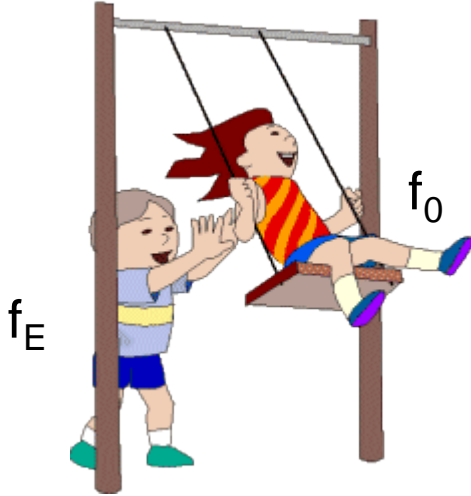


# Ungedämpfte mechanische Schwingungen



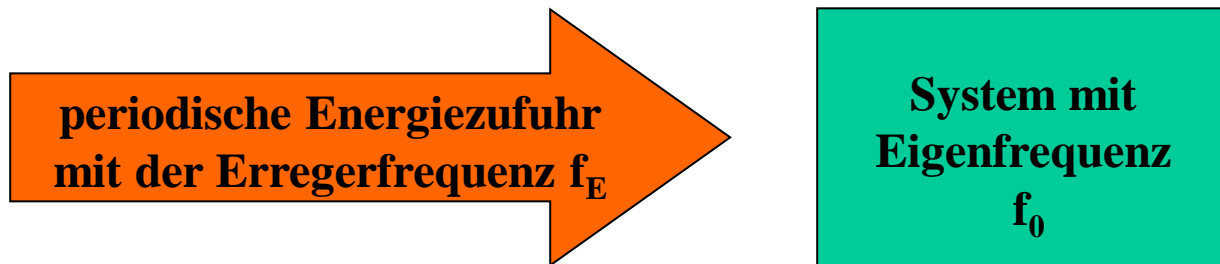
Um die Dämpfung einer Schwingung auszugleichen muss von außen Energie zugeführt werden.



z.B.:  
periodisches Anschubsen  
einer Schaukel

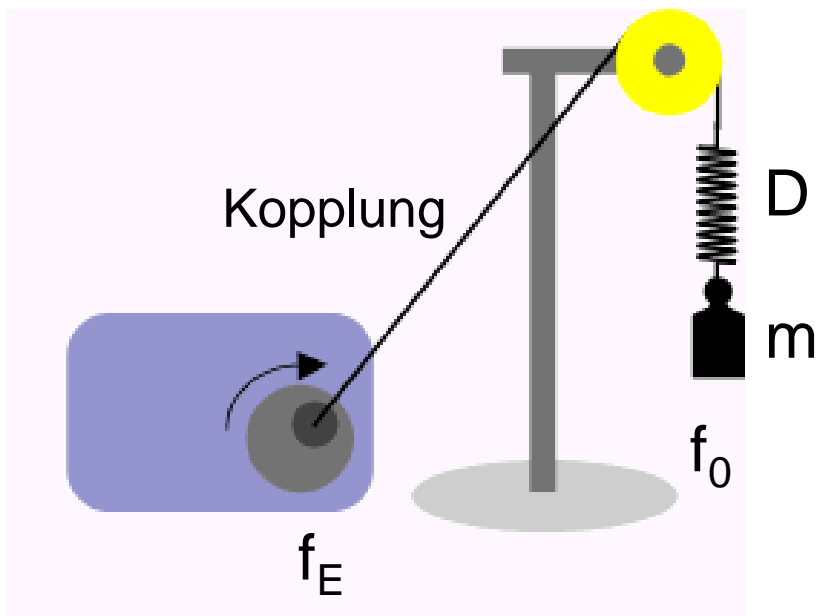
→ Erreger

Erreger und schwingendes System werden miteinander gekoppelt.



Führt man einem schwingungsfähigen System periodisch Energie zu, so spricht man von einer erzwungenen Schwingung.

## Erzeugung von erzwungenen Schwingungen:



Mittels eines Motors wird eine periodische Kreisbewegung erzeugt

→ Erregerfrequenz  $f_E$

Über ein Seil wird die Bewegung mit einer Feder gekoppelt

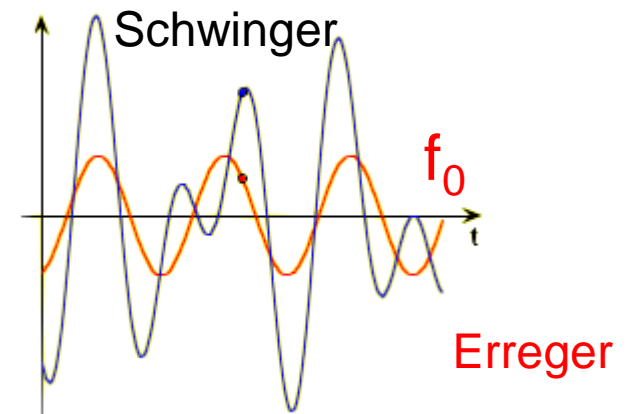
Feder ( $D$ ) und Massestück ( $m$ ) bilden den Schwinger

→ Eigenfrequenz  $f_0$

Die Drehbewegung des Motors führt zu einer erzwungenen Schwingung der Feder.

Sind Erregerfrequenz und Eigenfrequenz voneinander verschieden ( $f_E \neq f_0$ ) ist die erzwungene Schwingung sehr unregelmäßig.

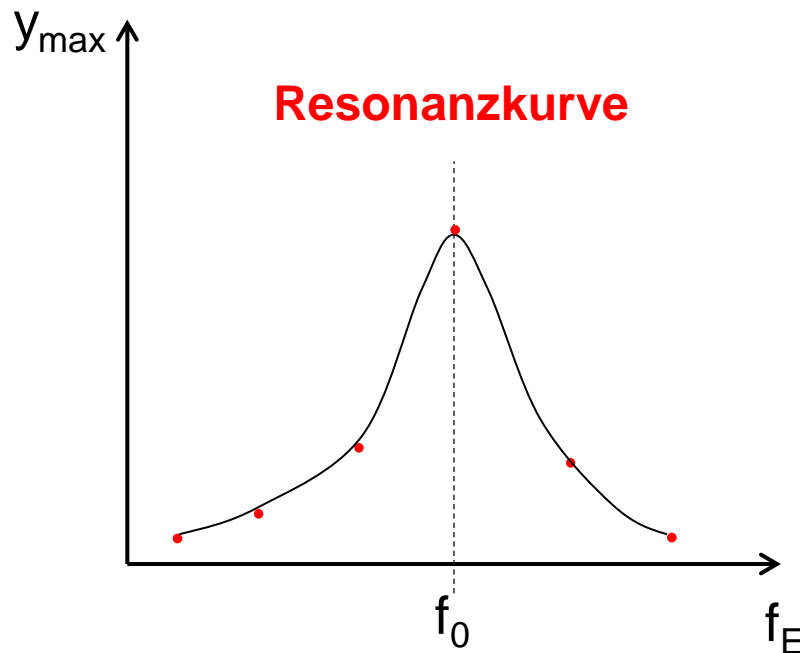
„schwankende Amplitude“



## Veränderung der Erregerfrequenz $f_E$ :

Die Amplitude  $y_{\max}$  einer erzwungenen Schwingung hängt von der Erregerfrequenz ab.

Nähert sich die Erregerfrequenz  $f_E$  der Eigenfrequenz  $f_0$ , so nimmt die Amplitude zu.



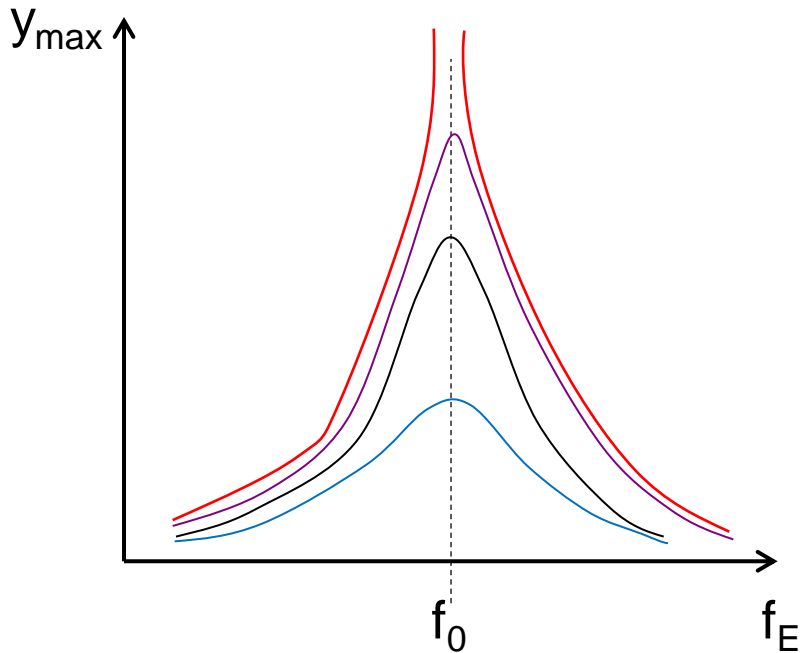
Stimmen Erregerfrequenz und Eigenfrequenz überein, dann ist die Amplitude am größten.

Mann spricht von **Resonanz**.

$$f_E = f_0 \iff \text{Resonanz}$$

Die maximale Amplitude wird durch die Dämpfung bestimmt.

## Einfluss der Dämpfung:



mittlere Dämpfung

starke Dämpfung

schwache Dämpfung

Resonanzkatastrophe

**Tacoma Bridge**  
Washington – USA (1940)

Ist die Erregerenergie zu groß bzw. die Dämpfung zu gering kann es zur **Resonanzkatastrophe** kommen.

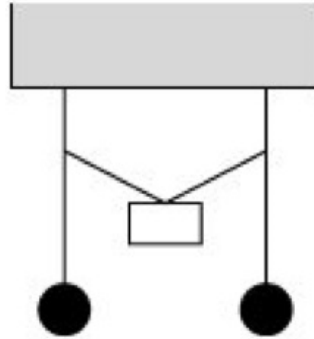
Das schwingende System kann zerstört werden.



# Energieübertragung bei erzwungenen Schwingungen:

„gekoppelte Pendel“

Pendel mit variabler  
Pendellänge  
(Erregerfrequenz  $f_E$ )



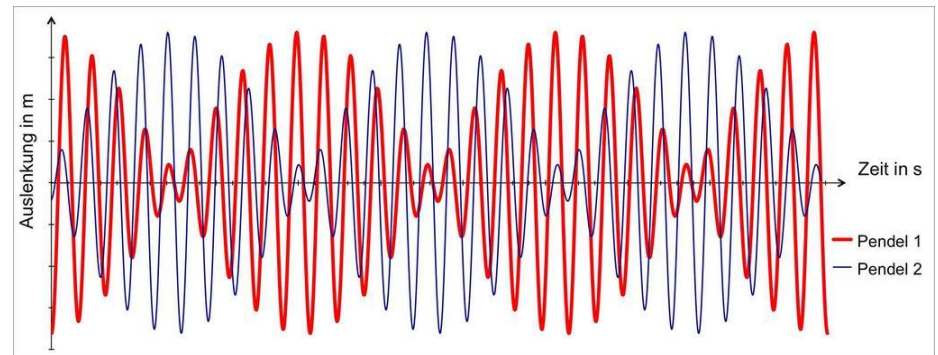
schwingendes Pendel  
mit  $l = \text{konstant}$   
(Eigenfrequenz  $f_0$ )

Beobachtung:

Zwischen Erreger und Schwinger wird nach und nach Energie übertragen.

Im Resonanzfall (gleiche Pendellängen) wird die gesamte (maximale) Energie übertragen.

Erregerschwingung und  
Eigenschwingung sind  
zeitlich um  $T/4$  versetzt.



# Resonanzbeispiele:



schwingende  
Gläser



Resonanzböden



Frequenzmessung



Selbsterregung  
in  
mechanischen  
Uhren

## Anwendung und Nachteile der Resonanz:

Anwendung der Resonanz	nachteilige Wirkungen der Resonanz
<ul style="list-style-type: none"><li>- Resonanzböden von Musikinstrumenten</li><li>- Stimmen von Instrumenten</li><li>- Anschieben von Kfz. (Winter)</li><li>- Antrieb mechanischer Uhren</li><li>- Frequenzmessungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dröhnen von Karosserien</li><li>- Zerstörung rotierender Maschinenteile</li><li>- Plärren von Lautsprechern</li><li>- Zerstörung von Brücken</li></ul>

*Durch periodisches Zuführen kleiner Energiebeträge können große Wirkungen hervorgerufen werden ...*

### Vermeidung von Resonanzkatastrophen:

- starke Dämpfungen (Schwingungsdämpfer)
- Änderung der Eigenfrequenz (Konstruktion)

