstimmt (Resonanz), kommt es zu großen _____.

Schwingungsdämpfer

Federn sollen das Fahrwerk und die Karosserie auf unebener Fahrbahn möglichst ruhig halten. Eine Feder allein reicht dazu jedoch nicht aus, denn nach jeder Bodenwelle würden die Räder noch viele Male mit ihrer _____ auf und ab schwingen. Der Kontakt zur Fahrbahn ginge für kurze Zeit wieder verloren. Gleichmäßiges Bremsen und Lenken wären unmöglich. Deshalb gehören zu jeder Federung auch Stoßdämpfer (besser: _____). Mit speziellen Rüttelgeräten lassen sich die Dämpfer testen. Bei diesem Test steht das Rad mit dem Stoßdämpfer auf einer festen Platte, die von einem Motor mit hoher Drehzahl gerüttelt wird. Dadurch wird eine Schwingung der Platte und des Fahrwerks _____, während die Karosserie ruhig bleibt.



4 Untersuchung des Schwingungsverhaltens von Personwagen



6 Messprotokoll zum Stoßdämpfertest

Die Frequenz dieser _____ liegt zunächst über der _____ des Fahrwerks. Die _____ frequenz wird dann allmählich verringert, wobei ein Stift auf einer rotierenden Scheibe die Schwingungen des Fahrwerks aufzeichnet. Je mehr sich die Frequenz dieser _____ Schwingung der _____ des Fahrwerks nähert, desto _____ werden die Amplituden der Schwingung. Nun zeigt sich die Qualität des Dämpfers: Er ist umso wirksamer, je _____ die Amplitude bei _____ ist. Wenn der Erreger die Resonanzfrequenz unterschritten hat, nehmen die _____ wieder ab. Der Prüfer misst anschließend auf der Scheibe die _____ und vergleicht sie mit den Angaben des Fahrzeugherstellers.