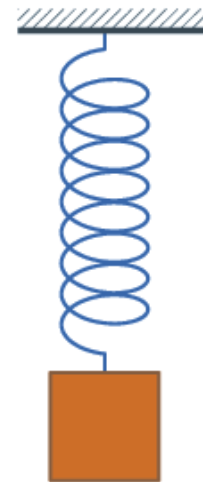
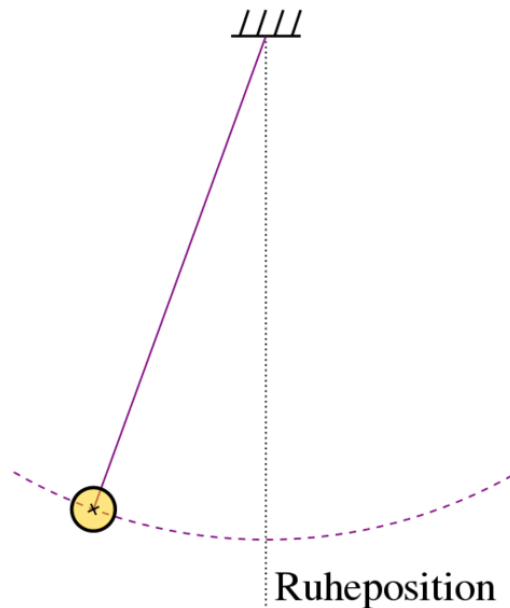


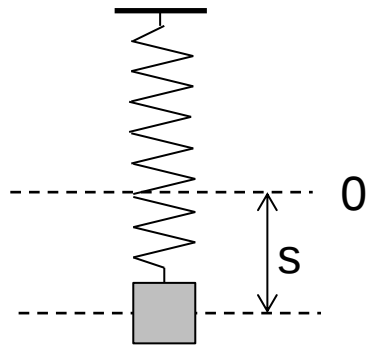
Energiebilanz

harmonischer Schwingungen

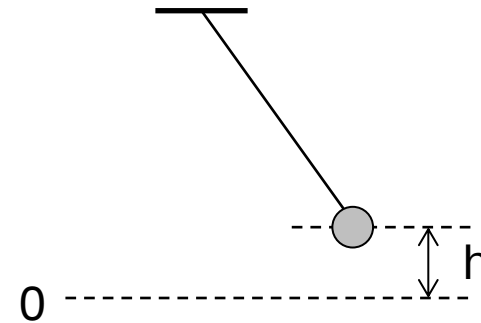


Zur Erzeugung einer Schwingung muss das System aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt werden, dem Schwinger wird **Energie** zugeführt.

Federschwinger

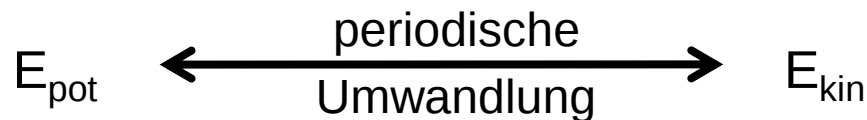


Fadenpendel



Bei der Auslenkung aus der Gleichgewichtslage besitzt der schwingende Körper potenzielle Energie.

Während der Bewegung wird periodisch potenzielle in kinetische Energie umgewandelt.



Ohne äußeren Einfluss auf das System führt der Schwinger eine freie Schwingung mit einer Periodendauer T aus.

Energieverteilung (harmonischer Schwinger):

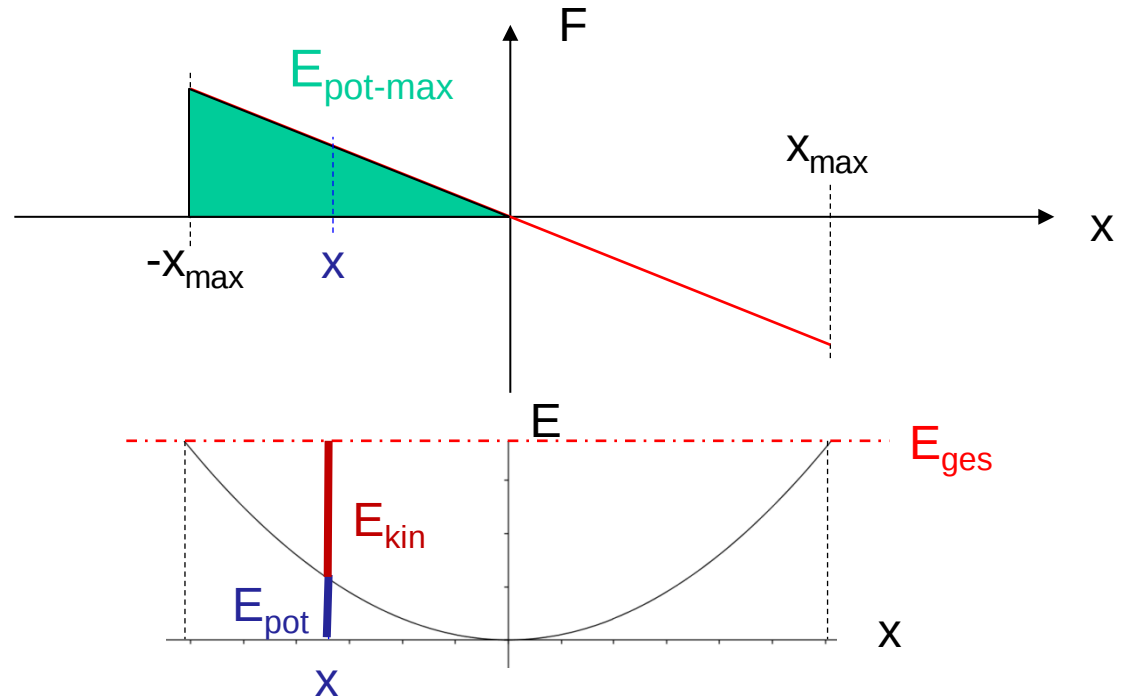
lineares Kraftgesetz:

$$F = -D \cdot x$$

„Die Fläche unter dem Graphen beschreibt die potenzielle Energie E_{pot} des Schwingers“

$$E_{pot}(x) = \frac{1}{2} \cdot F(x) \cdot x$$

$$E_{pot}(x) = \frac{1}{2} \cdot D \cdot x^2$$



Energiebilanz: $E_{ges} = E_{pot} + E_{kin}$

$$E_{ges} = \frac{1}{2} D[x(t)]^2 + \frac{1}{2} m[v(t)]^2$$

- Die potenzielle Energie eines schwingenden Körpers wird auch als **Elongationsenergie** bezeichnet.

*zeitlicher Verlauf der Energieverteilung:

$$E_{ges} = \frac{1}{2} D x(t)^2 + \frac{1}{2} m v(t)^2$$

$$x(t) = x_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$v_{max} = x_{max} \cdot \omega$$

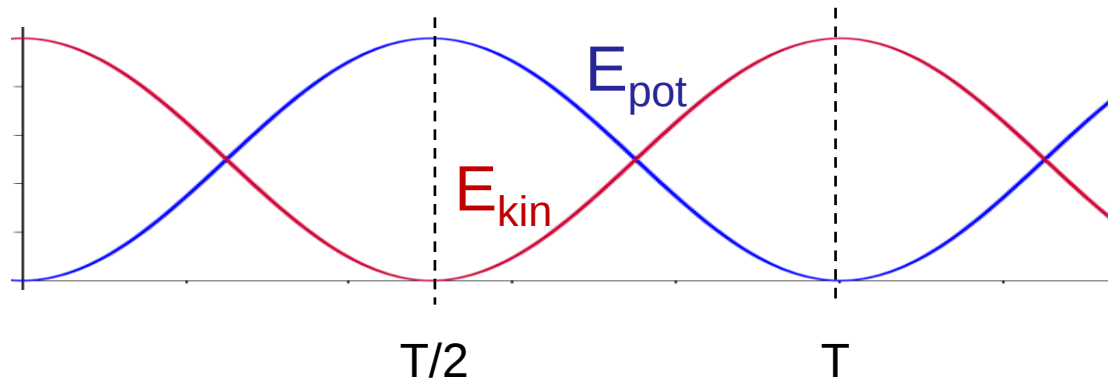
$$v(t) = v_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$D = m \cdot \omega^2$$

$$E_{ges} = \frac{1}{2} D x_{max}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t) + \frac{1}{2} D x_{max}^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t)$$

$$E_{ges} = \frac{1}{2} D x_{max}^2 \cdot [\sin^2(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t)] = \text{konstant}$$

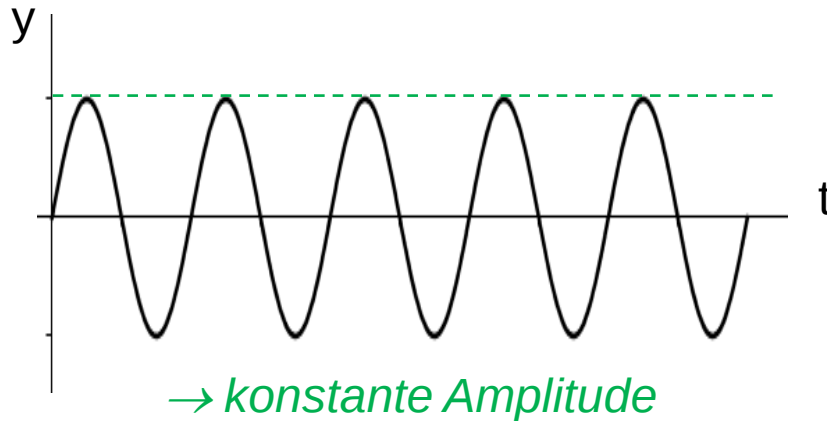
→ grafische Darstellung:



Ohne Energieverluste bleibt die Amplitude der Schwingung konstant.

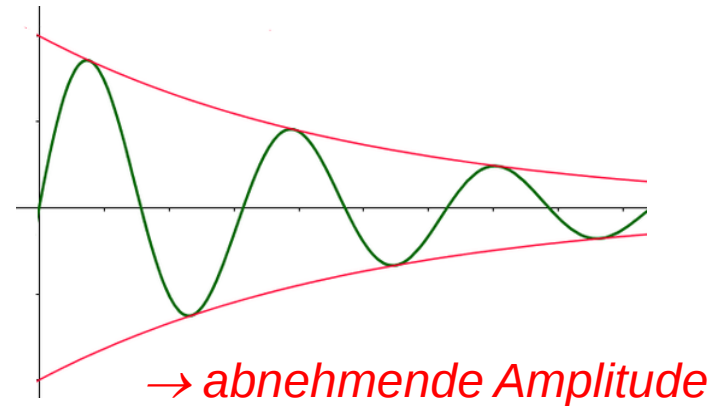
Es entsteht eine ungedämpfte (harmonische) Schwingung.

ungedämpfte Schwingung:



„Idealfall“

gedämpfte Schwingung:



„Realfall“

Nach einmaliger Anregung nimmt die Amplitude einer freien Schwingung durch äußere Einflüsse (Reibung, Luftwiderstand, Verformung, ...) mit der Zeit ab.

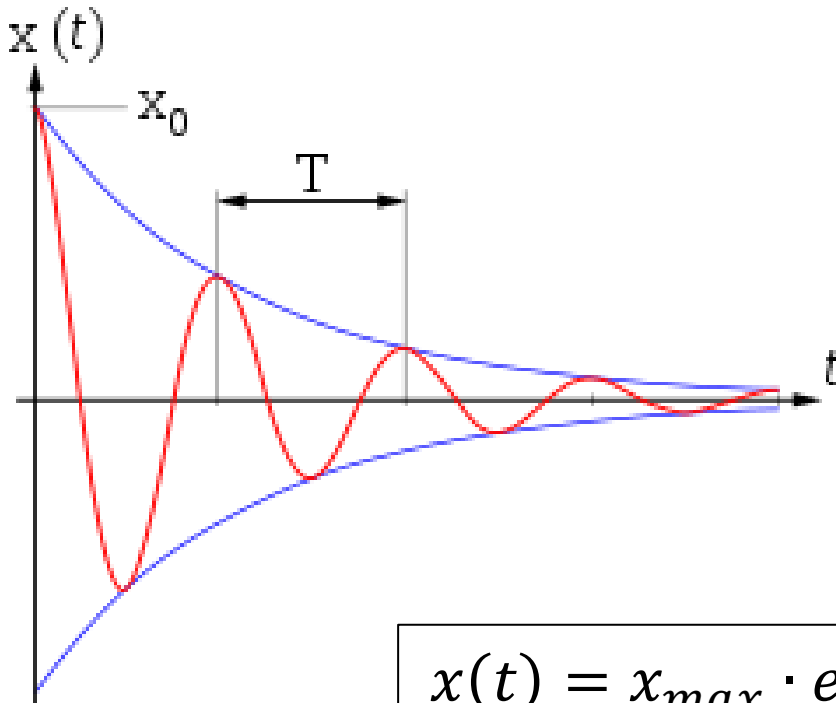
► Die Schwingung ist **gedämpft**.

Ein Teil der (mechanischen) Schwingungsenergie wird dabei in thermische Energie umgewandelt.

$$E_{mech} \rightarrow E_{th}$$

► Jede freie Schwingung ist gedämpft.

Beschreibung gedämpfter Schwingungen:



Die Amplitude nimmt
(meist) **exponentiell** ab.

Die Periodendauer T einer
gedämpften Schwingung
ändert sich (fast) nicht.

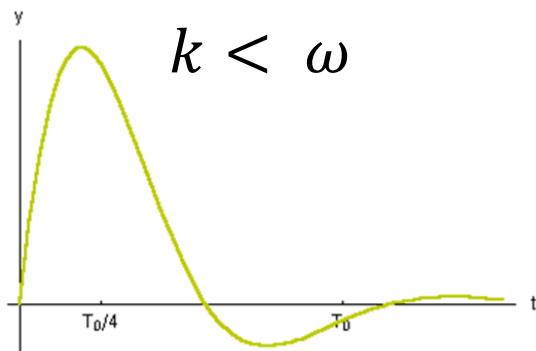
$$x(t) = x_{max} \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

δ ... Abklingkoeffizient

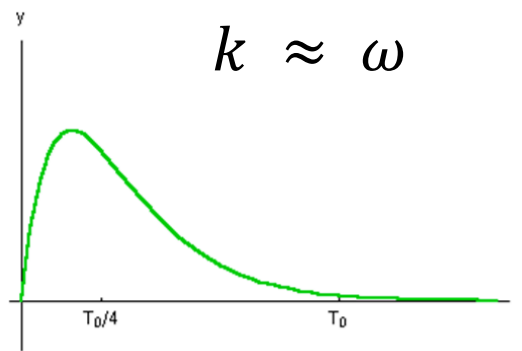
$x(t) = x_{max} \cdot e^{-\delta \cdot t}$
(Amplitudenfunktion)

Unterscheidung gedämpfter Schwingungen:

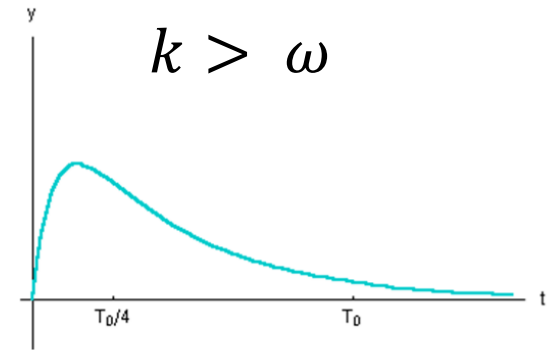
schwache Dämpfung mittlere Dämpfung starke Dämpfung



Schwingfall



aperiodischer
Grenzfall



Kriechfall