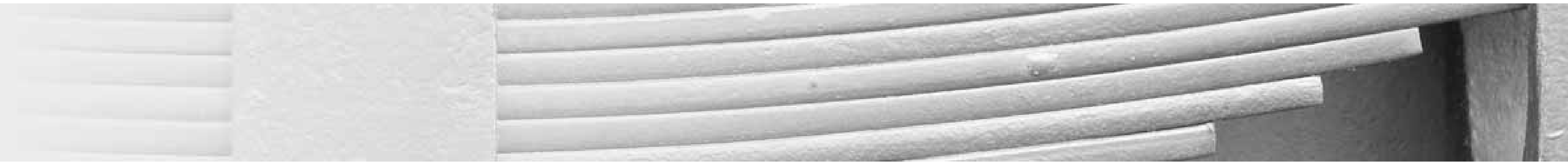


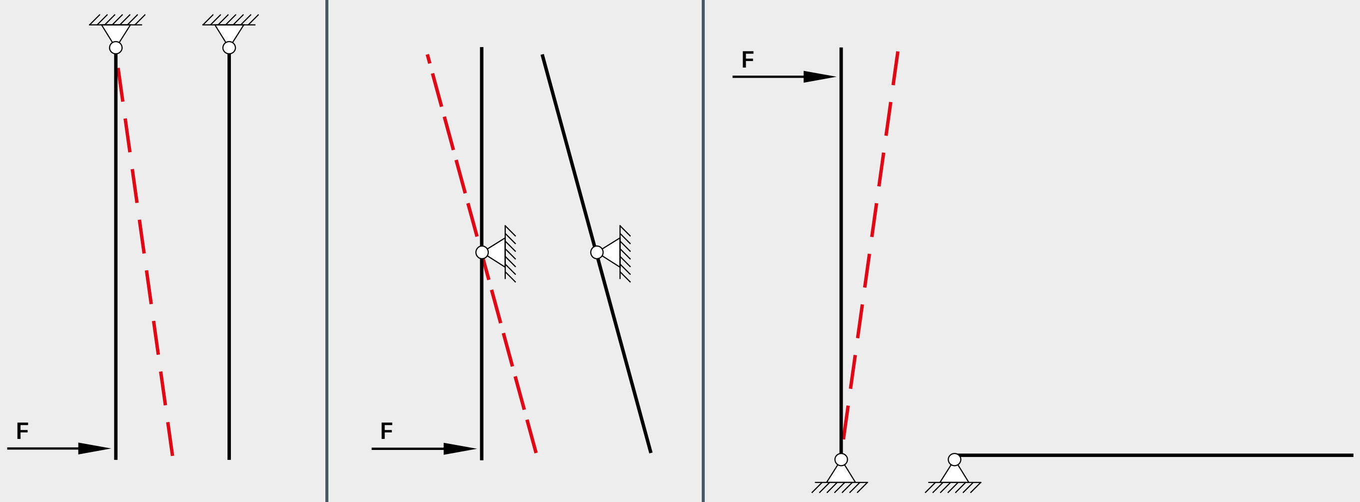
Basiswissen

Stabilitätsproblem Knickung

Werden schlanke und lange Bauteile wie z. B. Stäbe, Balken, Stützen etc. durch eine Kraft längs zur Stabachse unter Druckspannung gesetzt, können diese in indifferente oder instabile Gleichgewichtslagen geraten. Ist die Kraft **F** kleiner als die kritische Kraft $\mathbf{F_K}$, auch Knickkraft genannt, befindet sich das Bauteil in einer stabilen Gleichgewichtslage und es liegt ein Festigkeitsproblem vor. Erreicht die Kraft **F** die Knickkraft $\mathbf{F_K}$ des Stabs, kommt es plötzlich zum seitlichen Ausweichen (Knicken) des Stabs. Die Bauteile verlieren somit ihre Funktionsfähigkeit. Das Ausknicken ist meistens ein sehr plötzlicher und schlagartiger Vorgang, der große Verformungen hervorruft.

Unterschiedliche Gleichgewichtslagen

Stabile Gleichgewichtslage | **Indifferente Gleichgewichtslage** | **Instabile Gleichgewichtslage**



Stabile Gleichgewichtslage: Stab kehrt nach Ende der Belastung in seine Ausgangslage zurück.

Indifferente Gleichgewichtslage: Stab bleibt nach Ende der Belastung in der neuen Lage.

Instabile Gleichgewichtslage: Stab kehrt nach Ende der Belastung nicht in die Ausgangslage zurück und verbleibt nicht in der Lage, die er während der Belastung annimmt. Der Stab fällt um.

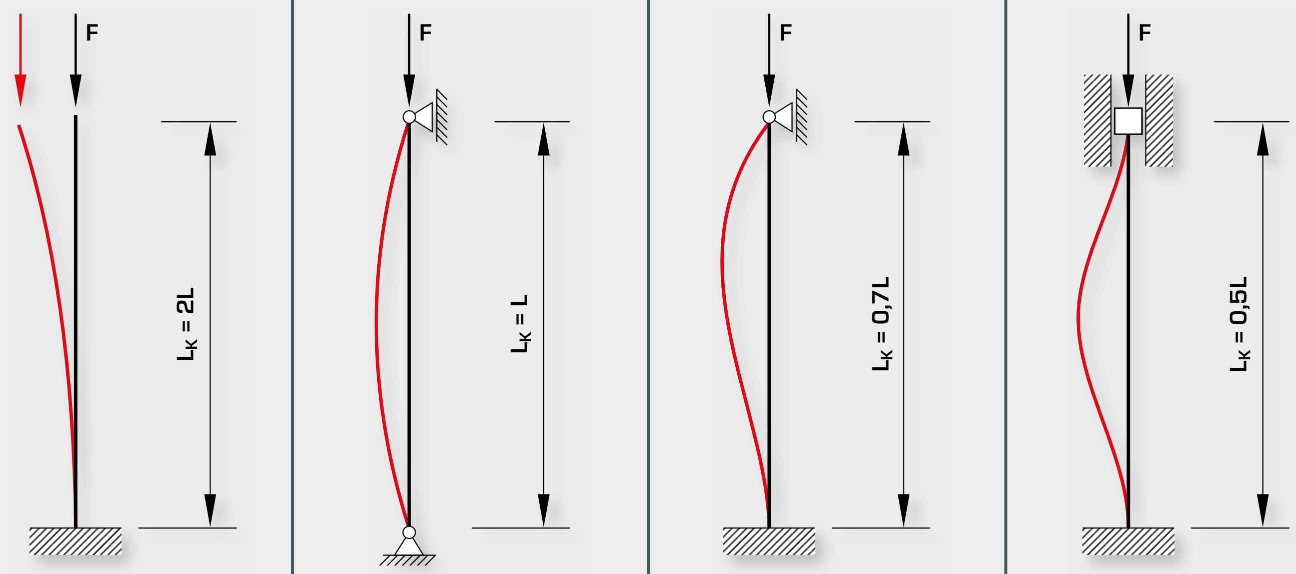
F Kraft

Stabilität bei Stäben

Ein typisches Stabilitätsproblem stellen auf Druck belastete Stäbe dar. Hierbei wird untersucht, wann ein gerader Stab versagt. Die kritische Knickkraft $\mathbf{F_K}$ beschreibt die kleinste mögliche Druckkraft, bei welcher der Stab knickt. Die kritische Knickspannung $\boldsymbol{\sigma_K}$ ist die Spannung, die bei der kritischen Knickkraft $\mathbf{F_K}$ entsteht. Die Knickkraft bei druckbelasteten Stäben hängt von den Lagerbedingungen, der Biegesteifigkeit und der Geometrie sowie der Querschnittsform des Stabes ab. Als Basis für die Untersuchung der Knickstabilität von Stäben mit konstanter Biegesteifigkeit gelten die vier Euler'schen Knickfälle.

Euler'sche Knickfälle

Der Mathematiker und Physiker Leonhard Euler hat vier typische Knickfälle definiert, um die Knickkraft zu berechnen. Für jeden dieser Fälle gibt es einen Knicklängenbeiwert **β**, mit dem die Knicklänge $\mathbf{L_K}$ ermittelt wird.



Fall 1:
Ein Stabende eingespannt, ein Stabende frei

Knicklängenbeiwert **β = 2**
Knicklänge $\mathbf{L_K = L \cdot \beta}$

Fall 2:
Beide Stabenden gelenkig gelagert

Knicklängenbeiwert **β = 1**
Knicklänge $\mathbf{L_K = L \cdot \beta}$

Fall 3:
Ein Stabende eingespannt, ein Stabende gelenkig gelagert

Knicklängenbeiwert **β ≈ 0,7**
Knicklänge $\mathbf{L_K = L \cdot \beta}$

Fall 4:
Beide Stabenden eingespannt

Knicklängenbeiwert **β ≈ 0,5**
Knicklänge $\mathbf{L_K = L \cdot \beta}$

F Kraft, **L** Stablänge, $\mathbf{L_K}$ Knicklänge, **β** Knicklängenbeiwert

Ermittlung der Knickkraft F_K

$$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{{L_K}^2}$$

$\mathbf{F_K}$ kritische Knickkraft, $\mathbf{L_K}$ Stablänge, **E** Elastizitätsmodul, **I** axiales Flächenträgheitsmoment des Querschnitts

Ermittlung der Knickspannung σ_K

Für die Bestimmung der Knickspannung werden der Schlankheitsgrad **λ** als Werkstoffparameter und der Flächenträgheitsradius **i** hinzugezogen.

$$\lambda = \frac{\beta \cdot L}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\sigma_K = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

$\boldsymbol{\sigma_K}$ Knickspannung, **E** Elastizitätsmodul, **λ** Schlankheitsgrad, **β** Knicklängenbeiwert, **L** Stablänge, **i** Flächenträgheitsradius, **A** Querschnittsfläche des Knickstabs, **I** Flächenträgheitsmoment