

Ebenes Stabwerk

Einführung

Prof. Dr.-Ing. Detlef Rothe

Das Excel-Programm **Ebenes Stabwerk_V2.4.xlsm** basiert auf der Theorie des **allgemeinen Weggrößenverfahren (WGV)**.

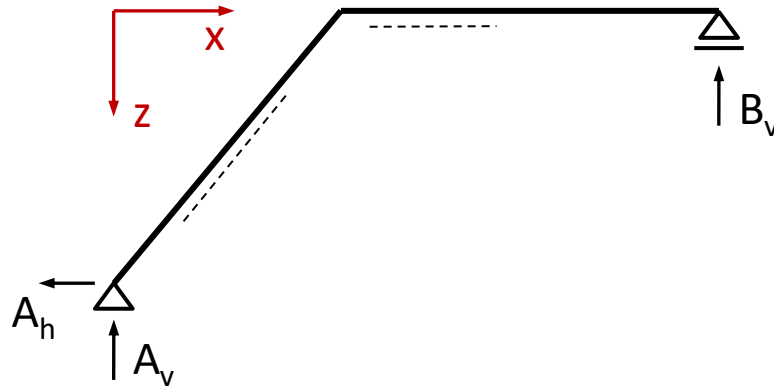
Dieses Verfahren ist besonders gut für die Programmierung geeignet und ist das Standardverfahren aller Programme.

Die Theorie wird im 5.Semester in Statik 2 und im Masterstudium in **Finite Element Methoden** behandelt.

Ein ebenes Tragwerk besteht aus einem oder mehreren Stäben, die durch sogenannte Knoten miteinander verbunden sind.

Knoten haben die Größe von Punkten, deren Lage durch x und z-Koordinaten bestimmt wird.

Biegestäbe sind im Allgemeinen biegesteif an die Knoten angeschlossen. Deshalb können sich die Knoten zusätzlich auch noch verdrehen.

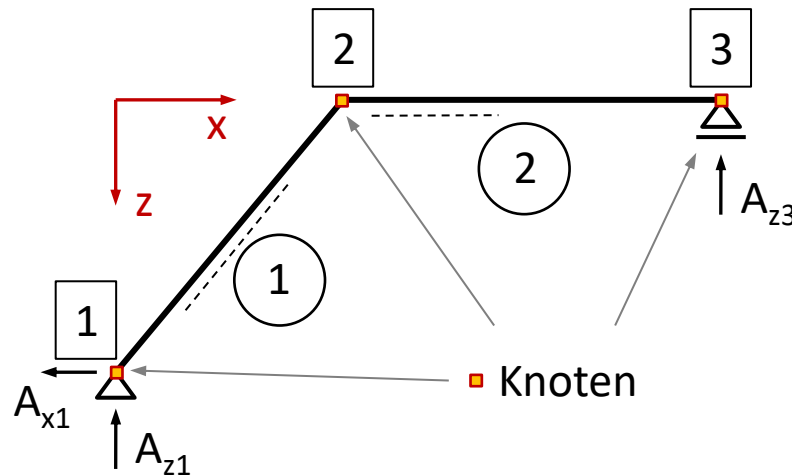


Bisher in TM 1

Ein ebenes Tragwerk besteht aus einem oder mehreren Stäben, die durch sogenannte Knoten miteinander verbunden sind.

Knoten haben die Größe von Punkten, deren Lage durch x und z-Koordinaten bestimmt wird.

Biegestäbe sind im Allgemeinen biegesteif an die Knoten angeschlossen. Deshalb können sich die Knoten zusätzlich auch noch verdrehen.



Jetzt im WGV

Grundgedanke des allgemeinen Weggrößenverfahrens

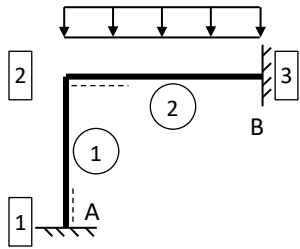
Das Tragwerk wird in eine endliche Anzahl von Stäben (Elemente) aufgeteilt.

Die Elemente werden dann durch Gleichgewichtsbedingungen an den Knoten verknüpft: $\sum H = 0$, $\sum V = 0$ und $\sum M = 0$

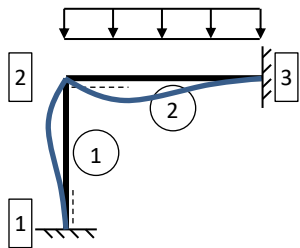
Die entstehenden Gleichungen enthalten unbekannte Verformungen.

Für das Verfahren werden Beziehungen zwischen den Stabendgrößen (Kräfte und Momente) und den Stabendverformungen (Verschiebungen und Verdrehungen) benötigt. (siehe Statik 2)

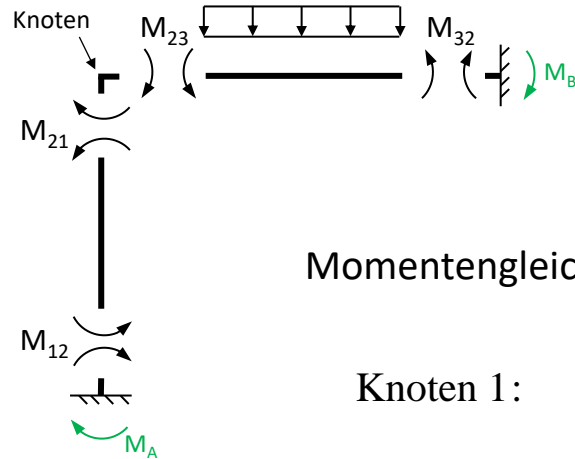
Grundprinzip des Weggrößenverfahrens



Verformtes System



Knoten 2 verdreht sich.



Freischneiden der Knoten, zur Vereinfachung sind nur die Momente dargestellt

Momentengleichgewichte an den Knoten

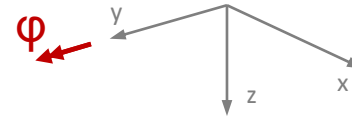
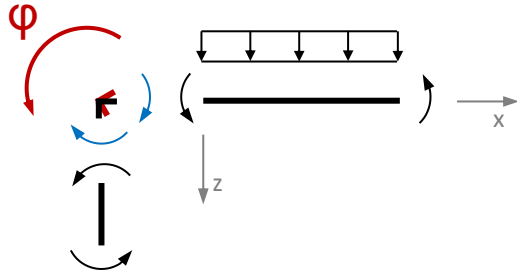
$$\text{Knoten 1: } \left(\sum M = 0 : M_{12} + M_A = 0 \right)$$

$$\text{Knoten 2: } \left(\sum M = 0 : M_{21} + M_{23} = 0 \right)$$

$$\text{Knoten 3: } \left(\sum M = 0 : M_{32} + M_B = 0 \right)$$

Gleichung 2 lässt sich lösen, wenn wir eine Beziehung zwischen den Stabendmomenten und den Verformungen (Verdrehung φ) haben. Danach können wir die beiden verbliebenen Gleichungen lösen.

Vorzeichendefinitionen



Rechte Daumenregel für φ

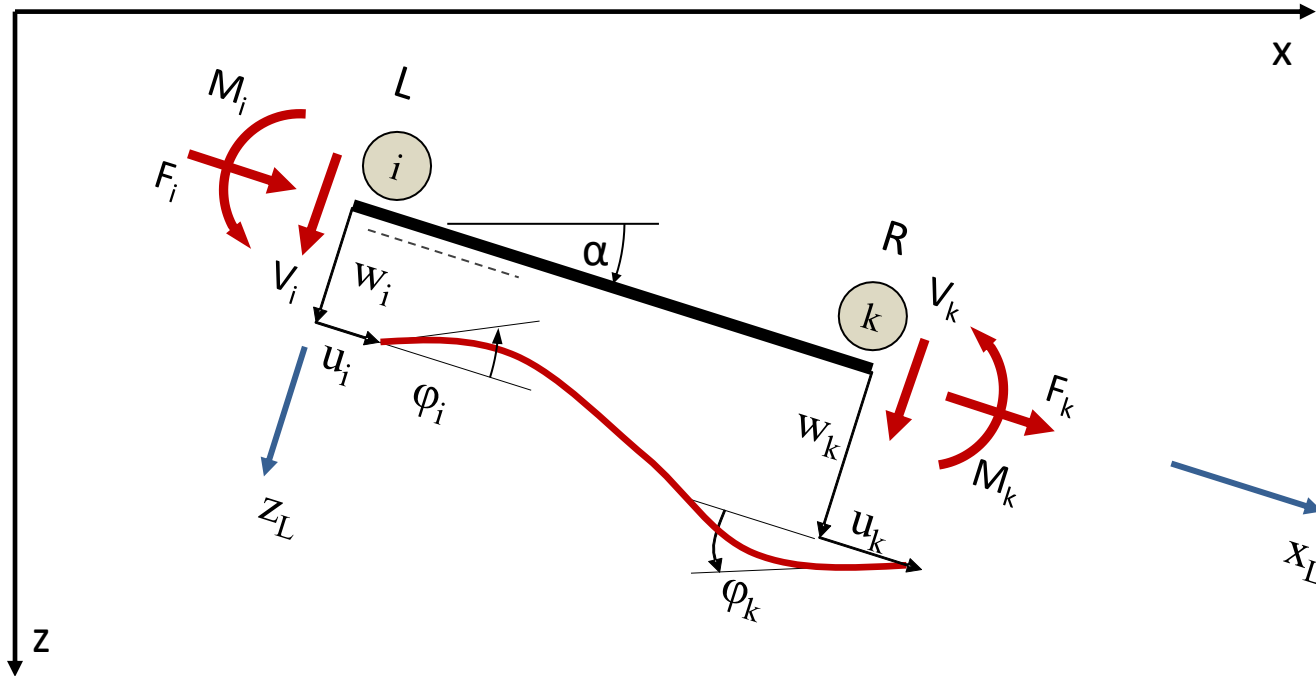


Wikipedia

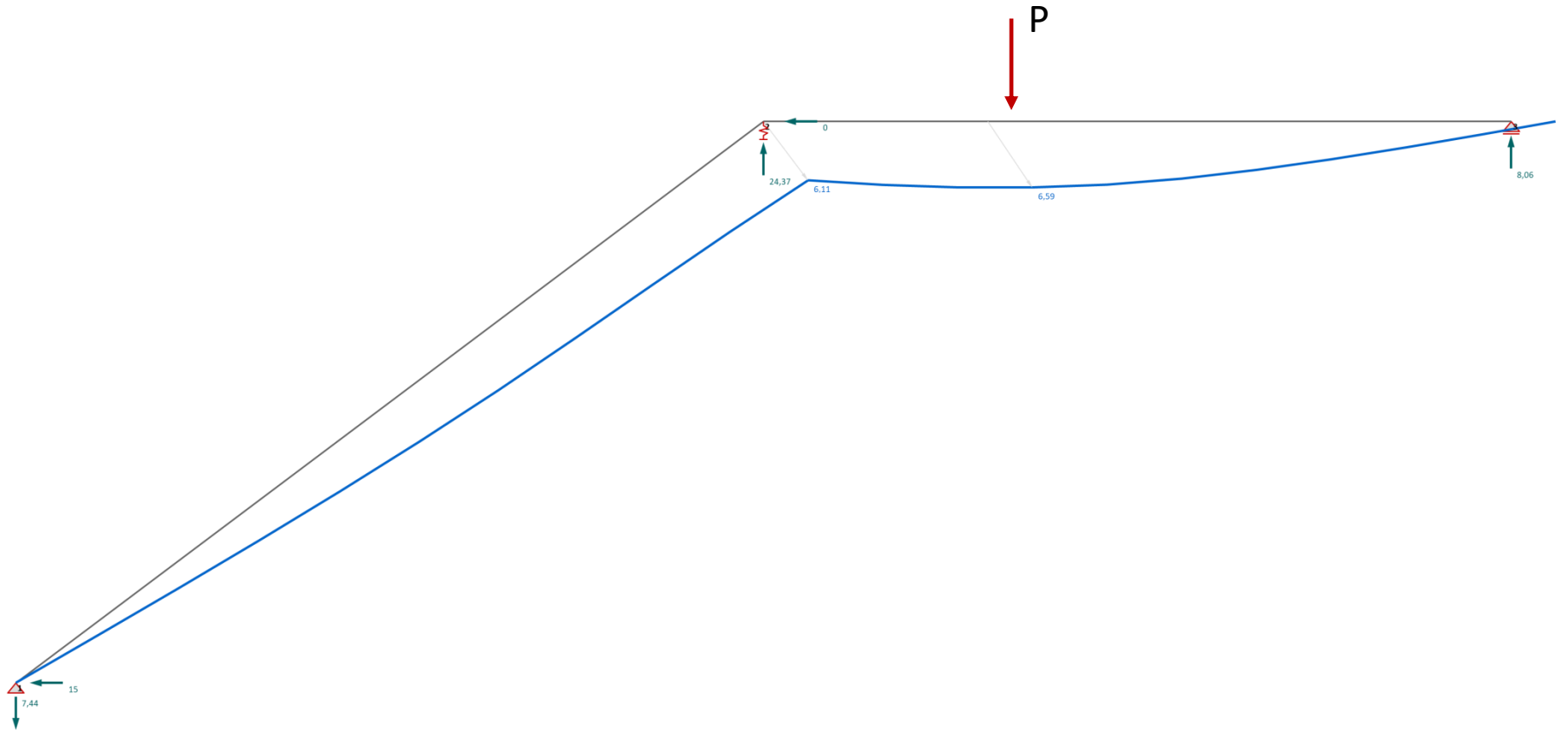
Stabendmomente positiv im Gegenuhrzeigersinn
Knotenmomente positiv im Uhrzeigersinn

Knotenverdrehung φ positiv im Gegenuhrzeigersinn

Drehung des Elementes um den Winkel α



Ein verformtes System



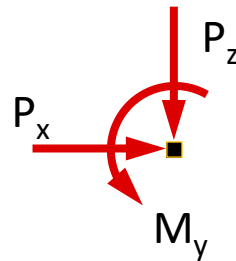
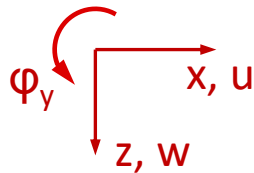
Arten von Lasten

- 1) Lasten, die direkt auf die Knoten wirken
- 2) Lasten, die auf die Stäbe wirken

Zu 1) Knotenlasten:

Vorzeichendefinition:

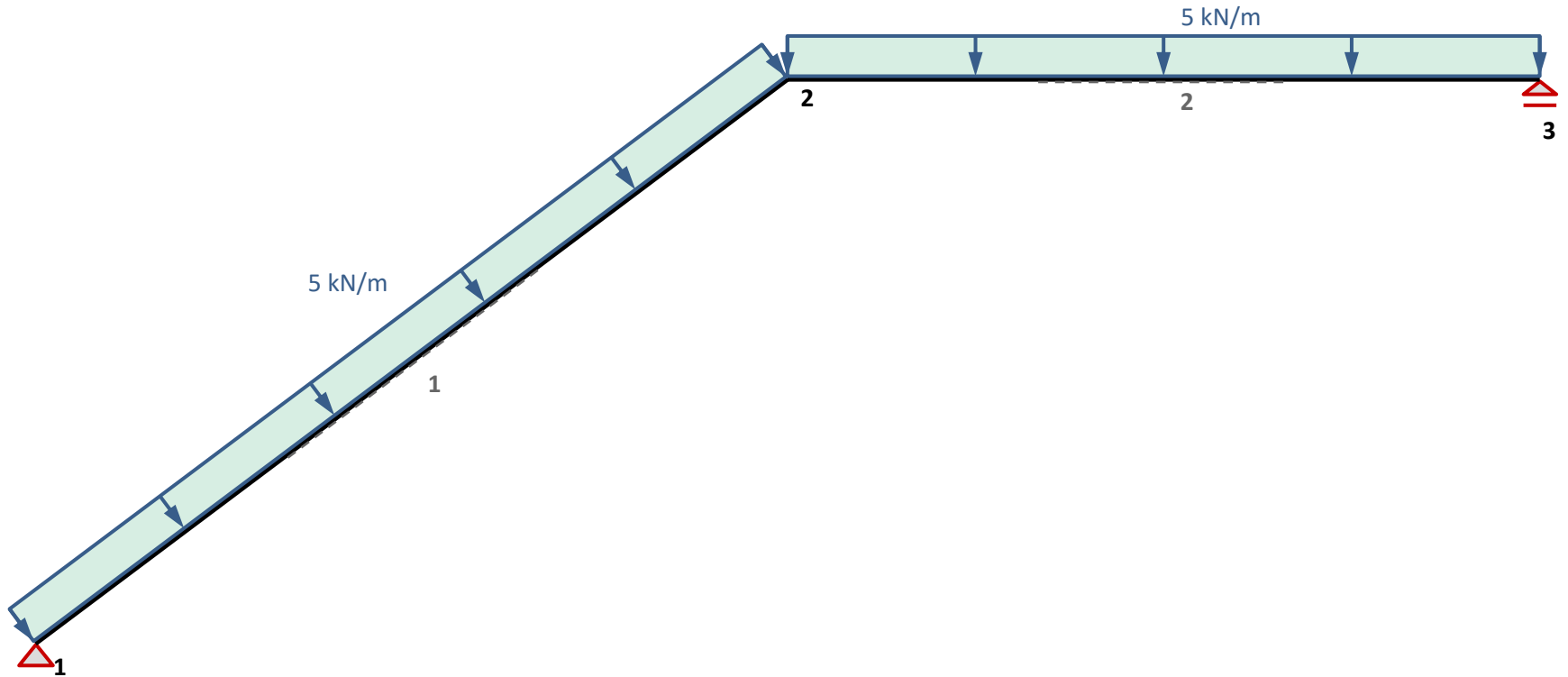
Positive Lastrichtung = positive globale Achsenrichtung



Zu 2) Stablasten oder Elementlasten

Lastart = 0

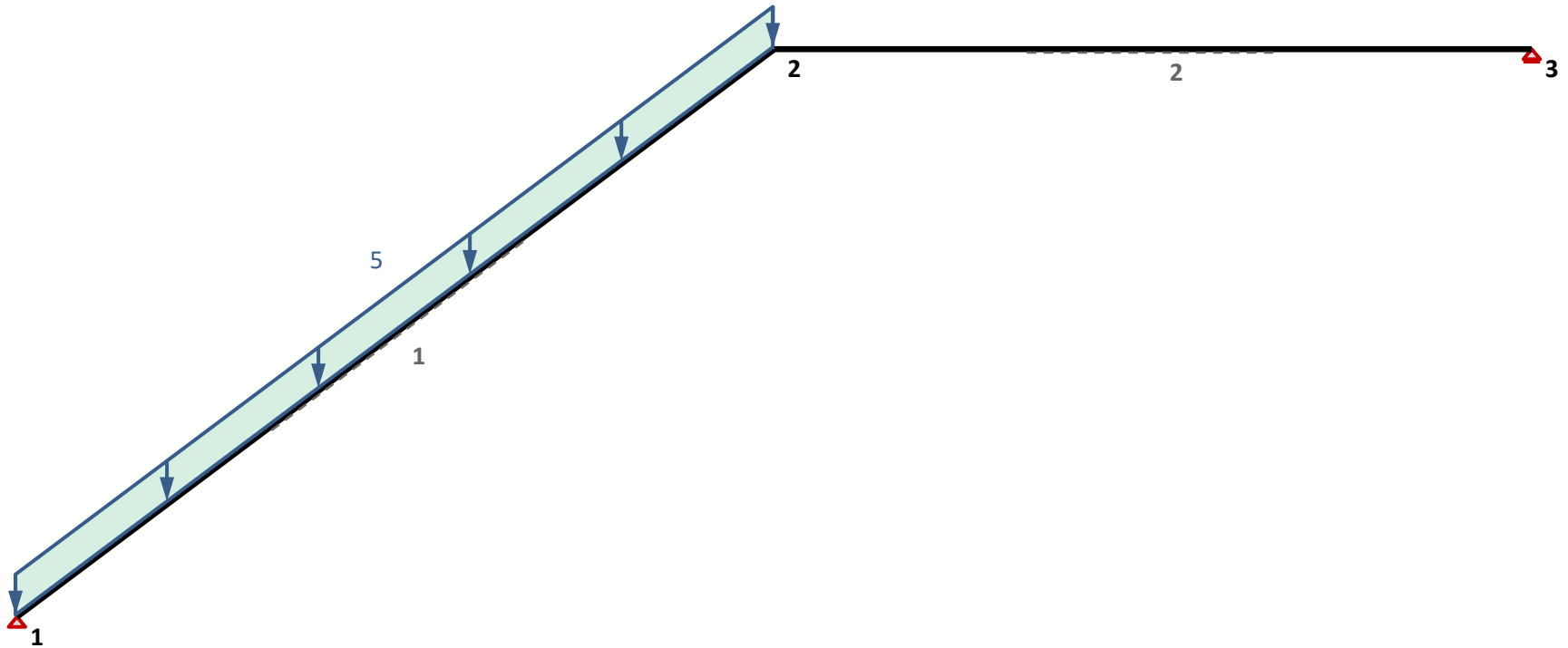
Streckenlast senkrecht auf Stab



Zu 2) Stablasten oder Elementlasten

Lastart = 1

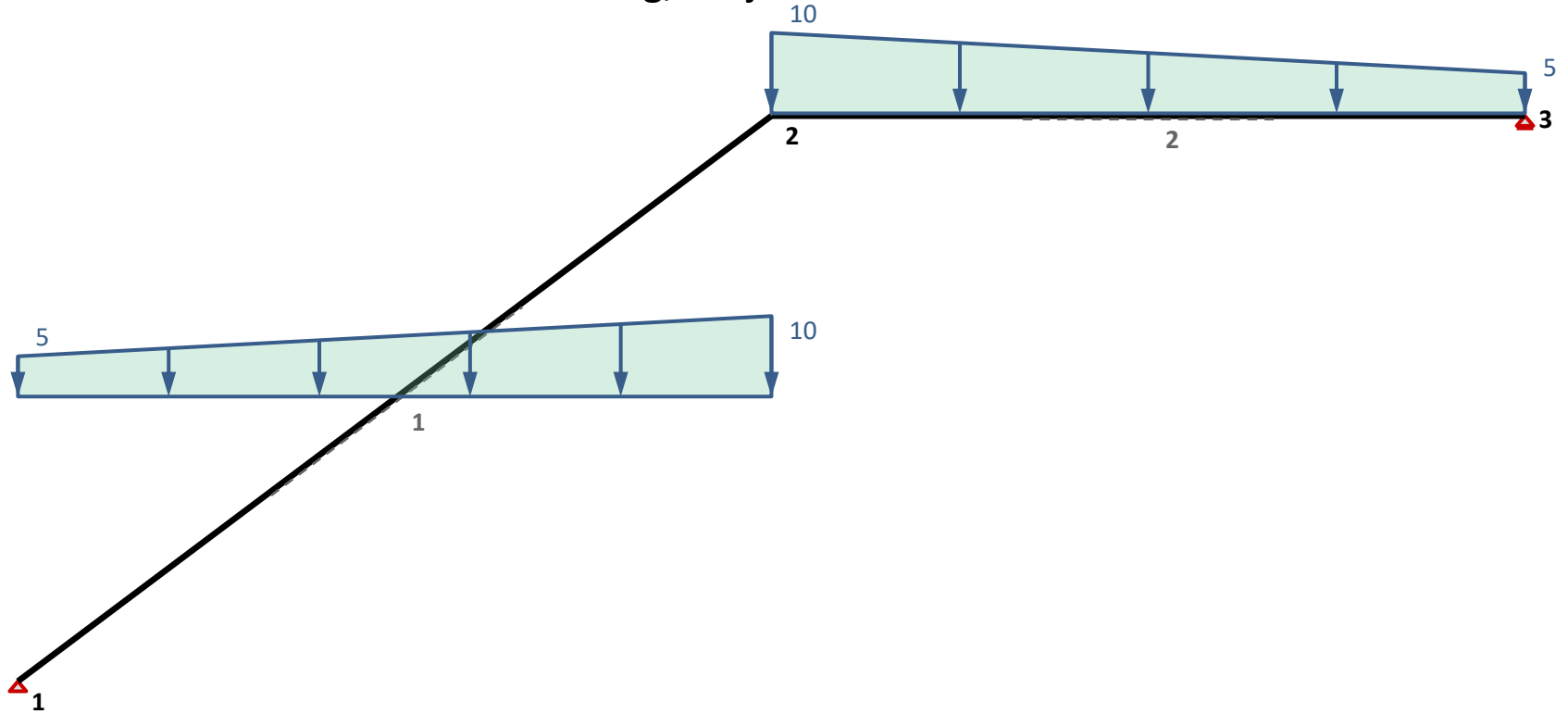
Streckenlast vertikal in +z-Richtung



Zu 2) Stablasten oder Elementlasten

Lastart = 2

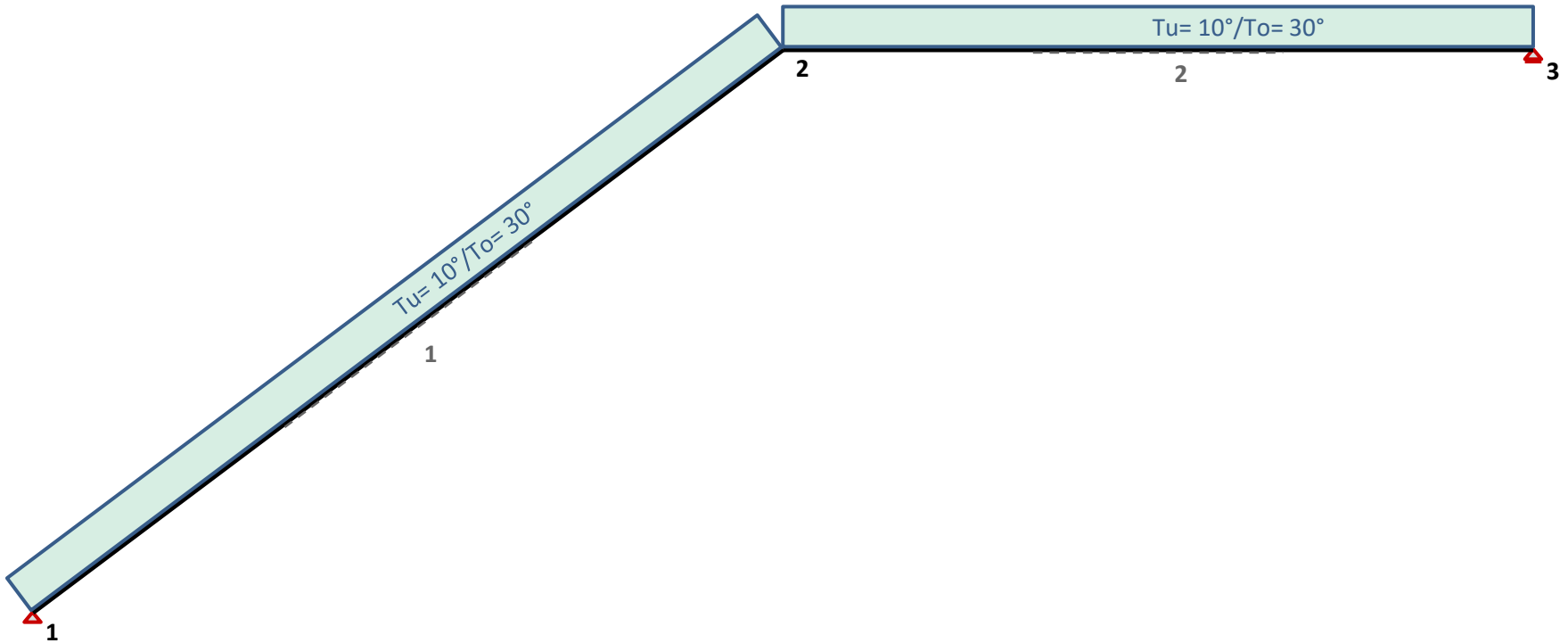
Streckenlast vertikal in +z-Richtung, Projektion



Zu 2) Stablasten oder Elementlasten

Lastart = 5

Temperatur



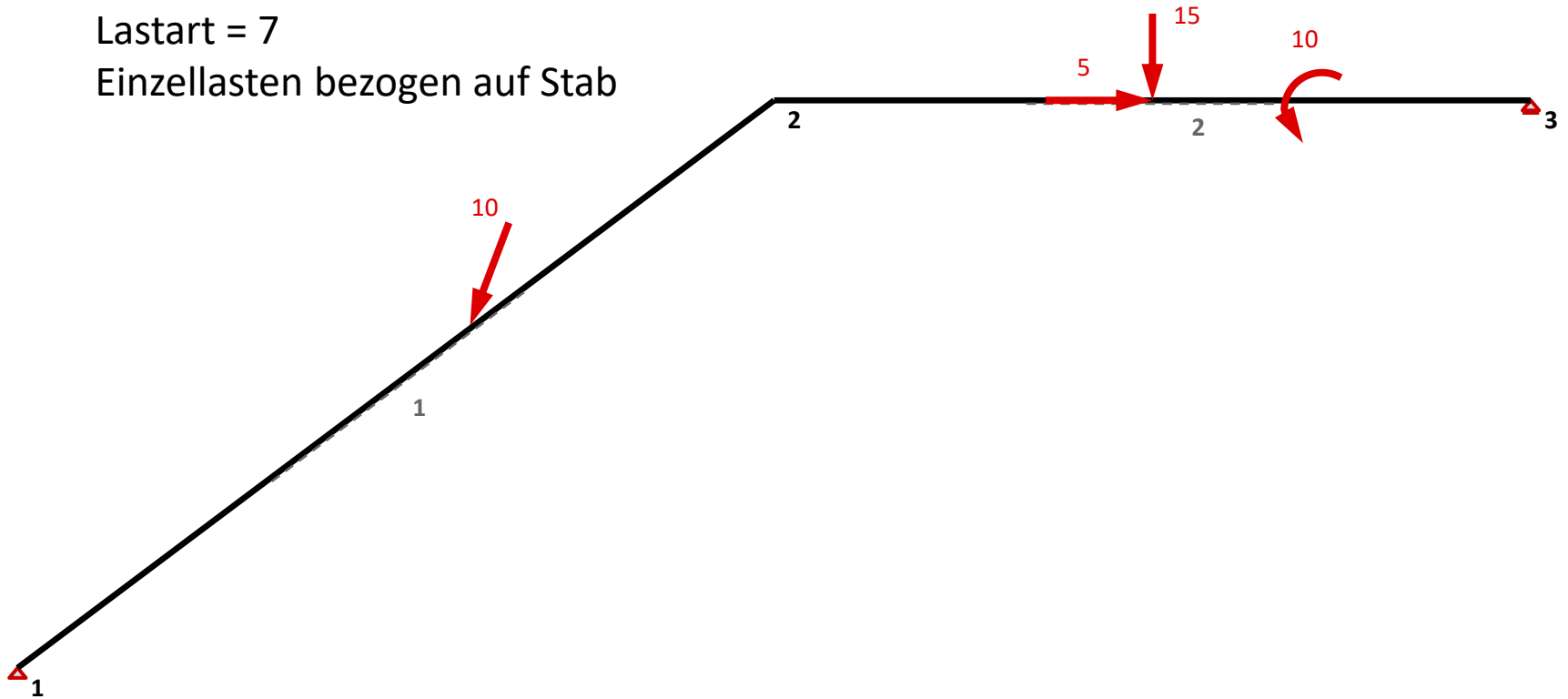
Zu 2) Stablasten oder Elementlasten

Lastart = 6

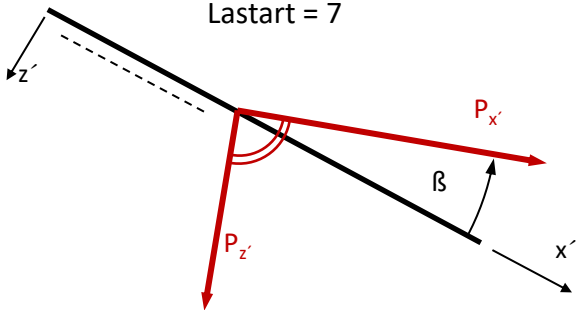
Einzellasten in globaler Richtung

Lastart = 7

Einzellasten bezogen auf Stab



Definition der Vorzeichen von Lastart 7:



Lager werden an Knoten definiert.

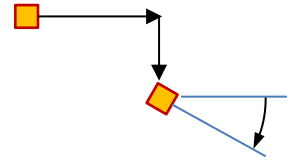
Infolge der Belastung kann sich ein Knoten horizontal und vertikal verschieben und zusätzlich kann er sich auch verdrehen.

Durch Festhaltungen können einzelne Verformungen verhindert werden.

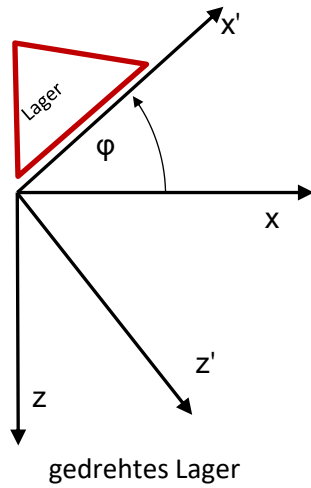
Im Programm ist festgelegt:

1 = Festhaltung

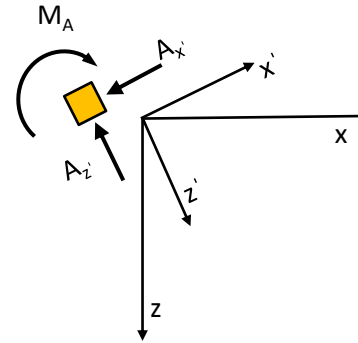
0 = Knoten kann sich in der betrachteten Richtung verschieben bzw. verdrehen.



Definition der Vorzeichen bei gedrehten Lagern



Vorzeichen Lager



Stabgelenke

Gelenke sind einzelnen Stäben zuzuweisen.
Sie können am Stabanfang oder Stabende liegen.

Möglich sind folgende Mechanismen:



Momentengelenk



Querkraftgelenk



Normalkraftgelenk