

# Erzeugung ungedämpfter Schwingungen

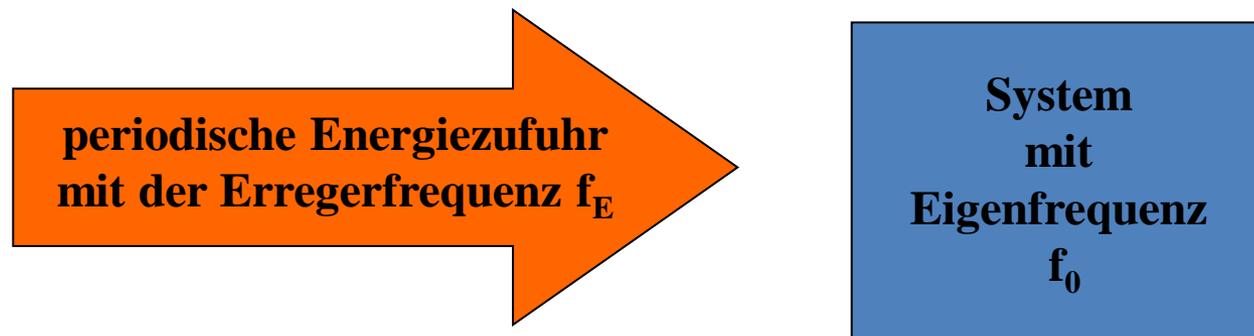


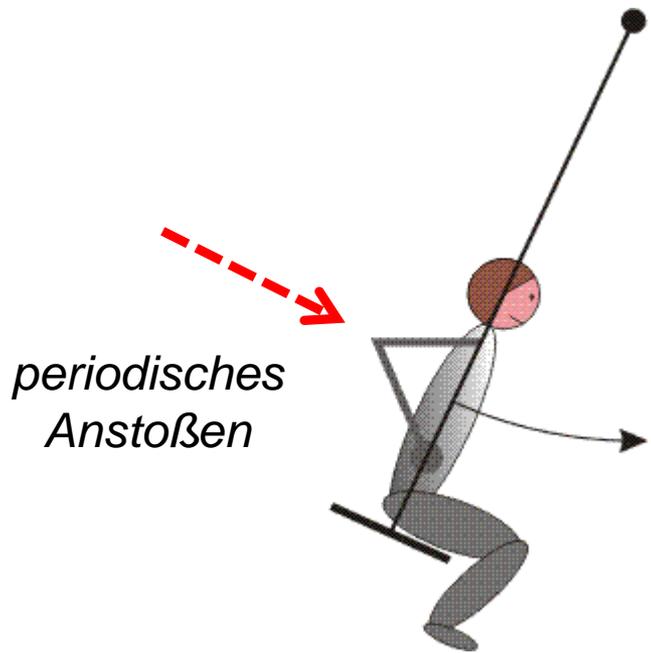
Jede freie Schwingung ist eine gedämpfte Schwingung.

Das System schwingt nach einmaliger Energiezufuhr mit seiner Eigenfrequenz  $f_0$ .

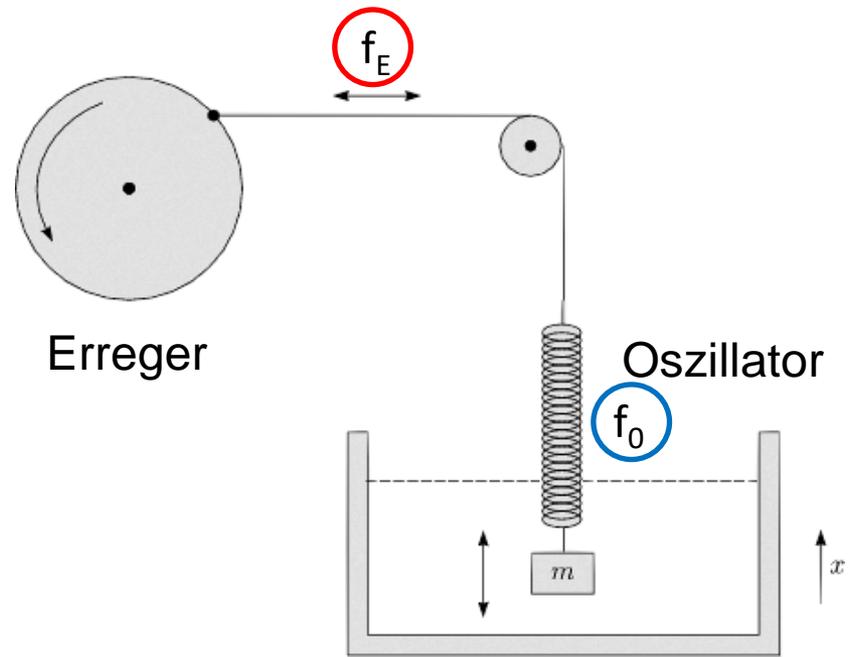
- ▶ Um die Dämpfung einer Schwingung auszugleichen muss von außen Energie zugeführt werden.

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





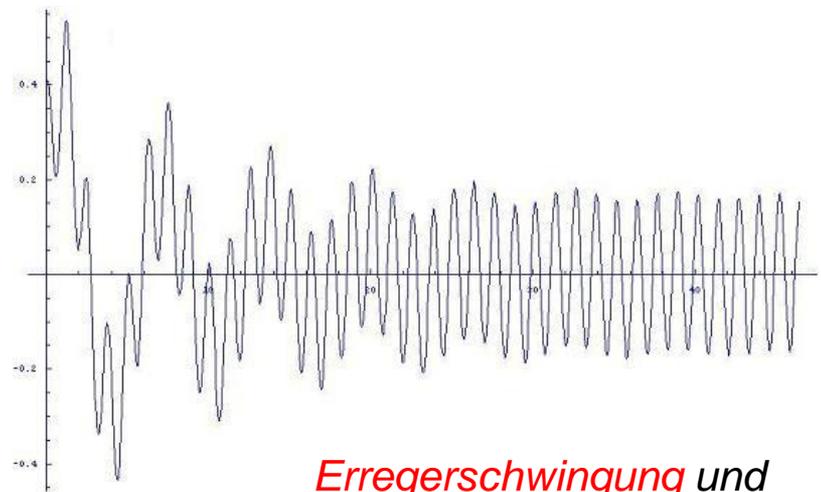
Schaukel als freie (gedämpfte) Schwingung



Erreger und schwingendes System werden miteinander gekoppelt.

Das System schwingt nun mit der Erregerfrequenz  $f_E$ .

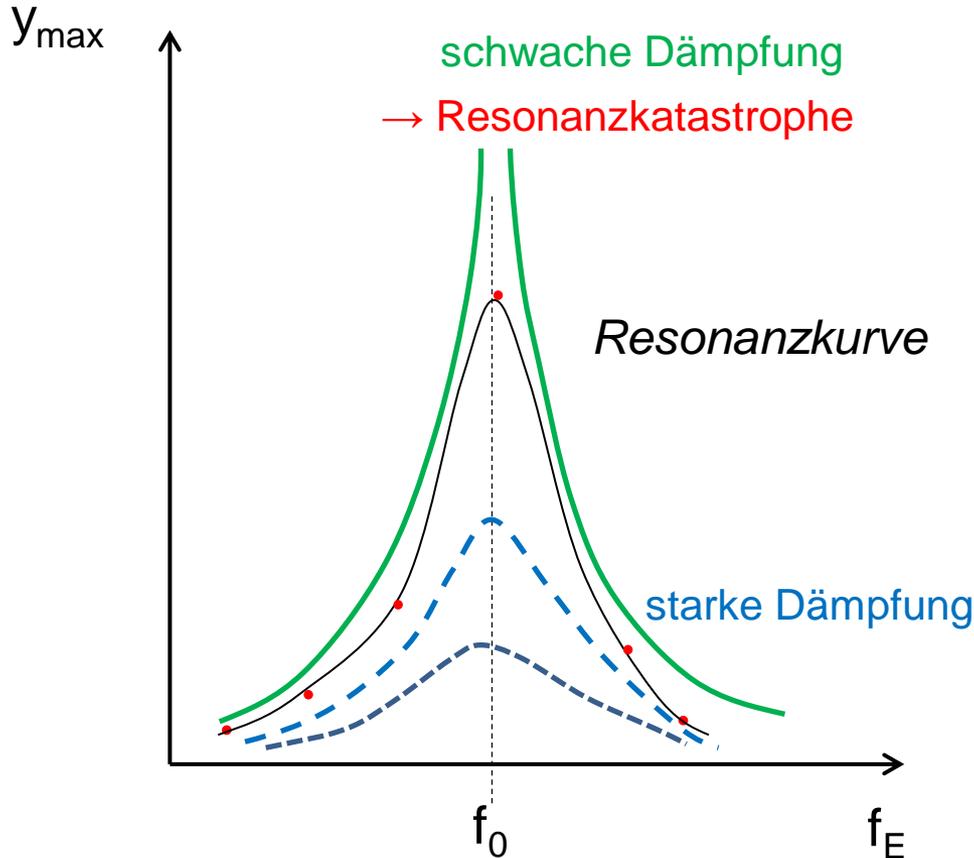
Stimmen Erregerfrequenz  $f_E$  und Eigenfrequenz  $f_0$  des Systems nicht überein, so entsteht i.a. eine unregelmäßige, nichtharmonische Schwingung.



*Erregerschwingung* und *Eigenschwingung* überlagern sich

# Amplitude einer erzwungenen Schwingung:

( $f_0 = \text{konstant}$  ;  $f_E = \text{veränderlich}$ )



*Sind Eigen- und Erregerfrequenz verschieden, so ergeben sich kleine Amplituden.*

*Nähert sich die Erregerfrequenz der Eigenfrequenz, so steigt die Amplitude an.*

*Stimmen Erreger- und Eigenfrequenz überein, so ergibt sich die maximale Amplitude.*

$$f_E = f_0$$

**Resonanz**

Der Verlauf der Resonanzkurve wird durch die Dämpfung beeinflusst.

Bei starker Dämpfung verschiebt sich das Amplitudenmaximum zu kleineren Frequenzen.

# Tacoma Bridge

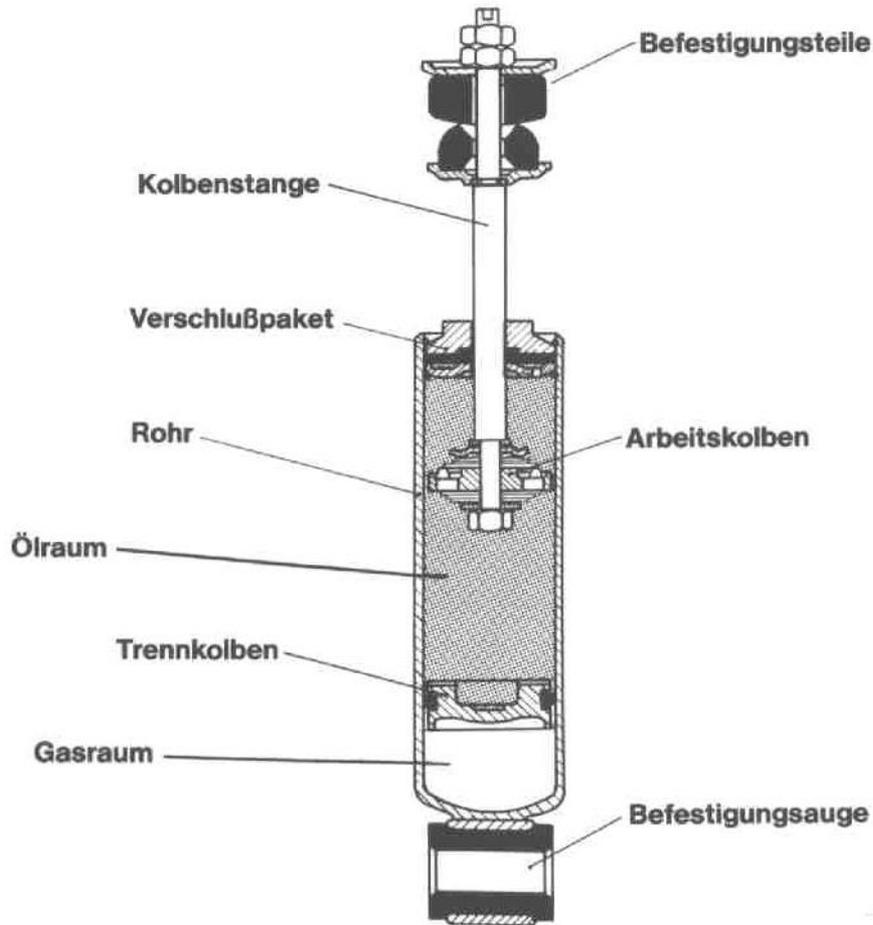
1940

Washington - USA

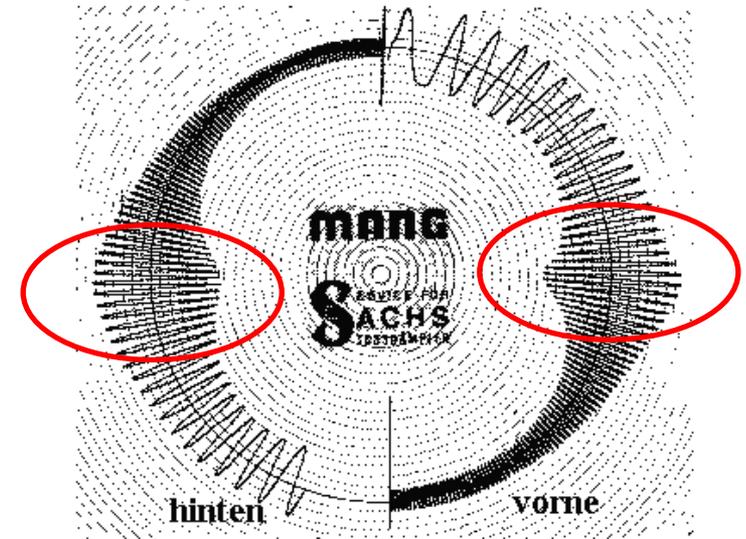


Zerstörung in folge von  
Resonanzschwingungen

# Stoßdämpfer:

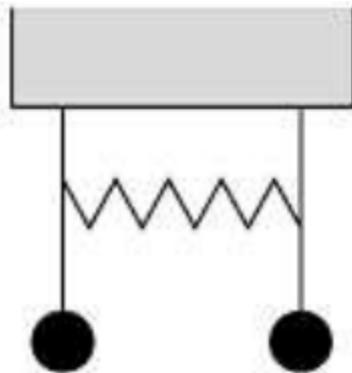
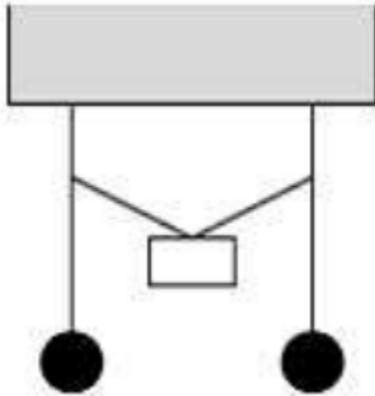


## Messprotokoll:

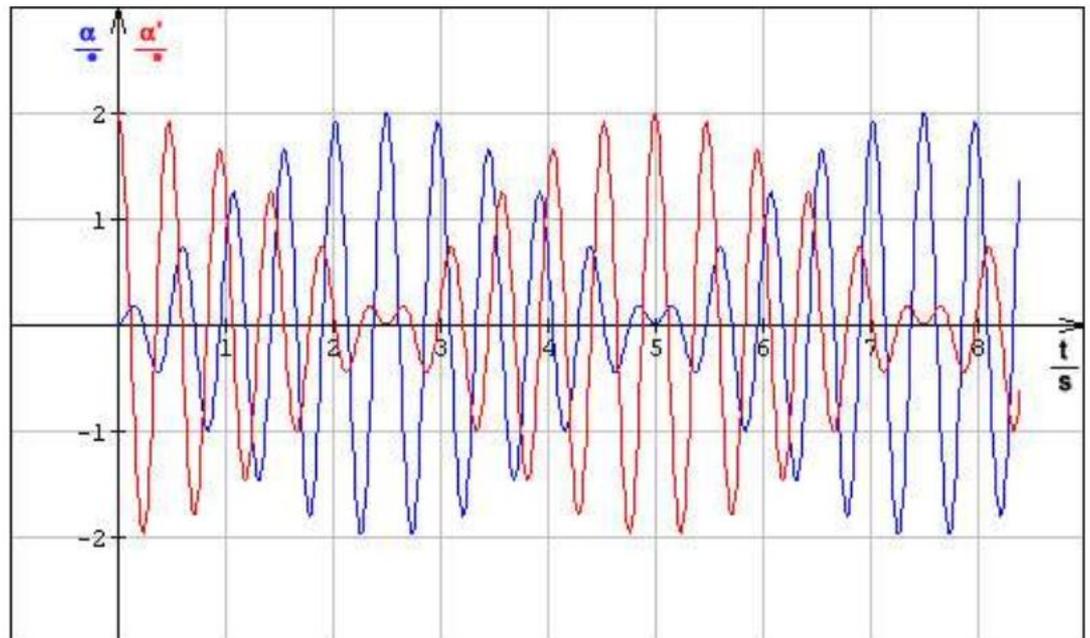


Defekte Stoßdämpfer beeinträchtigen die Verkehrssicherheit.

# gekoppelte Pendel:



Amplituden von **Erreger** und **Schwinger**  
im Resonanzfall:



# Merkmale einer erzwungenen (ungedämpften) Schwingung:

## (1) Amplitudenbedingung

Um eine ungedämpfte Schwingung zu erzeugen muss periodisch Energie  $\Delta E$  zugeführt werden.

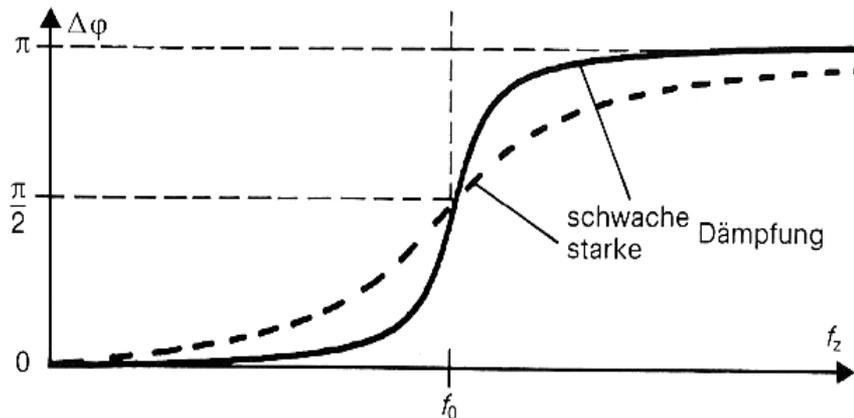
- *Die zugeführte Energie muss die Energieverluste ausgleichen.*
- *Für eine erzwungene harmonische Schwingung müssen Erreger- und Eigenfrequenz übereinstimmen.*
- *Im Resonanzfall wird die maximale Energie vom Erreger zum Schwinger übertragen*
- *Schwache Dämpfung bzw. zu hohe Energiezufuhr können zur Zerstörung (Resonanzkatastrophe) des schwingenden Systems führen.*

## (2) Phasenbedingung

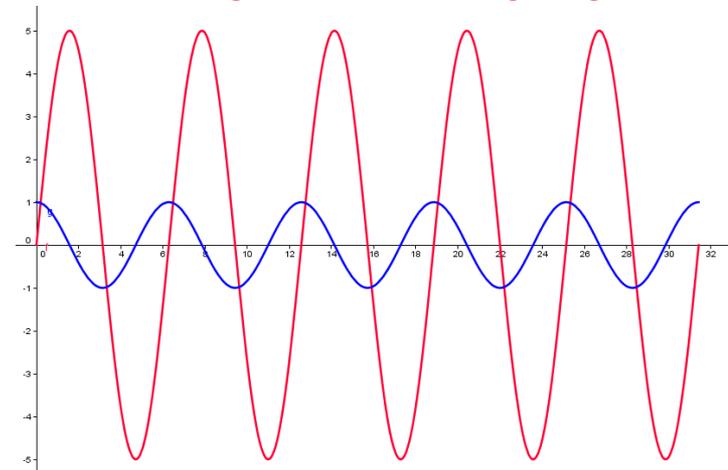


Die Energiezufuhr an ein schwingendes System muss zum „richtigen Zeitpunkt“ erfolgen.

Phasendiagramm:

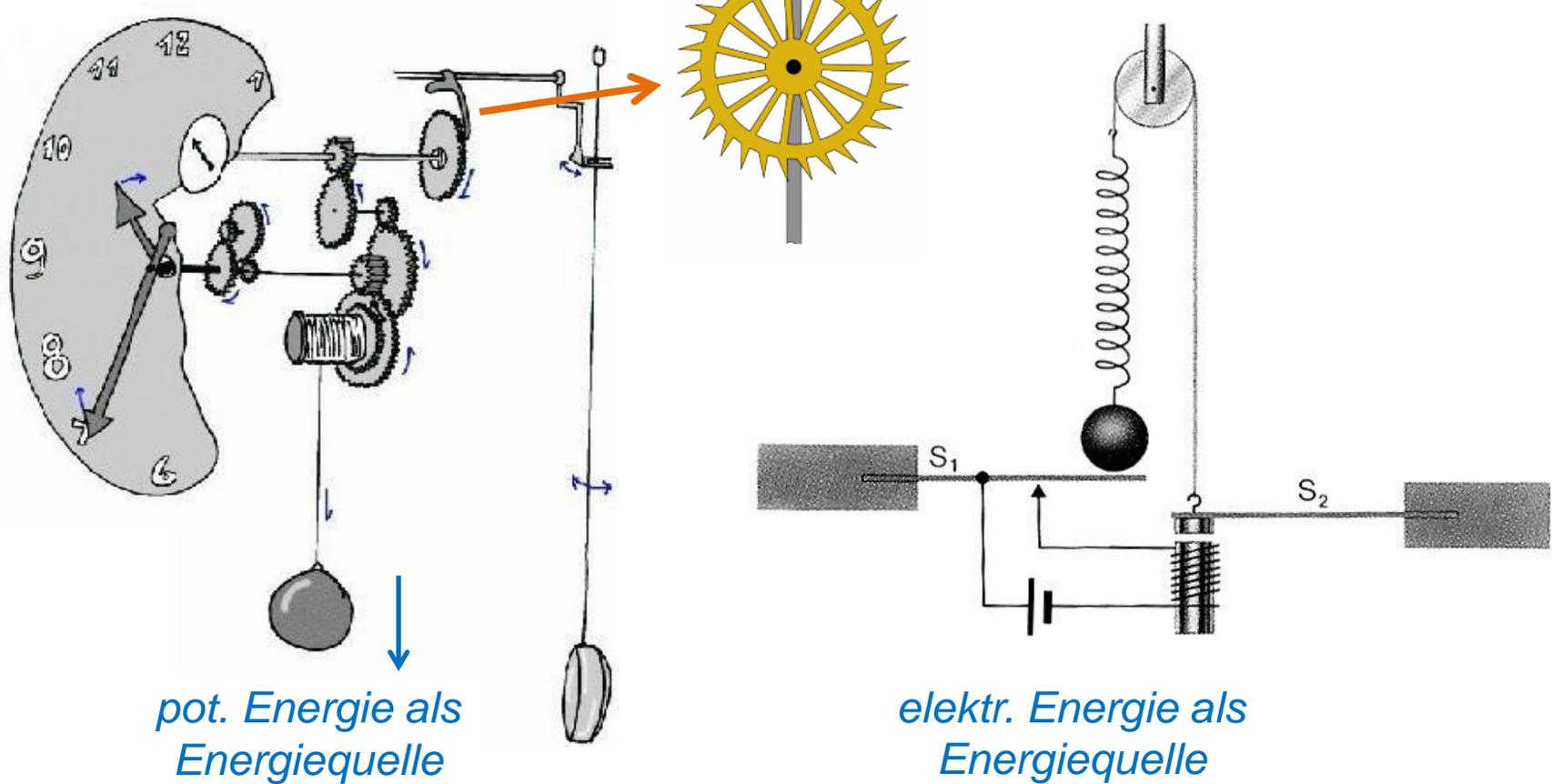


Erregerschwingung  
erzwungene Schwingung



Im Resonanzfall sind Erreger- und Eigenfrequenz um  $\pi/2$  ( $=T/4$ ) zueinander phasenverschoben.

## Selbsterregung:

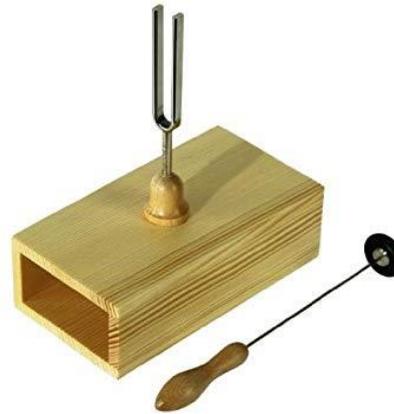


Mittels **Rückkopplung** wird durch die Eigenfrequenz eines Systems die periodische Energiezufuhr (Amplitudenbedingung/Phasenbedingung) gesteuert.

## Akustik:

Mechanische Schwingungen bilden die Grundlagen für Musik.

► akustische Schwingungen

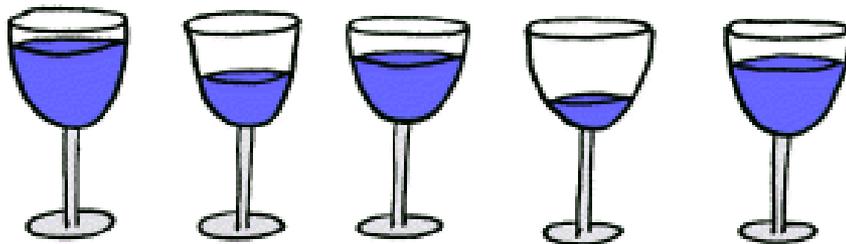
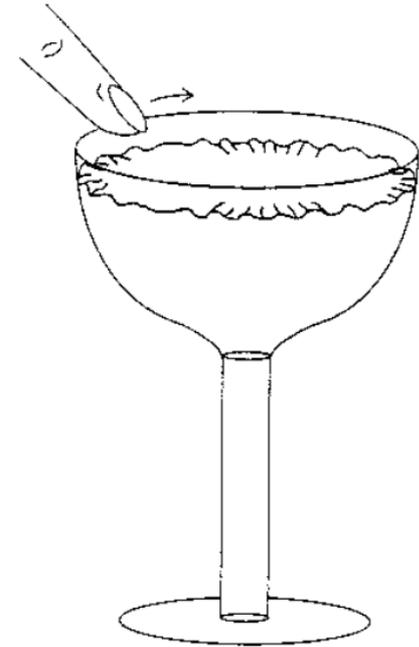


Mit Hilfe von **Resonanzkörpern** werden Töne verstärkt und lauter wahrgenommen.

Die Größe von Lautsprechern ist i.R. der abgestrahlten Frequenz angepasst.

große Lautsprecher – tiefe Töne  
kleine Lautsprecher – hohe Töne

... es klingen die Gläser ...



In Abhängigkeit von Form und Füllmenge eines Glases ergeben sich unterschiedliche Eigenfrequenzen.

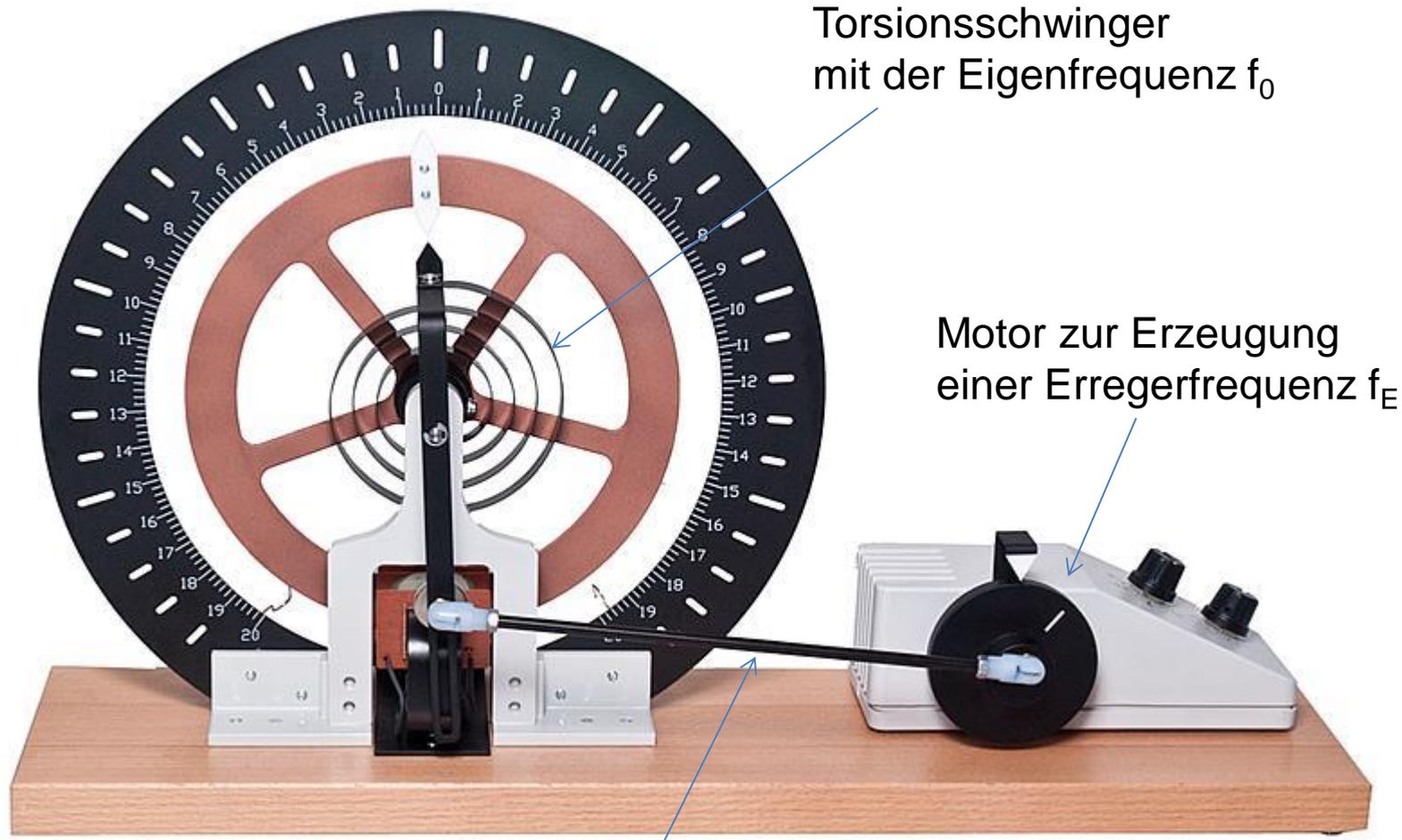
## Anwendung und Nachteile der Resonanz:

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



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

# Untersuchung einer erzwungenen Schwingung:

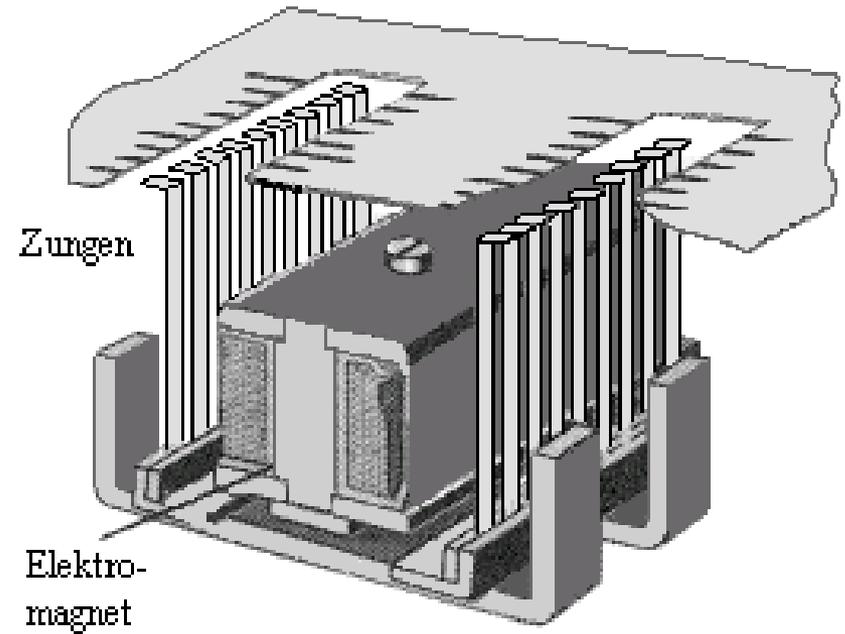


Torsionsschwinger  
mit der Eigenfrequenz  $f_0$

Motor zur Erzeugung  
einer Erregerfrequenz  $f_E$

Energiezufuhr durch mechanische Kopplung beider Systeme

# Zungenfrequenzmesser:



Erreger:

Wechselstrom

Kopplung:

Magnetfeld

Schwinger:

Metallzunge