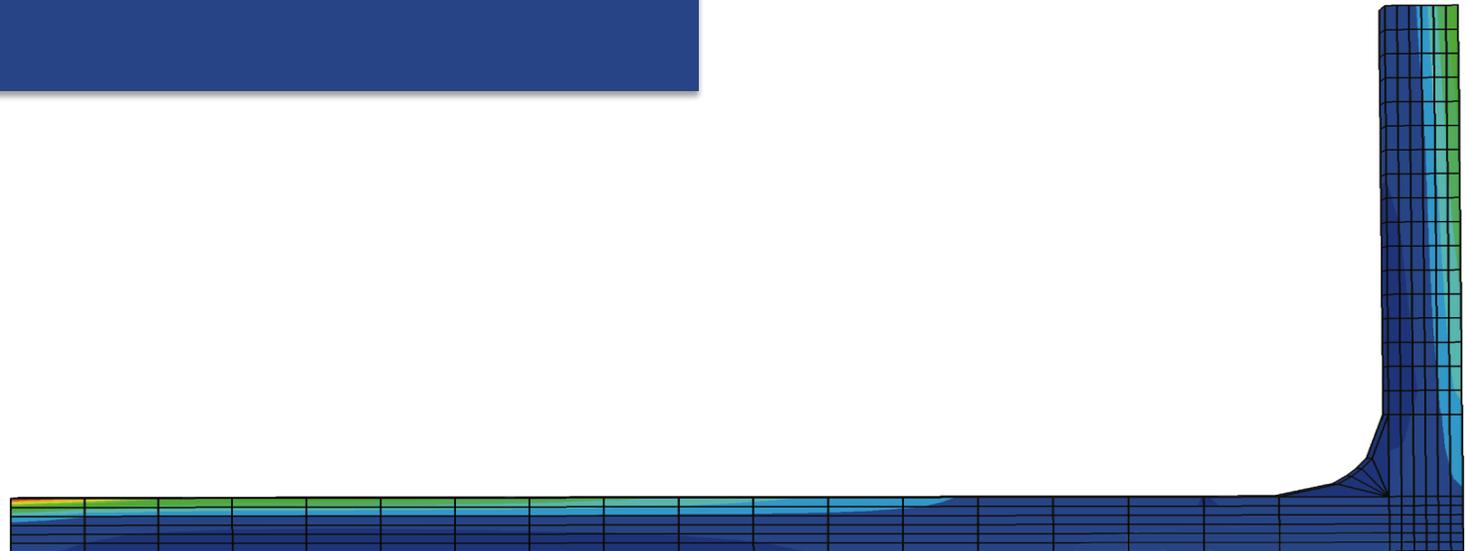


Baustatik II - Kapitel IIIb

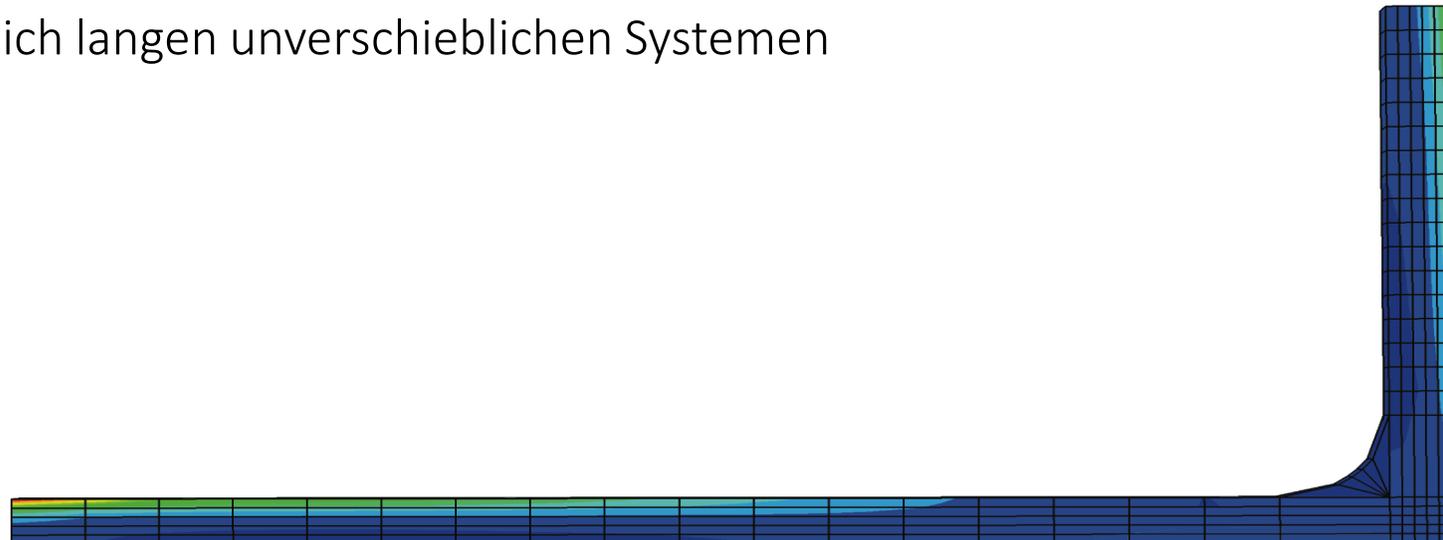
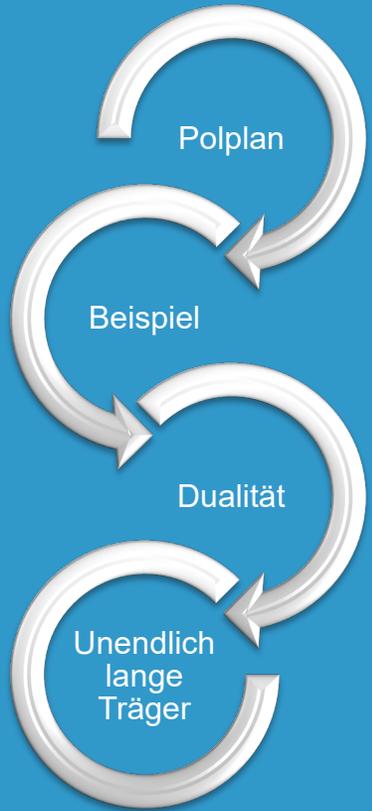
Die Verformungsmethode
Systeme mit einem Pol



Lernziele dieses Kapitels

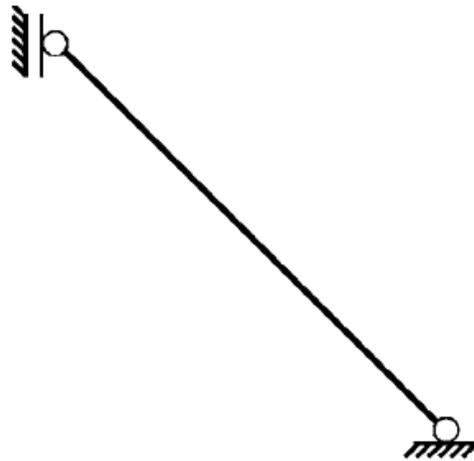
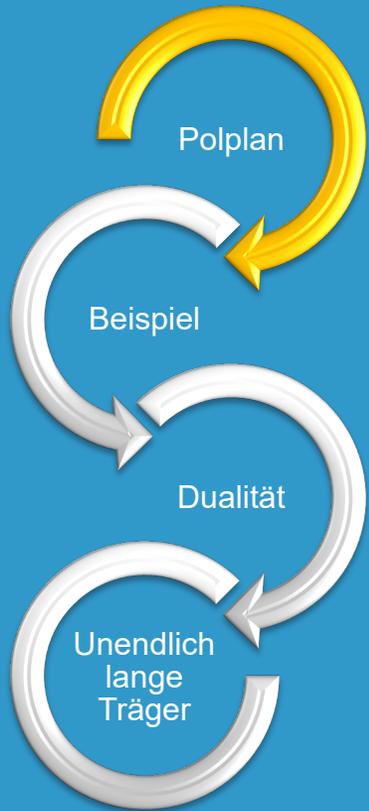
Die Verformungsmethode für verschiebliche Systeme:

- Systeme mit einem Pol
- Polplan Zeichnungsprozess - Beispiel
- Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode
- Verhalten bei unendlich langen unverschieblichen Systemen

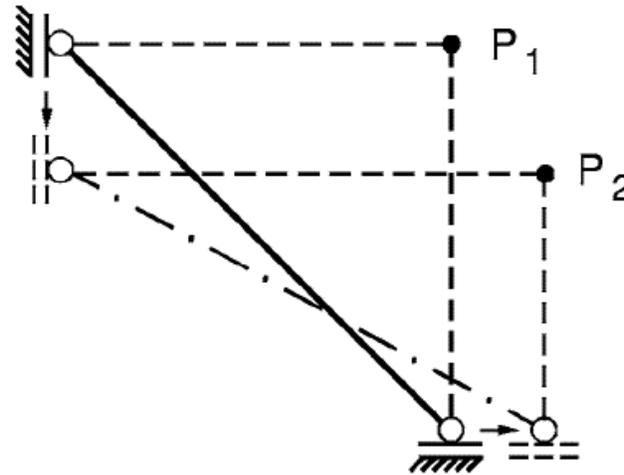


Verschiebliche Systeme mit einem Pol

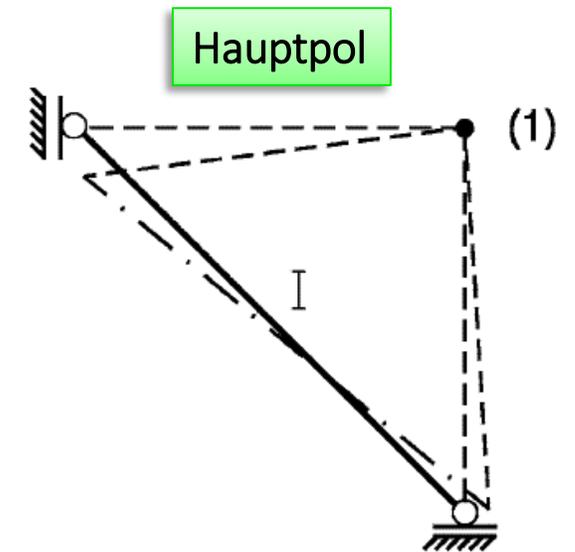
Betrachtung einer Einzelscheibe mit kinematischen Bewegungen



statisch bestimmt gelagert
kinematisch unverschieblich



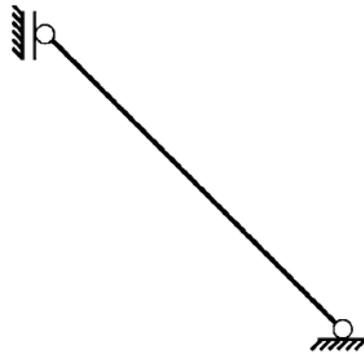
einfach kinematisch verschieblich
große Verrückungen



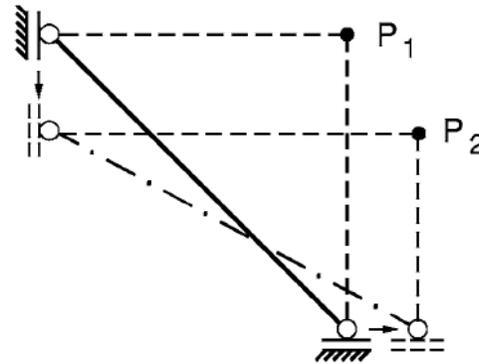
einfach kinematisch verschieblich
infinitesimal kleine Verrückungen

Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke

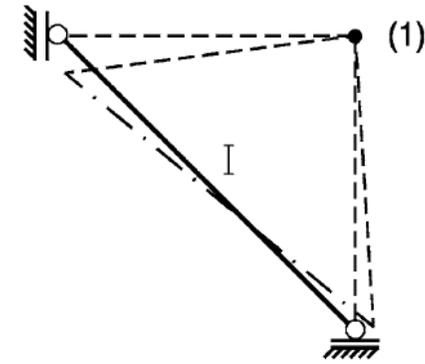
Verschiebliche Systeme mit einem Pol



statisch bestimmt gelagert
kinematisch unverschieblich



einfach kinematisch verschieblich
große Verrückungen

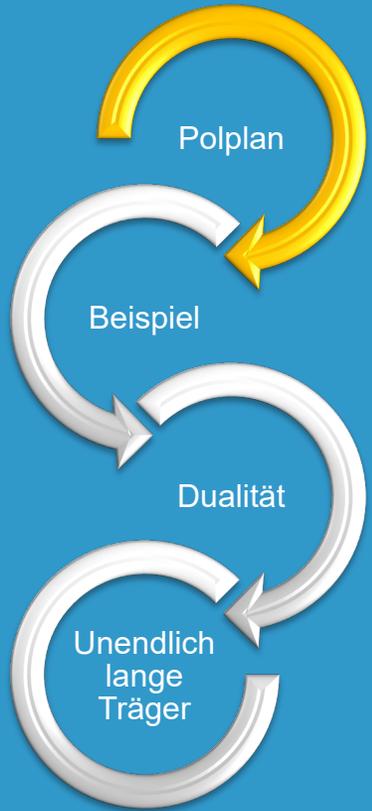


einfach kinematisch verschieblich
infinitesimal kleine Verrückungen

Die Grundregeln der Kinematik lassen sich in drei Sätzen zusammenfassen:

1. Jede virtuelle Verschiebung einer starren Scheibe ist als **Drehung um einen Momentanpol** deutbar. Als Grenzfall stellt die Translation eine Rotation um einen Pol im Unendlichen dar.
2. Die **virtuelle Verschiebung** eines beliebigen Scheibenpunktes erfolgt **senkrecht zu seinem Polstrahl**.
3. Die **virtuellen Verschiebungen** der einzelnen Scheibenpunkte **sind proportional zu ihren Polstrahlängen**, d.h. zum Abstand vom Momentanpol.

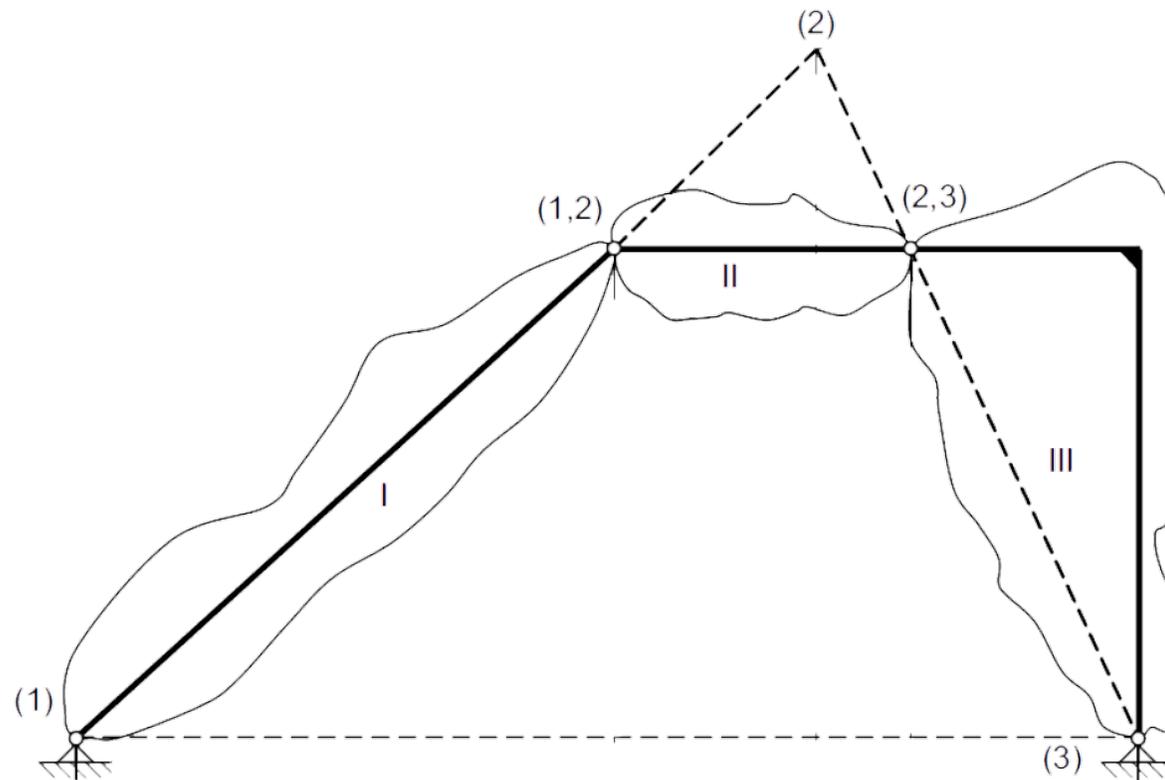
Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke



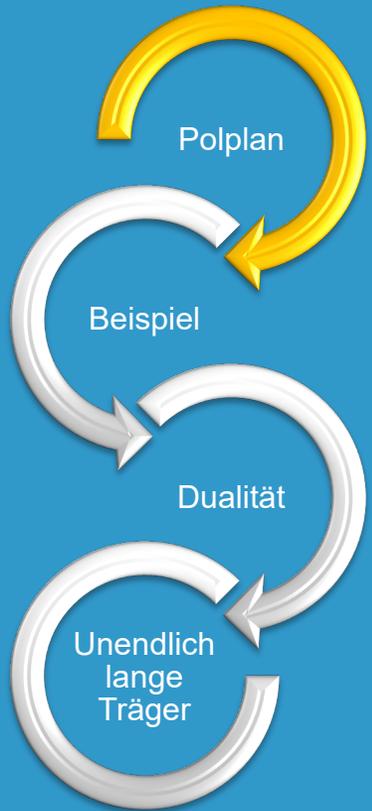
Grundregeln der Kinematik - Polplan

Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke

Die Verknüpfung der Bewegungen zweier Scheiben wird durch die Lage des Relativpols beschrieben. Der Relativpol zweier Scheiben ist derjenige Punkt, in dem sich diese Scheiben gegeneinander verdrehen. Für kleine Verrückungen ist die Lage des Relativpols ebenso wie die der Hauptpole unveränderlich. Er wird als Nebenpol (i,j) der Scheiben I und J bezeichnet.

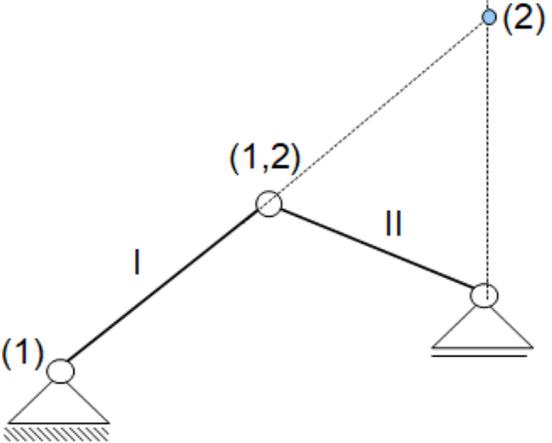


Viergelenkrahmen mit Polplan



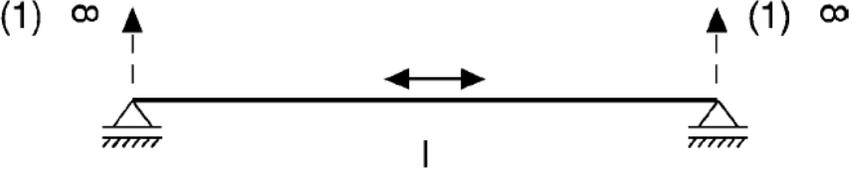
Systeme mit einem Pol

Richtlinien für das Zeichnen des Polplans



Festlager = Hauptpol (1) der Scheibe I
 Gelenk = Nebenpol (1,2) der beiden Scheiben I und II
 Nebenpol liegt auf der Verbindungslinie der beiden Hauptpole (1) und (2)

* Der Hauptpol (i) einer Scheibe, die auf einem verschieblichen Lager gelagert ist, liegt auf einer Geraden (Polstrahl) senkrecht zur Bewegungsmöglichkeit dieses Lagers.



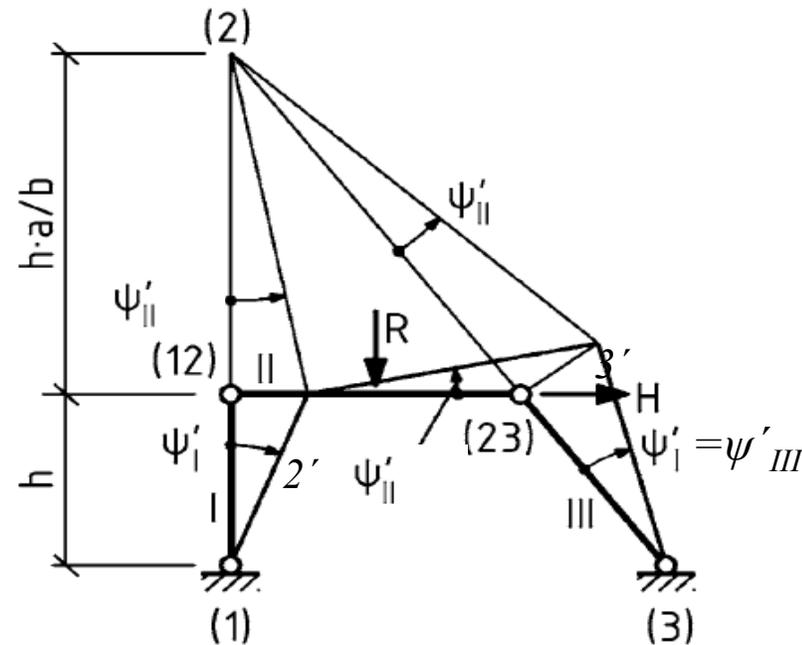
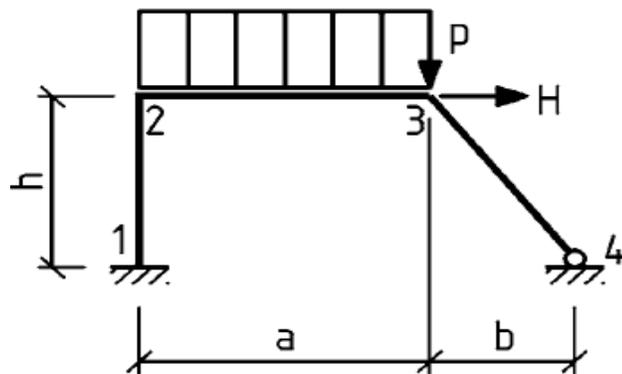
* Der Hauptpol einer Scheibe, die nur Translationsbewegungen erfährt, liegt im Unendlichen.

Source: Ingenieurkurse.de

Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage

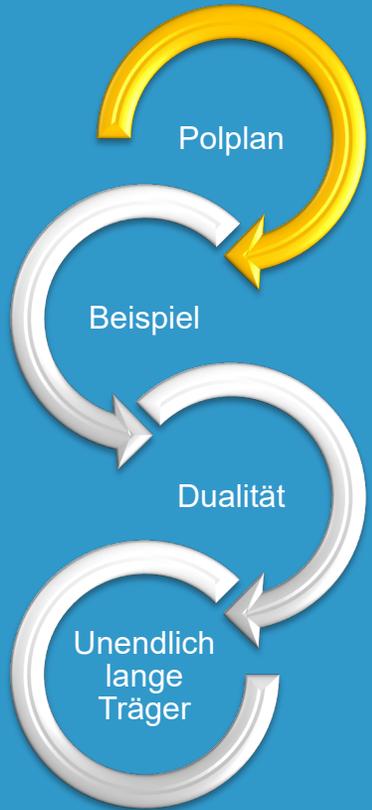


Richtlinien für das Zeichnen des Polplans/Zeichnen der verschobenen Figur

- Das Verbindungsgelenk zwei Scheiben ist ihr gemeinsamer I, J **Nebenpol (ij)**.

Der Nebenpol ist ein relativer Drehpol.

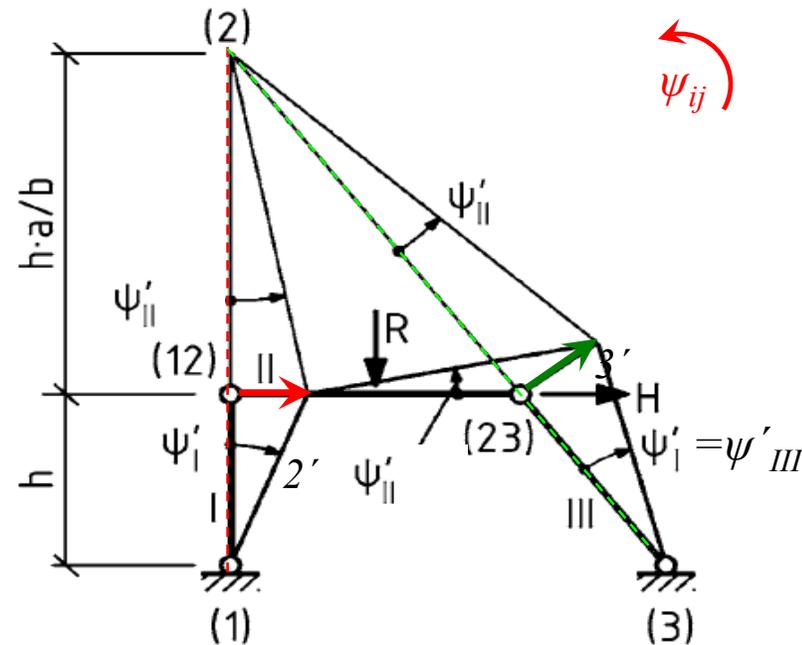
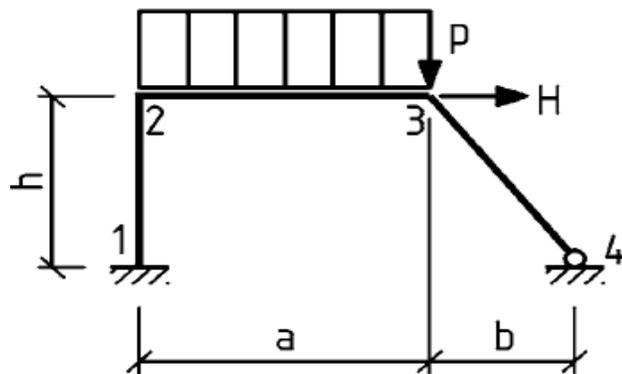
Zwei Scheiben I und J drehen sich gegeneinander in ihrem Nebenpol (i,j).



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

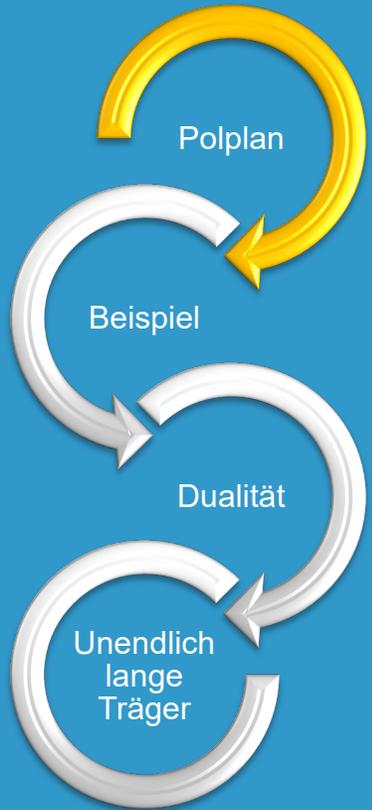
Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage



Richtlinien für das Zeichnen des Polplans/Zeichnen der verschobenen Figur

4. Tritt im Polplan bei einer Scheibe ein Widerspruch auf, dann ist diese Scheibe entweder fest oder Teil eines in sich unverschieblichen Scheibenverbandes, der als eine Scheibe betrachtet werden kann.

Wenn aber eine Scheibe verschieblich ist (Polplan oder Widerspruch), erfolgt die virtuelle Verschiebung eines beliebigen Stabpunktes immer senkrecht zu seinem Polstrahl.

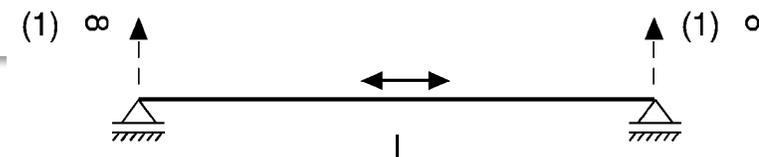
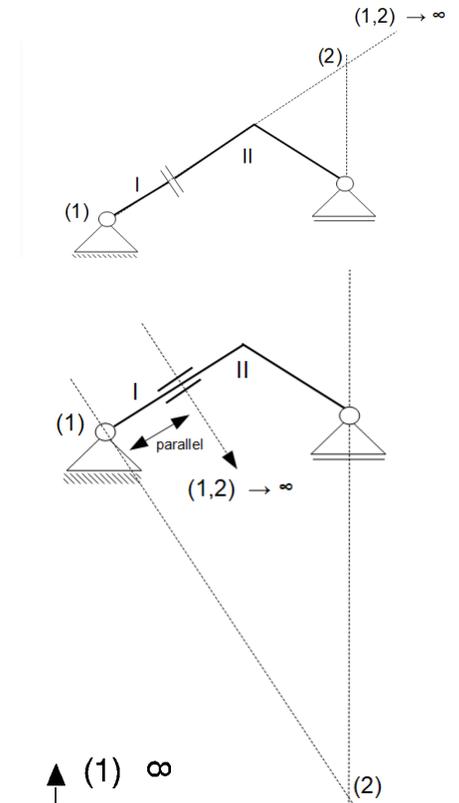


Systeme mit einem Polp

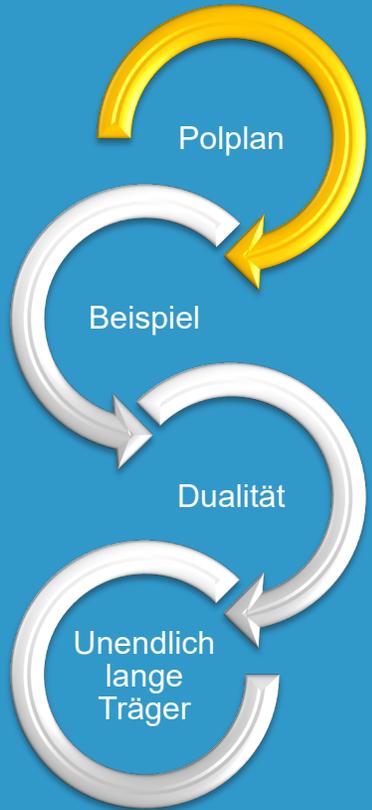
Richtlinien für das Zeichnen des Polplans/Zeichnen der verschobenen Figur

Weiteres

- Der Nebenpol eines Querkraftgelenkes liegt im Unendlichen senkrecht zur möglichen Bewegungsrichtung (tangential zur Stabachse am Ort des Gelenkes).
- Der Nebenpol eines Normalkraftgelenkes liegt im Unendlichen senkrecht zur möglichen Bewegungsrichtung (senkrecht zur Stabachse am Ort des Gelenkes).
- Ein Pol liegt im Unendlichen, wenn seine geometrischen Orte parallele Geraden bilden.



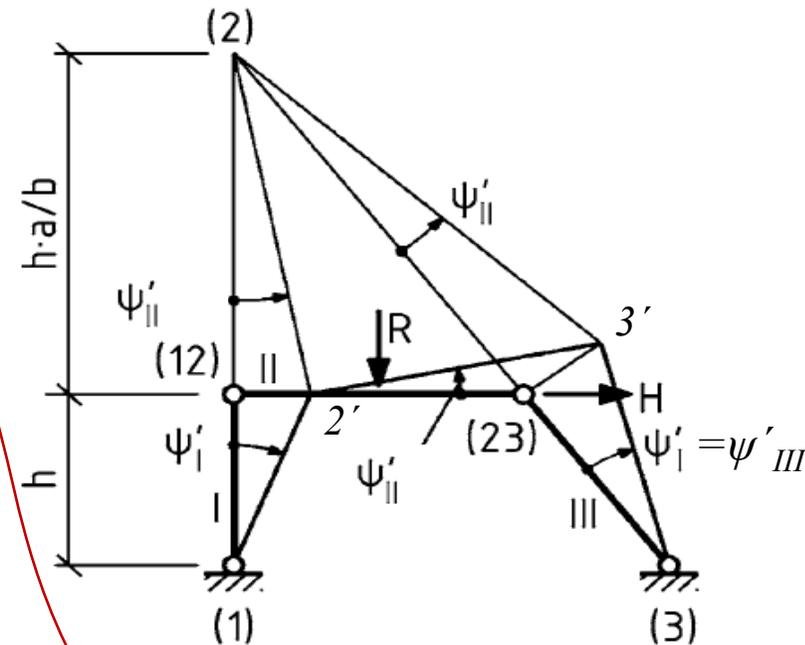
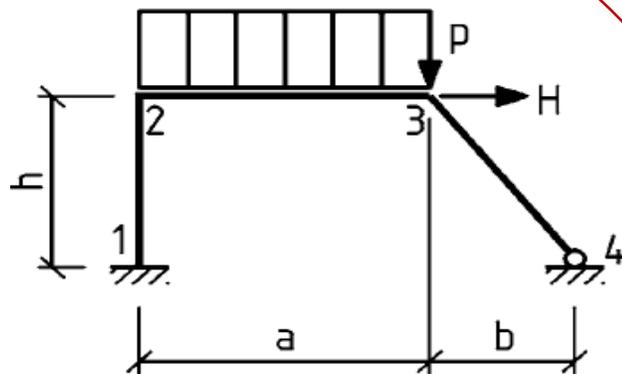
Source: Ingenieurkurse.de



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage



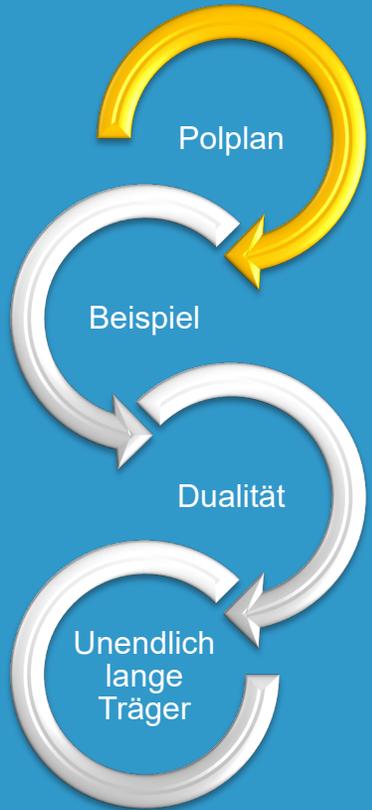
WARUM?

Berechnung der Stabdrehwinkeln

Bei kleinen Drehungen bewegt sich der Knoten 2 senkrecht zum Balken I. Der Balken II wird sich um den Hauptpol (2) drehen, während der Knoten 3 sich nur senkrecht zum Balken III bewegen kann.

Aufgrund der Geometrie des Systems gilt, dass dieser **Abstand** gleich ha/b ist.

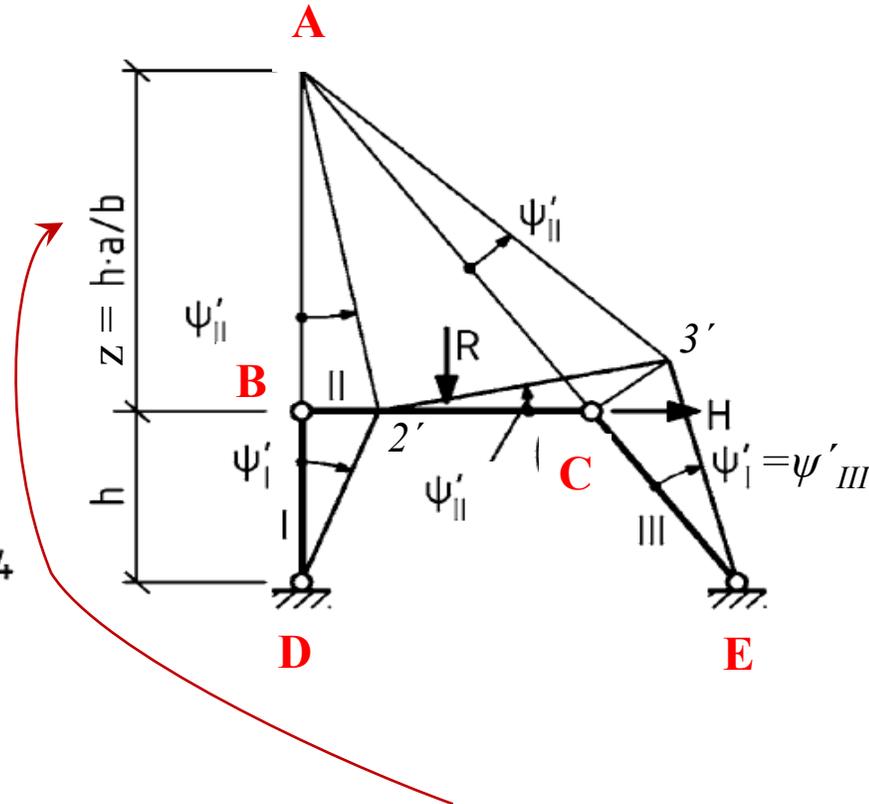
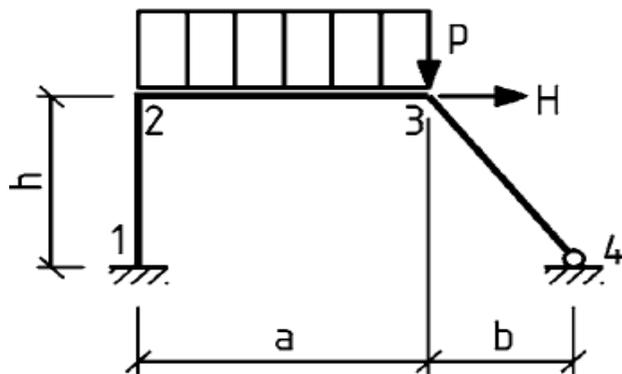
Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage

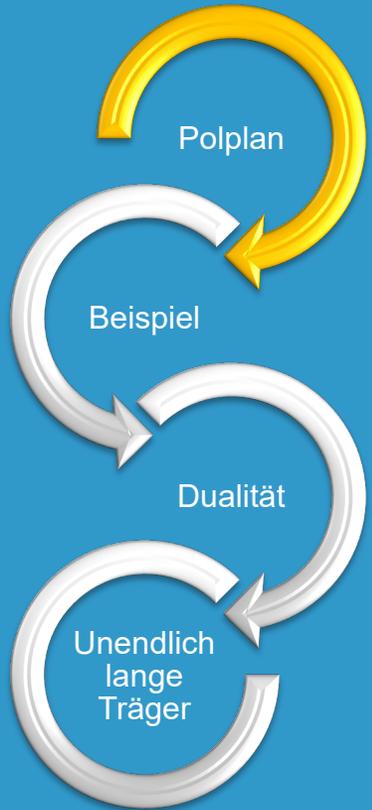


Aufgrund der Geometrie des Systems gilt, dass dieser **Abstand** gleich ha/b ist.

ähnliche Dreiecke ABC & ADE \rightarrow

$$\frac{z}{z+h} = \frac{a}{a+b} \Rightarrow z = \frac{ha}{b}$$

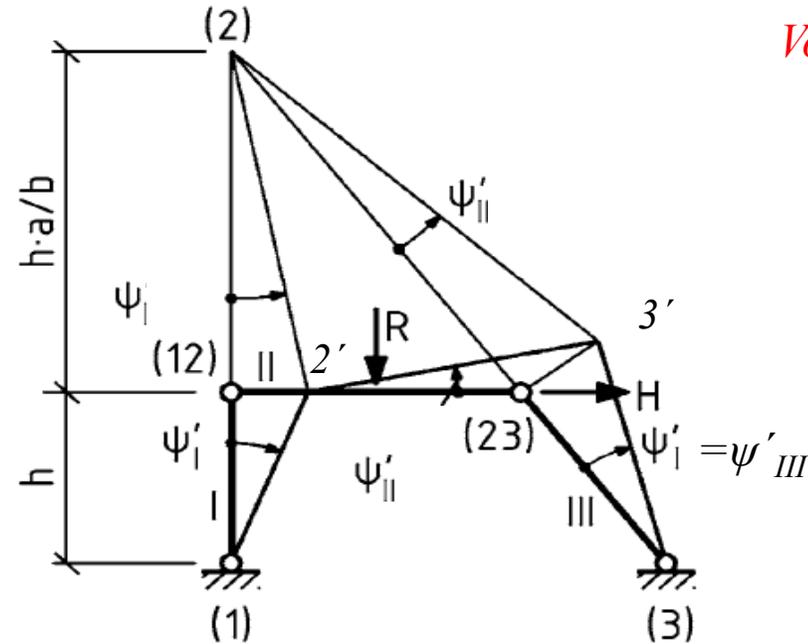
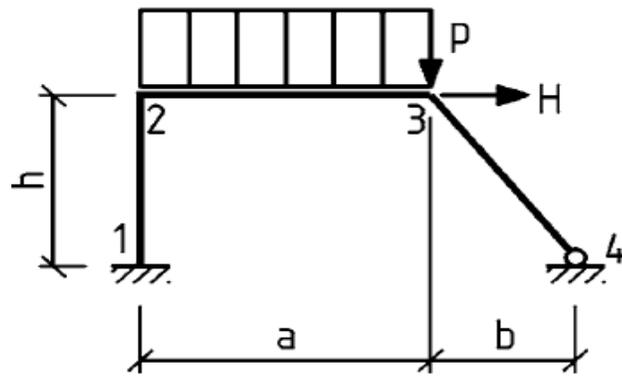
Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

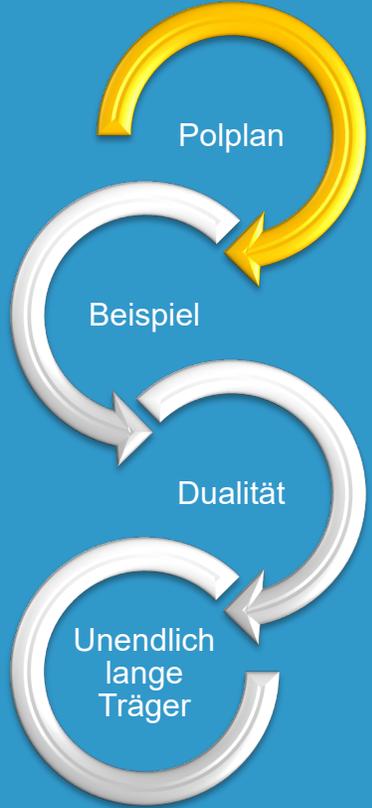
Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage



Ψ_{ij}
Vorzeichenkonvention

Da wir die gedrehte Form gezeichnet haben, können wir auch die Beziehungen zwischen den Drehwinkeln der Balken berechnen. Es gibt nur einen unabhängigen Drehwinkel ψ_I .

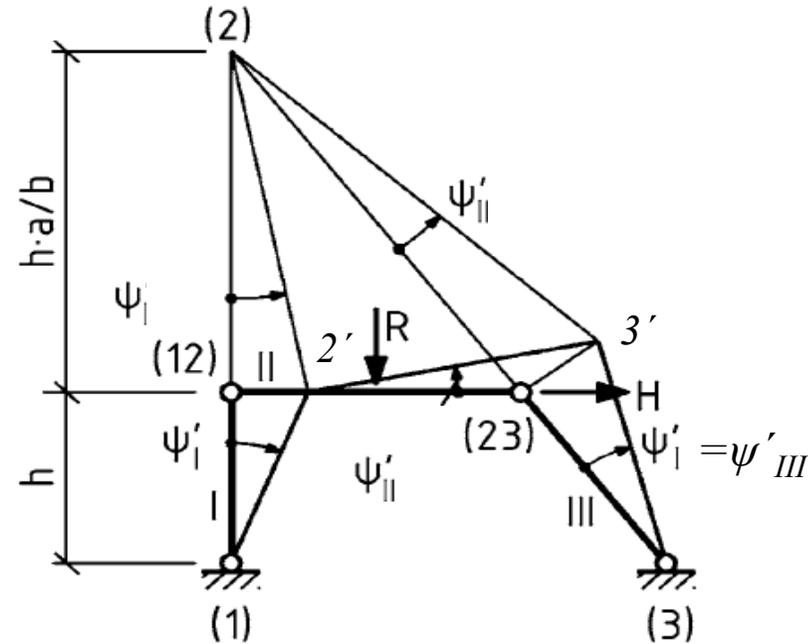
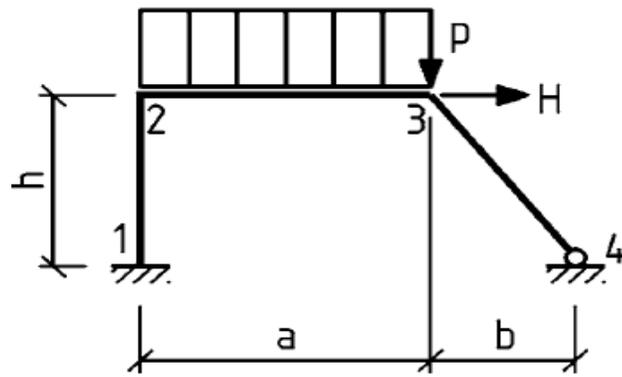
$$\left. \begin{aligned} \tan(\psi'_I) &= -\frac{22'}{h} \\ \tan(\psi'_{II}) &= \frac{22'}{ha/b} \end{aligned} \right\} \xrightarrow[\tan(\psi) \approx \psi]{\psi \ll} \psi'_{II} = -\psi'_I \frac{b}{a} \quad \& \quad \left. \begin{aligned} \tan(\psi'_{II}) &= \frac{33'}{\sqrt{h^2 + b^2}} \\ \tan(\psi'_{III}) &= -\frac{33'}{\sqrt{a^2 + (ha/b)^2}} \end{aligned} \right\} \xrightarrow[\tan(\psi) \approx \psi]{\psi \ll} \psi'_{II} = -\psi'_{III} \frac{b}{a}$$



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

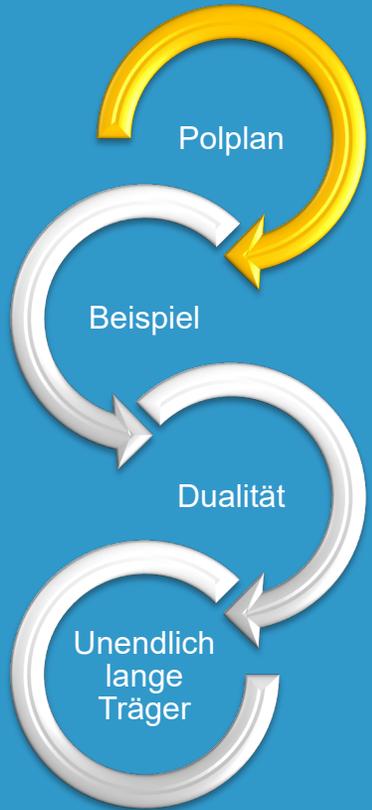
Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage



Berechnung der Stabdrehwinkeln

Dies bedeutet, dass alle Winkel linear abhängig sind, was impliziert, dass der Grad der Verschieblichkeit gleich 1 ist. Es reicht also aus, nur einen dieser Winkel als Unbekannte für unser Problem zu verwenden. Wir wählen hier, jeden Winkel in Bezug auf ψ_I auszudrücken.

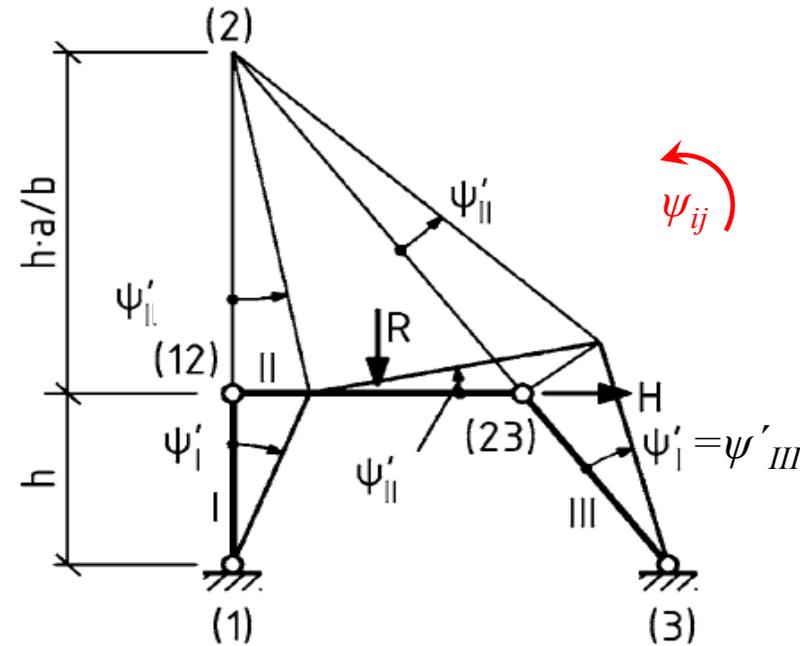
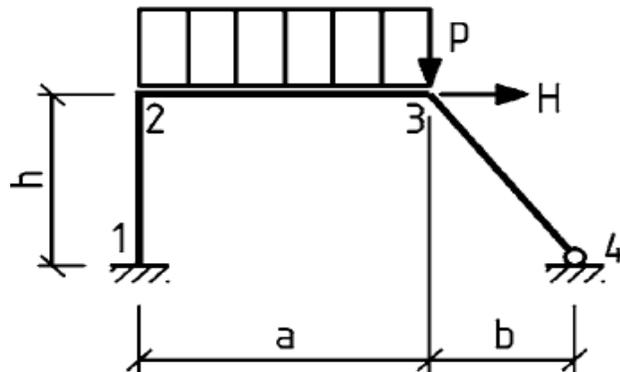
$$\psi'_{III} = -\frac{a}{b}\psi'_{II} = \psi_I$$



Systeme mit einem Pol

Beispiel – Rahmen

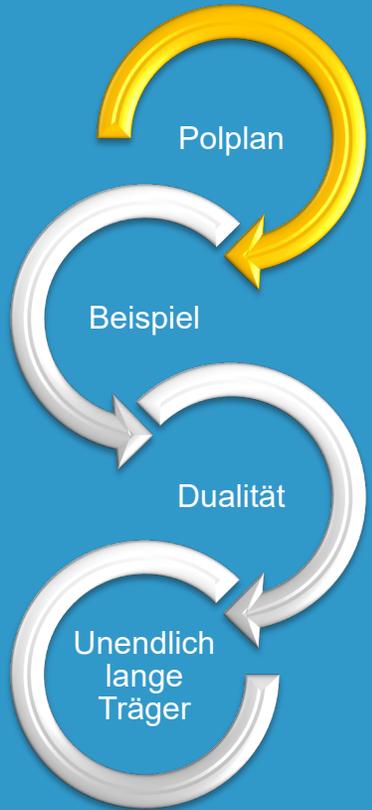
Rahmen in ursprünglicher und in virtuell verschobener Lage



Wir können auch die Geometrie verwenden, um die Verschiebungen von gegebenen Lasten (R, H) in Bezug auf die Drehwinkel zu berechnen.

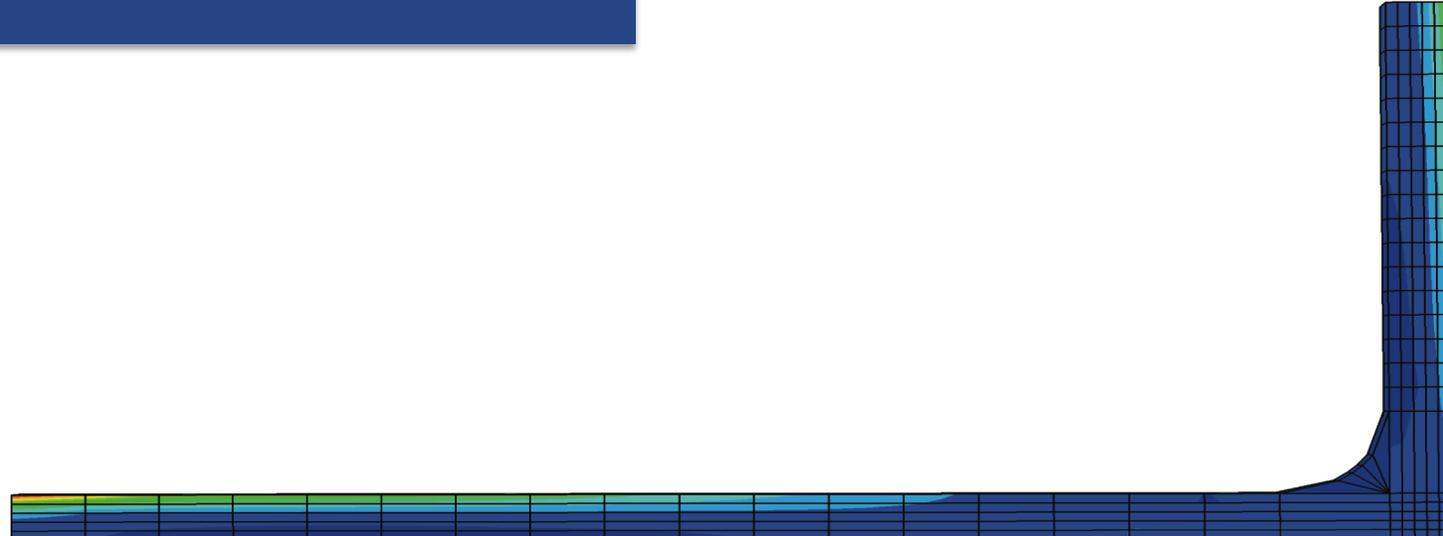
$$\psi'_{III} = -\frac{a}{b}\psi'_{II} = \psi'_I, \quad \Delta_R = \frac{a}{2}\psi'_{II} = -\frac{b}{2}\psi'_I, \quad \Delta_H = h \psi'_I$$

Source: K. Meskouris, E. Hake, Statik der Stabtragwerke



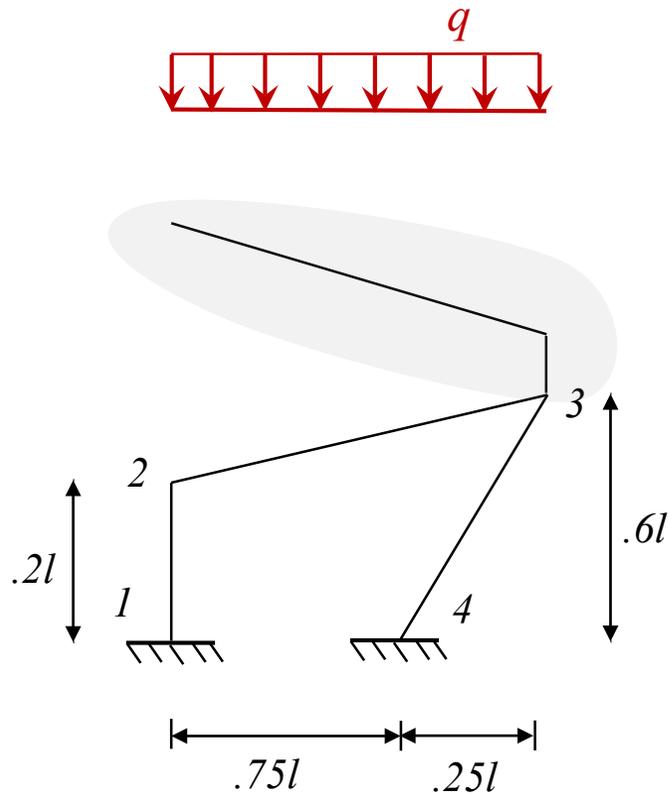
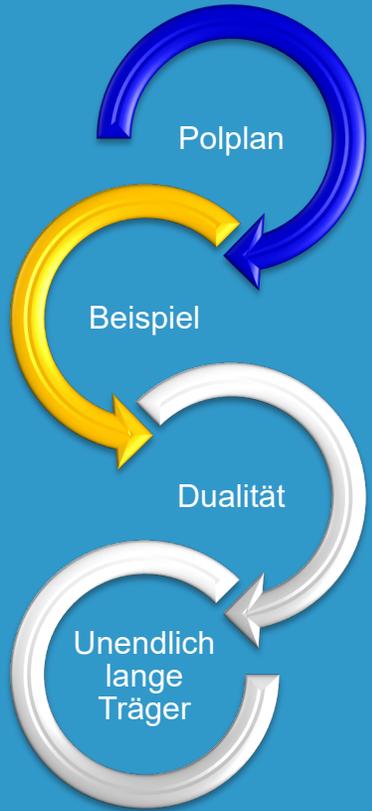
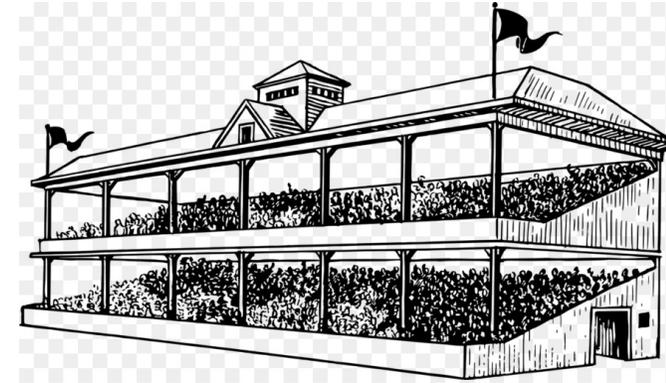
Baustatik II - Kapitel IIIb

Die Verformungsmethode
Systeme mit einem Pol - Anwendungsbeispiel

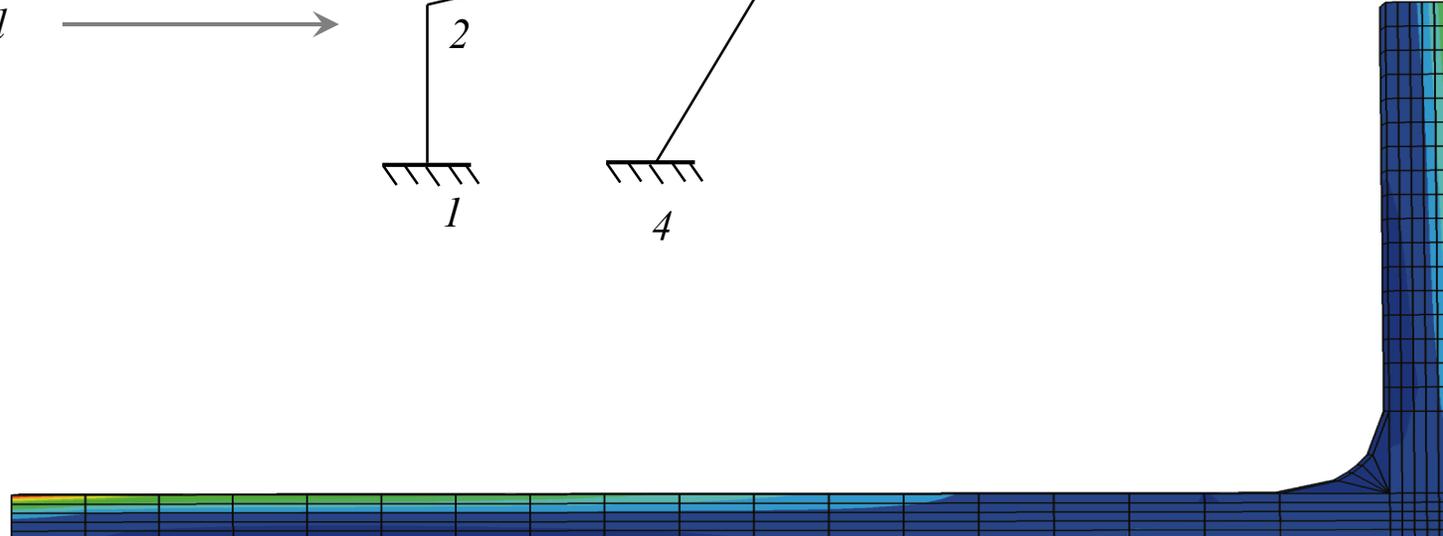
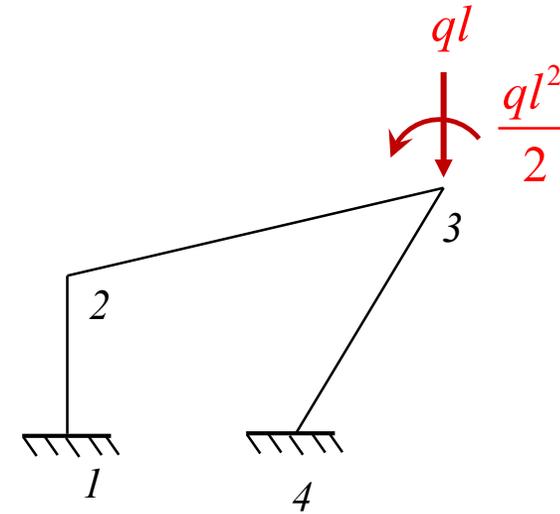


Systeme mit einem Pol

Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen

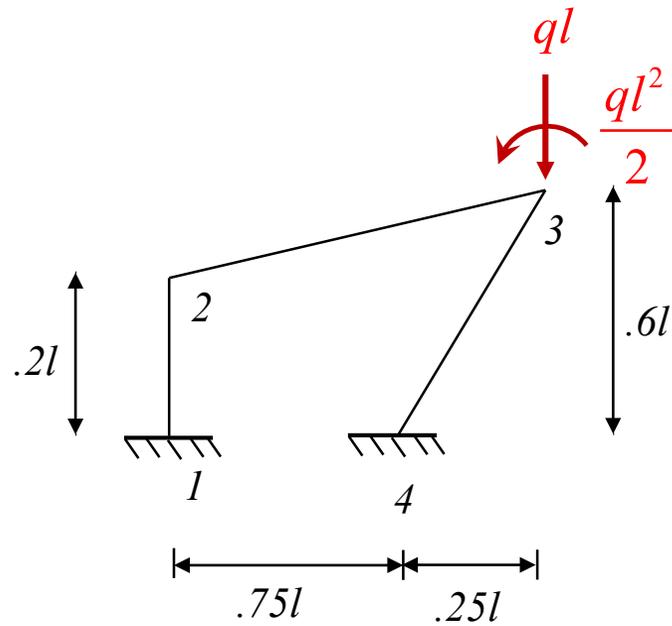
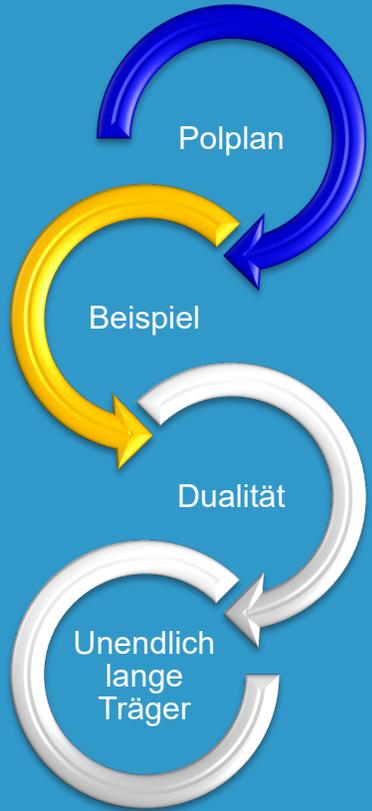


Vereinfachung des Kragarm-Teils

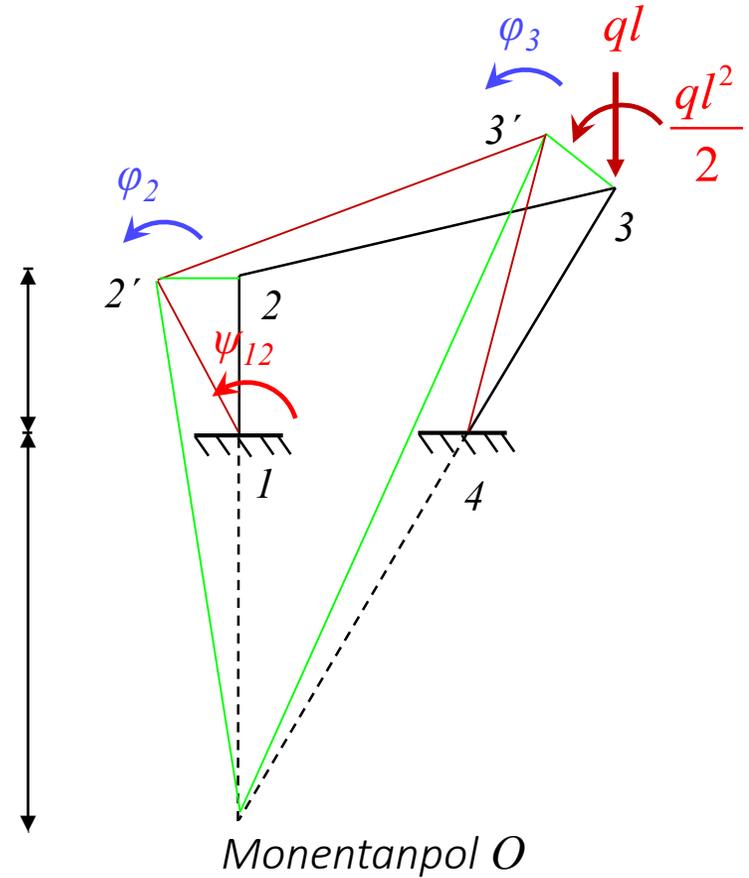


Systeme mit einem Pol

Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen



$$1.8l = \frac{0.6l \cdot 0.75}{0.25}$$



Grad der kinematischen Unbestimmtheit
 $k_v = 3 \rightarrow \varphi_2, \varphi_3, \psi_{12},$

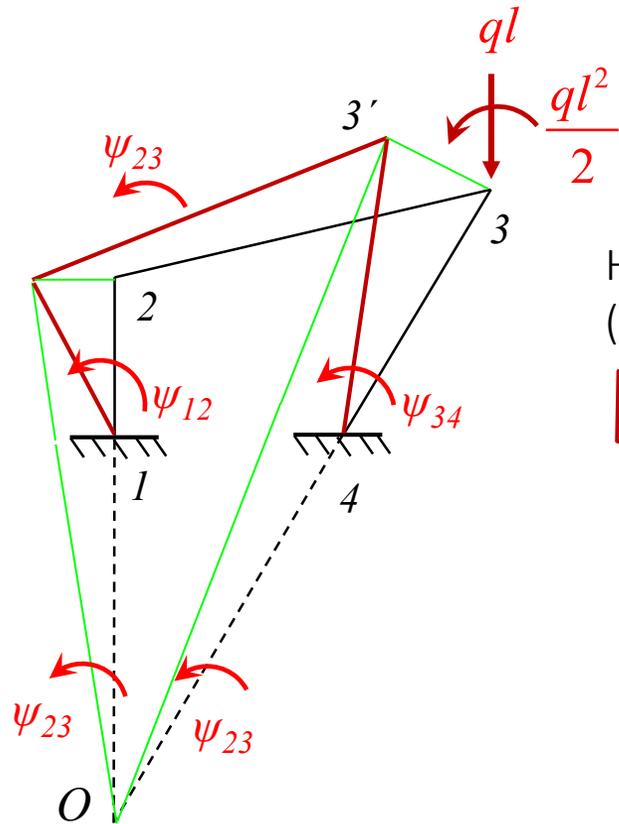
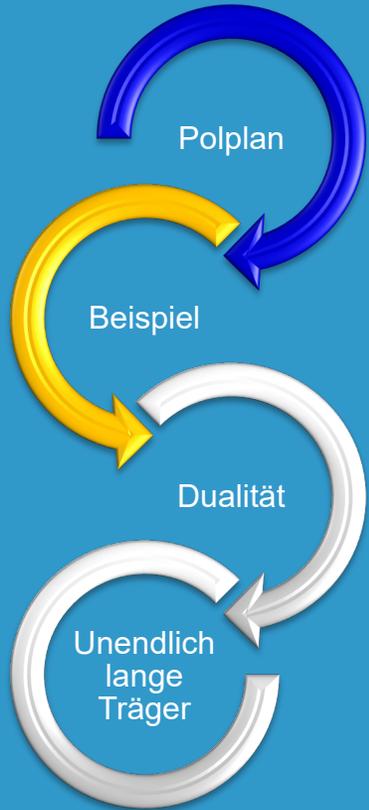
Grad der Verschieblichkeit
 $k_\psi = 1: \psi_{12} \rightarrow \psi_{23}, \psi_{34}$ sind linear abhängig von ψ_{12}

Elementtypen: 1-2, 2-3, 3-4: BEB



Systeme mit einem Pol

Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen



— verschobene Figur

$$\psi_{12} = \psi, \quad \psi_{23} = .1\psi, \quad \psi_{34} = .4\psi$$

Hauptbeziehung des Drehwinkelverfahrens pro Element bestimmen
(Festeinspannmomente, Stab- und Kreuzsteifigkeiten):

keine verteilte Belastung \rightarrow 0 Festeinspannmomente

$$M_{ij} = \cancel{M_{ij}^0} + s_{ij}\varphi_i + t_{ij}\varphi_j - (s_{ij} + t_{ij})\psi_{ij}$$

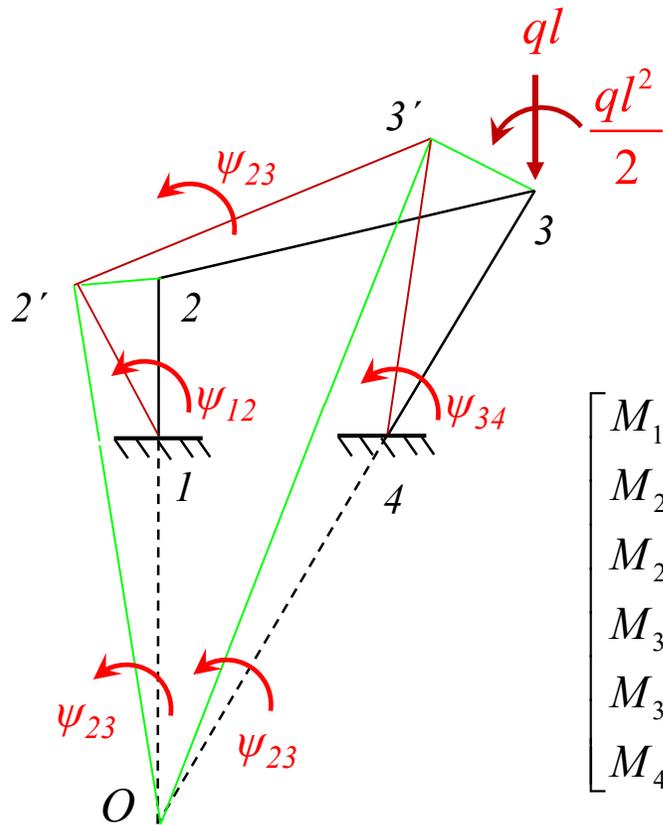
$$\begin{bmatrix} M_{12} \\ M_{21} \\ M_{23} \\ M_{32} \\ M_{34} \\ M_{43} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{12} & 0 & -(s_{12} + t_{12}) \\ s_{21} & 0 & -(s_{21} + t_{21}) \\ s_{23} & t_{23} & -.1(s_{23} + t_{23}) \\ t_{32} & s_{32} & -.1(s_{32} + t_{32}) \\ 0 & s_{34} & -.4(s_{34} + t_{34}) \\ 0 & t_{43} & -.4(s_{43} + t_{43}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \psi_{12} \end{bmatrix}$$

Systeme mit einem Pol

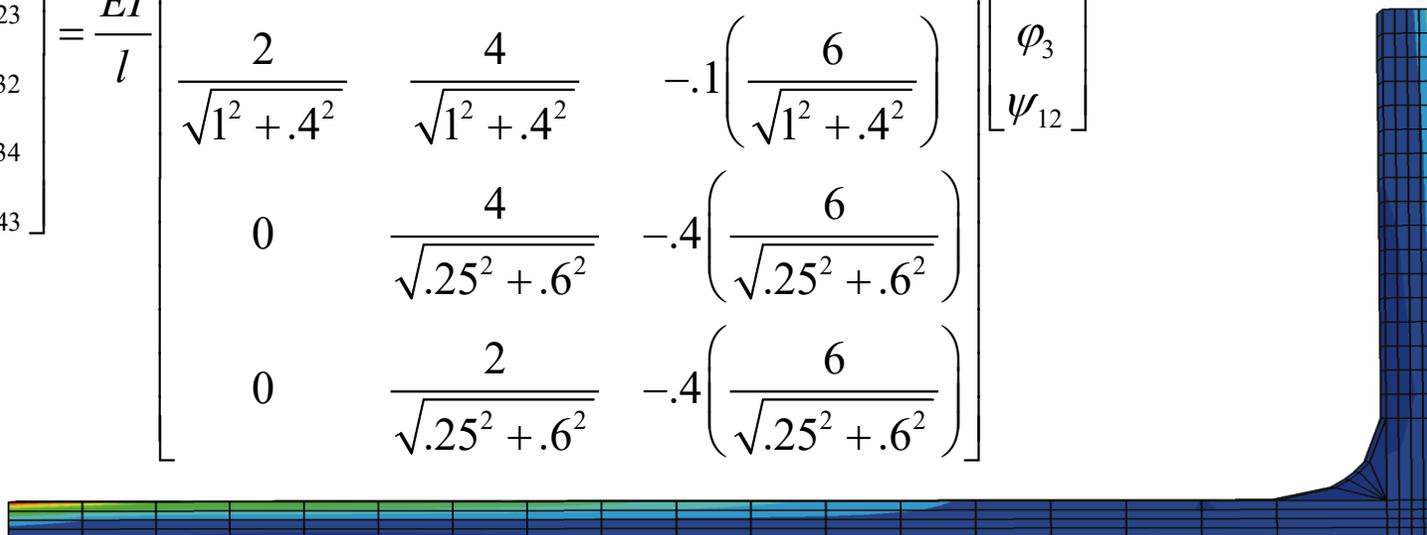
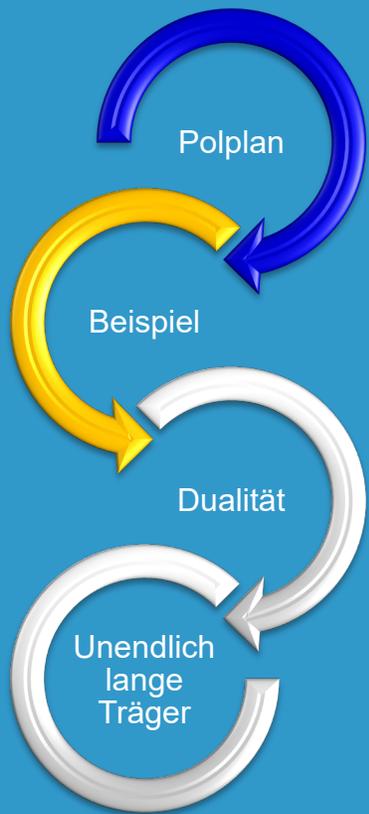
Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen

$$\psi_{12} = \psi, \quad \psi_{23} = .1\psi, \quad \psi_{34} = .4\psi$$

Stab- & Kreuzsteifigkeiten bestimmen (alle Elemente sind BEB)

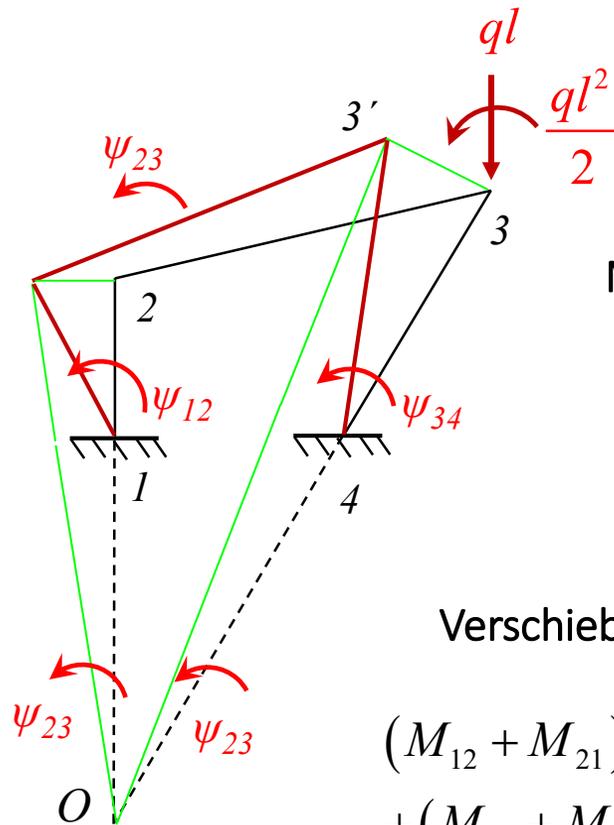
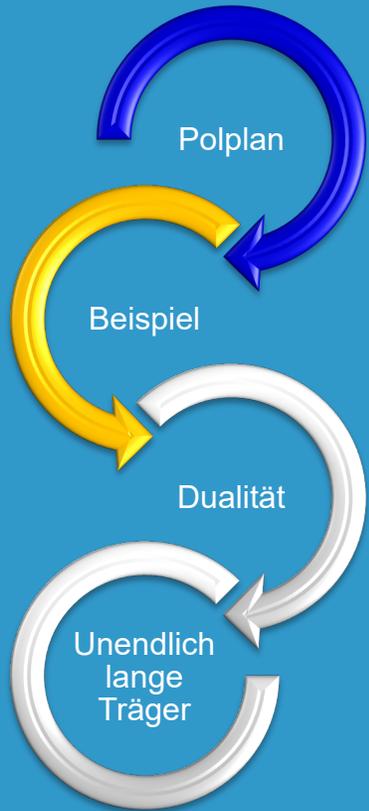


$$\begin{bmatrix} M_{12} \\ M_{21} \\ M_{23} \\ M_{32} \\ M_{34} \\ M_{43} \end{bmatrix} = \frac{EI}{l} \begin{bmatrix} \frac{2}{.2} & 0 & -\frac{4+2}{.2} \\ \frac{4}{.2} & 0 & -\frac{4+2}{.2} \\ 4 & 2 & -1 \left(\frac{6}{\sqrt{1^2+.4^2}} \right) \\ \frac{2}{\sqrt{1^2+.4^2}} & \frac{4}{\sqrt{1^2+.4^2}} & -1 \left(\frac{6}{\sqrt{1^2+.4^2}} \right) \\ 0 & \frac{4}{\sqrt{.25^2+.6^2}} & -.4 \left(\frac{6}{\sqrt{.25^2+.6^2}} \right) \\ 0 & \frac{2}{\sqrt{.25^2+.6^2}} & -.4 \left(\frac{6}{\sqrt{.25^2+.6^2}} \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \psi_{12} \end{bmatrix}$$



Systeme mit einem Pol

Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen



$$\psi_{12} = \psi, \quad \psi_{23} = .1\psi, \quad \psi_{34} = .4\psi$$

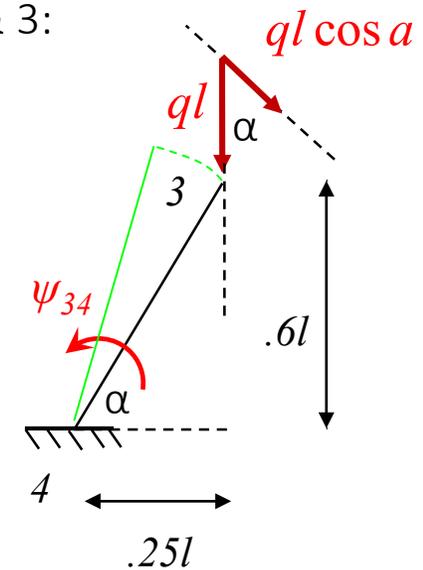
Momentengleichgewicht der Knoten 2 & 3:

$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow M_{23} + M_{21} = 0$$

$$\sum M_3 = 0 \Rightarrow M_{32} + M_{34} - \frac{ql^2}{2} = 0$$

Verschiebegleichgewicht (PVA) für ψ_{12}

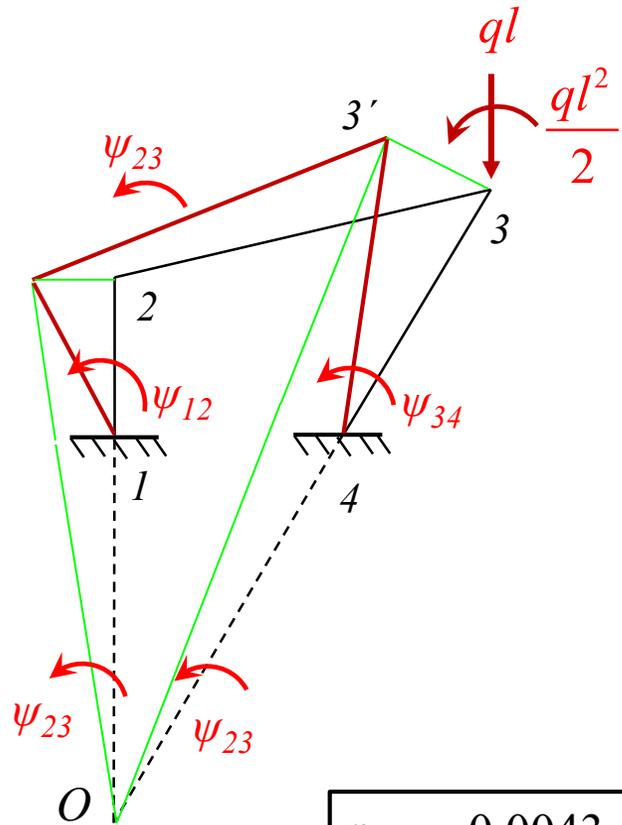
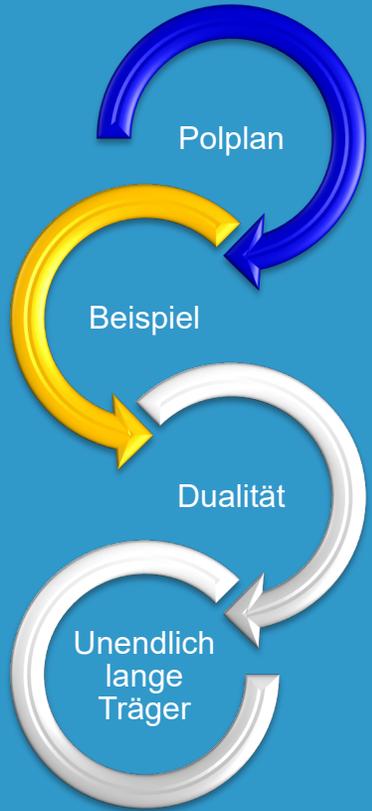
$$(M_{12} + M_{21})\psi_{12} + (M_{23} + M_{32})0.1\psi_{12} + (M_{34} + M_{43})0.4\psi_{12} - (ql \cos \alpha) \cdot l_{34} \cdot 0.4\psi_{12} = 0$$



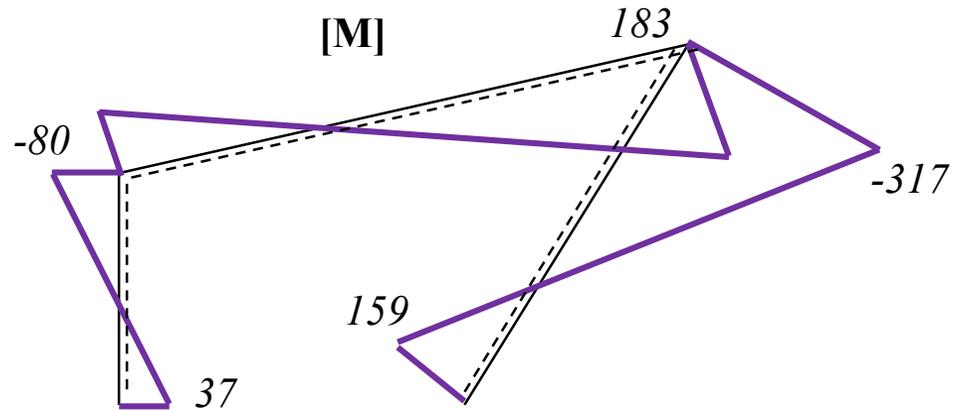
$$\varphi_2 = -0.0043ql^3 / EI, \quad \varphi_3 = 0.0514ql^3 / EI \quad \& \quad \psi_{12} = -0.0002ql^3 / EI$$

Systeme mit einem Pol

Anwendungsbeispiel – Tribünenrahmen



*das Momentendiagramm wird immer nach der klassischen Vorzeichenkonvention gezeichnet



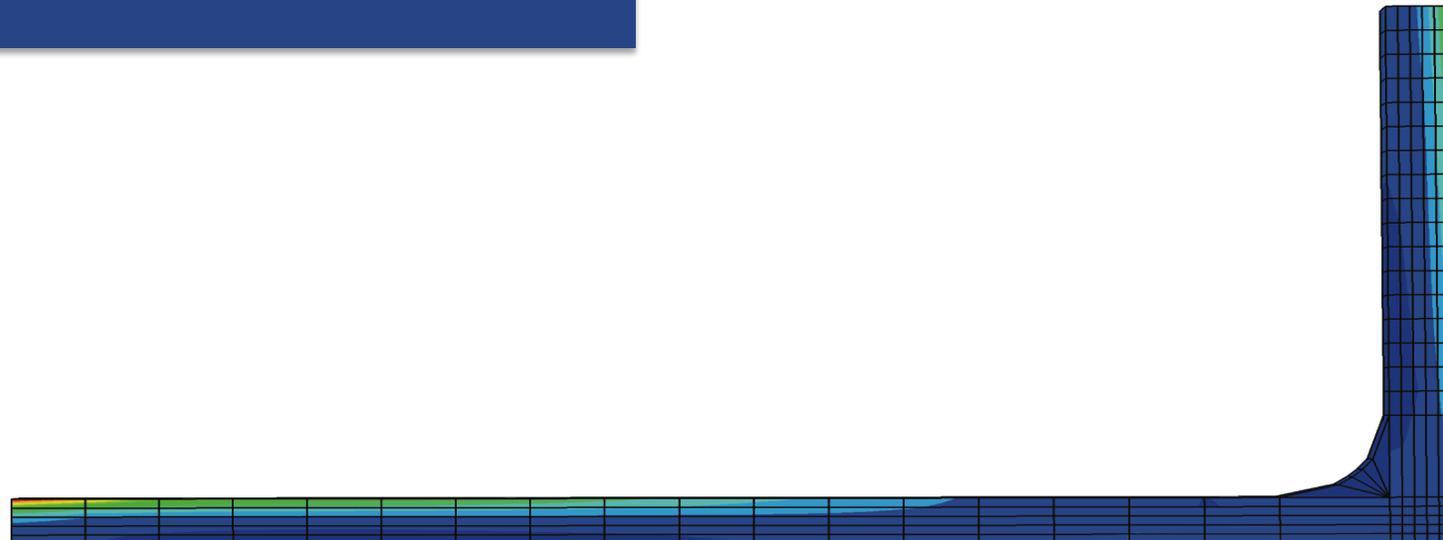
$$\varphi_2 = -0.0043ql^3 / EI, \varphi_3 = 0.0514ql^3 / EI \ \& \ \psi_{12} = -0.0002ql^3 / EI$$

— verschobene Figur



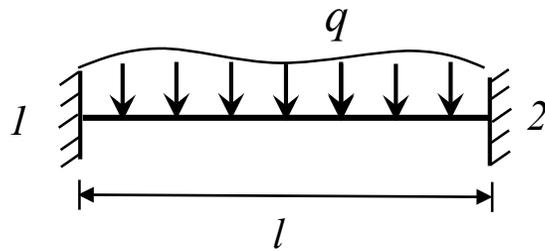
Baustatik II - Kapitel IIIb

Dualität zwischen der Kraft- und
Verformungsmethode



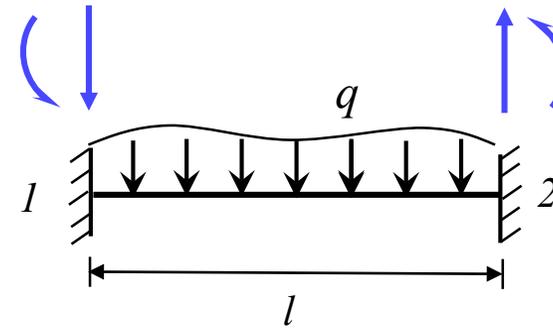
Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Als Beispiel, nehmen wir einen beidseitig eingespannten Stab an:



Grad der kinematischen
Unbestimmtheit

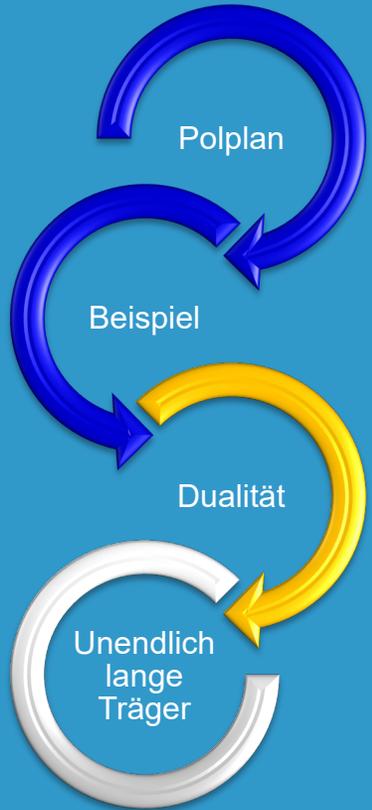
$$k_v=0$$



Grad der statischen
Unbestimmtheit

$$h=2^*$$

*Die horizontalen Reaktionen = 0 wegen keiner horizontalen Beanspruchung
d.h. 2 Gleichungen ($\sum F_y, \sum M=0$), 4 Reaktionen \rightarrow überzählige Größen

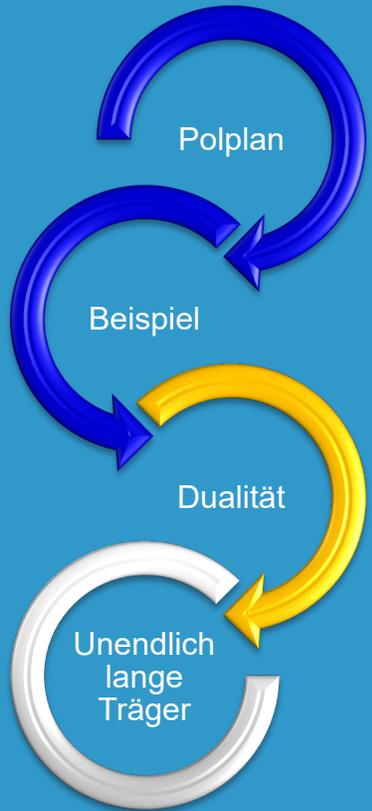
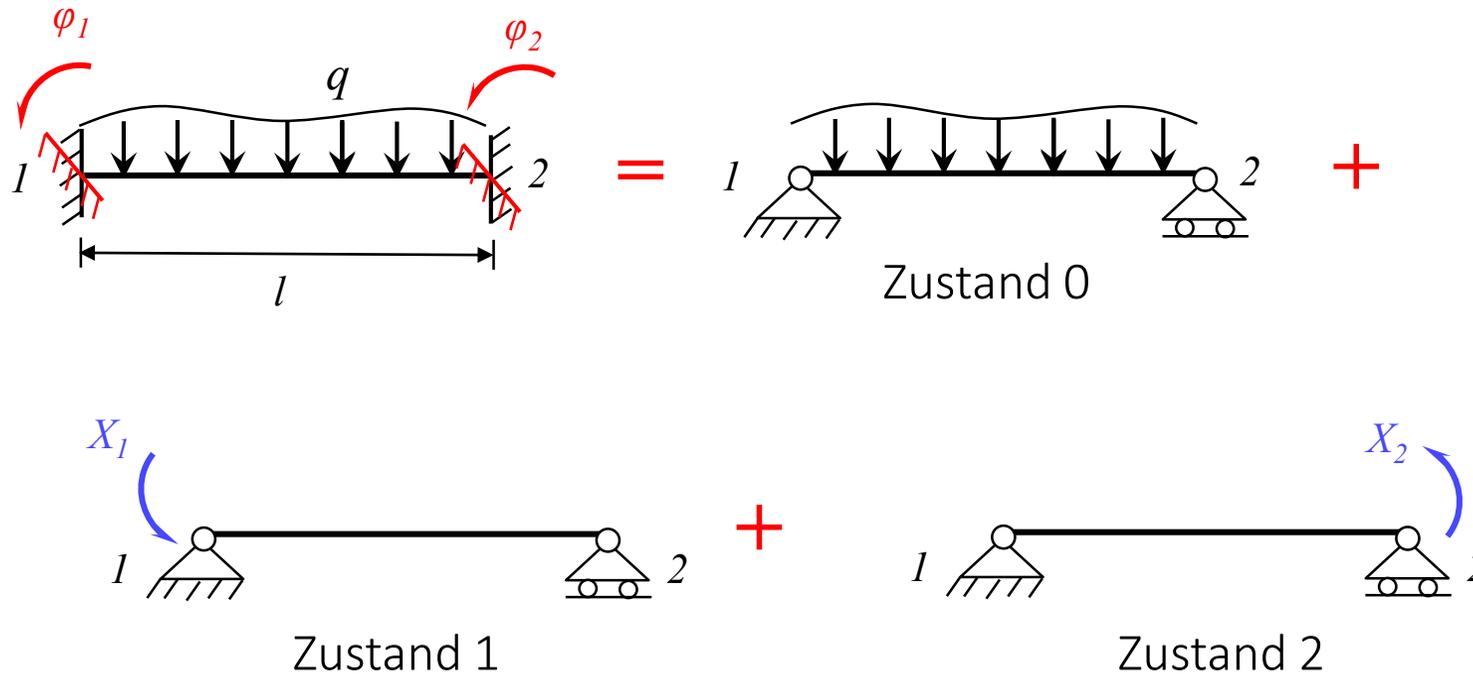


Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Als Beispiel, nehmen wir einen beidseitig eingespannten Stab an:

Kraftmethode

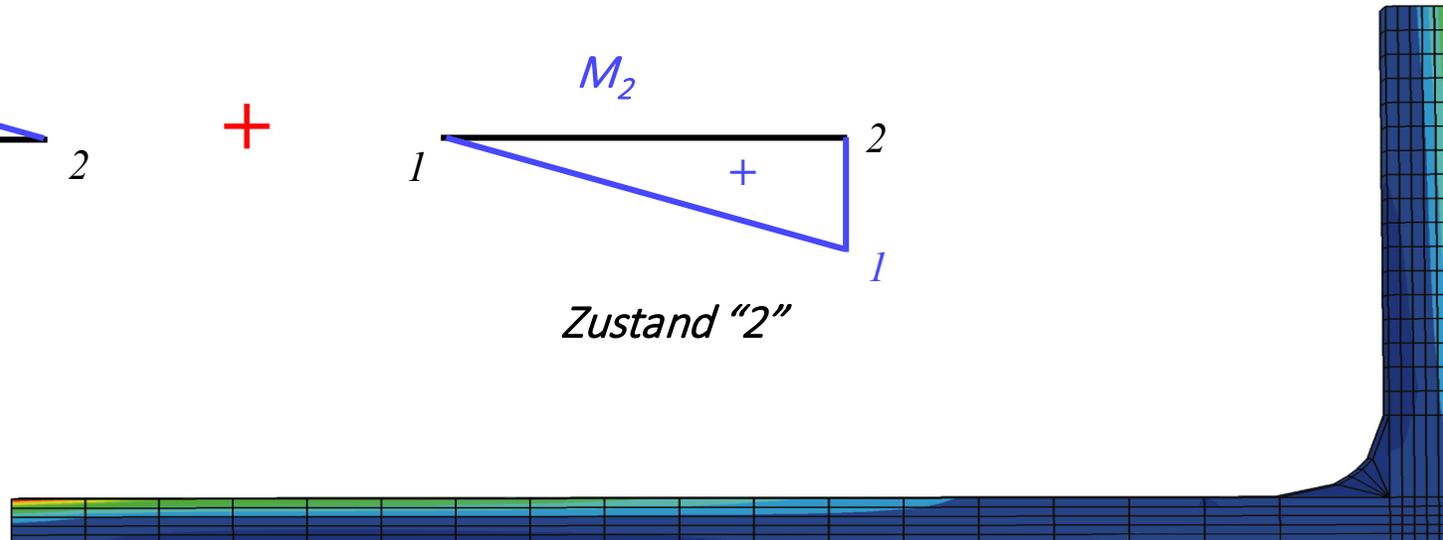
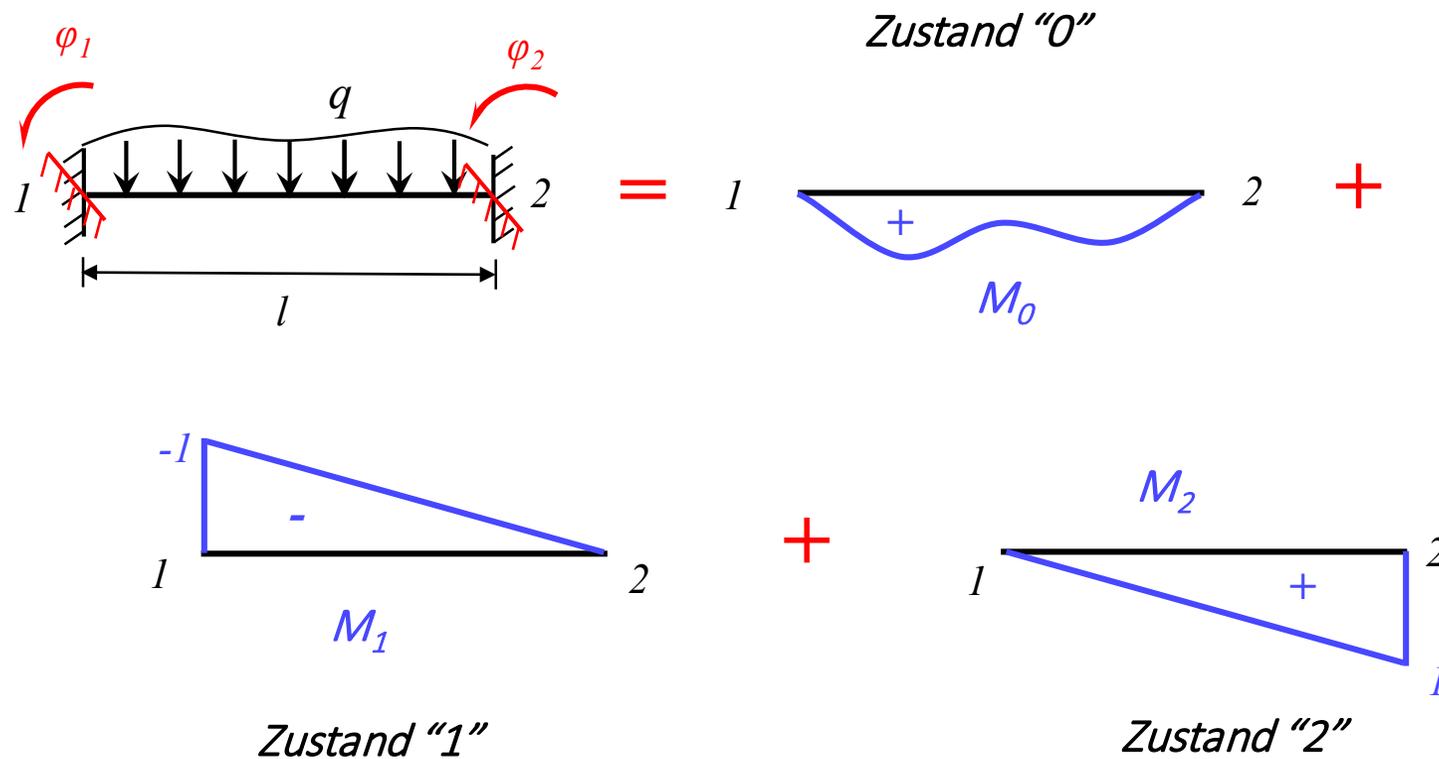
Wir wählen die beiden Endmomente als die überzähligen Größen. Ein statisch bestimmtes System ist dann durch Befreiung der entsprechenden Verdrehungen erhältlich.



Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Als Beispiel, nehmen wir einen beidseitig eingespannten Stab an:

Kraftmethode

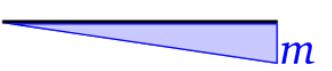


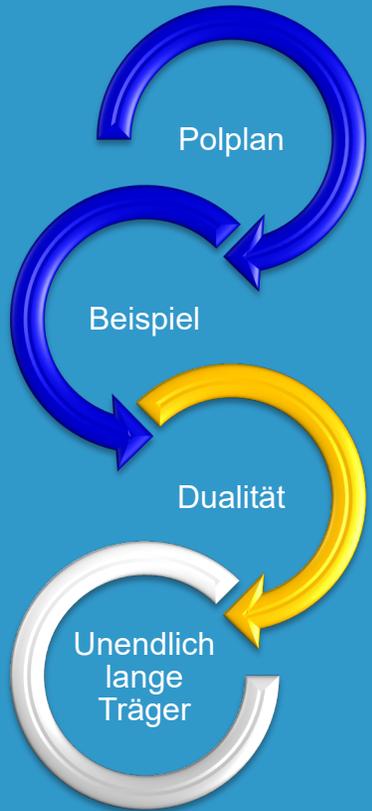
Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Berechnung der befreiten Verformungen:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \delta_{10} + \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 \\ \varphi_2 &= \delta_{20} + \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 \end{aligned} \right\} \text{ wobei } \delta_{ij} = \delta_{ji} = \int_0^l \frac{M_i M_j}{EI} dx$$

Die Nachgiebigkeits-Koeffizienten sind aus folgender Matrix erhältlich:

			
	$1mM$	$\frac{1}{2}mM$	$\frac{1}{2}mM$
	$\frac{1}{2}mM$	$\frac{1}{3}mM$ δ_{11}	$\frac{1}{6}mM$ δ_{12}



Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Berechnung der befreiten Verformungen:

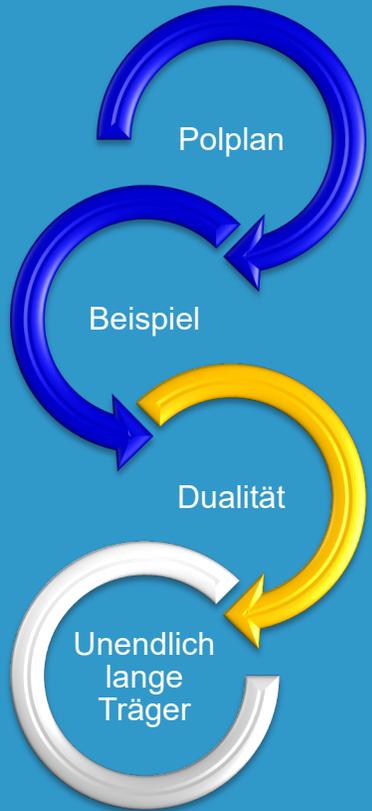
$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \delta_{10} + \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 \\ \varphi_2 &= \delta_{20} + \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 \end{aligned} \right\} \text{wobei } \delta_{ij} = \delta_{ji} = \int_0^l \frac{M_i M_j}{EI} dx$$

Die Nachgiebigkeitsmatrix des Systems ist demnach:

Determinante

$$[\delta] = \frac{l}{EI} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & -\frac{1}{6} \\ -\frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \Rightarrow [\delta]^{-1} = \frac{EI}{l} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 3 \\ 6 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{6} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}$$

$$[\delta]^{-1} = \frac{12EI}{l} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & -\frac{1}{6} \\ -\frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \Rightarrow [\delta]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{4EI}{l} & \frac{2EI}{l} \\ \frac{2EI}{l} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix}$$



Dualität zwischen der Kraft- und Verformungsmethode

Dabei stellen die Hauptdiagonalelemente die Stabsteifigkeiten dar, während die Nebendiagonalelemente die Kreuzsteifigkeiten präsentieren.

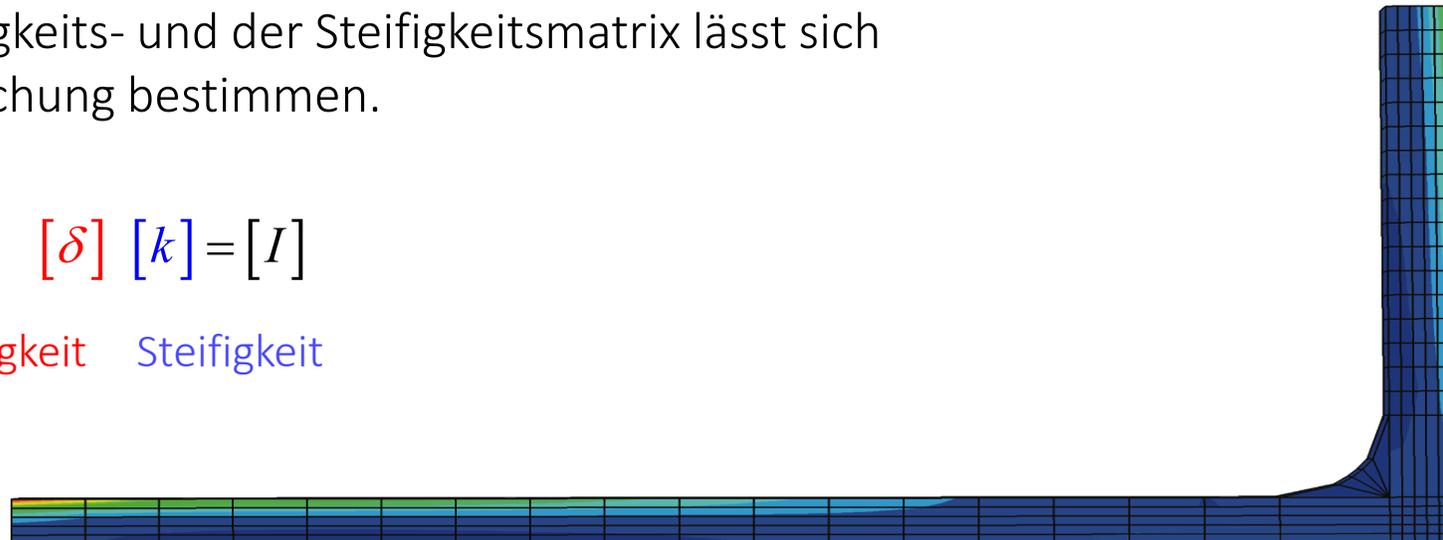
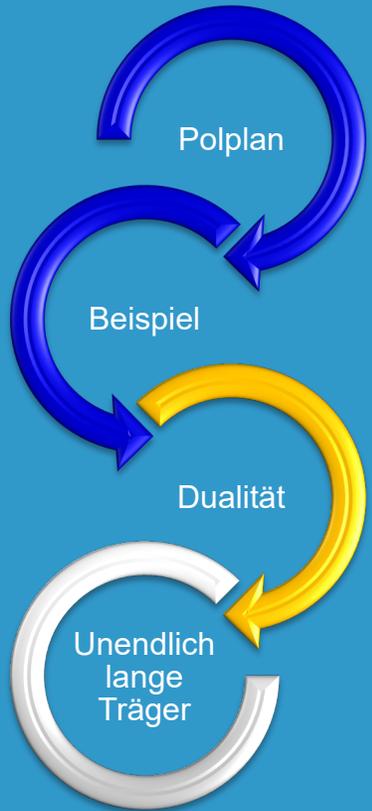
Stabsteifigkeiten Kreuzsteifigkeiten

$$[\delta]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{4EI}{l} & \frac{2EI}{l} \\ \frac{2EI}{l} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} = [k]$$

Durch Vorgabe der Nachgiebigkeits- und der Steifigkeitsmatrix lässt sich durch Inversion folgende Gleichung bestimmen.

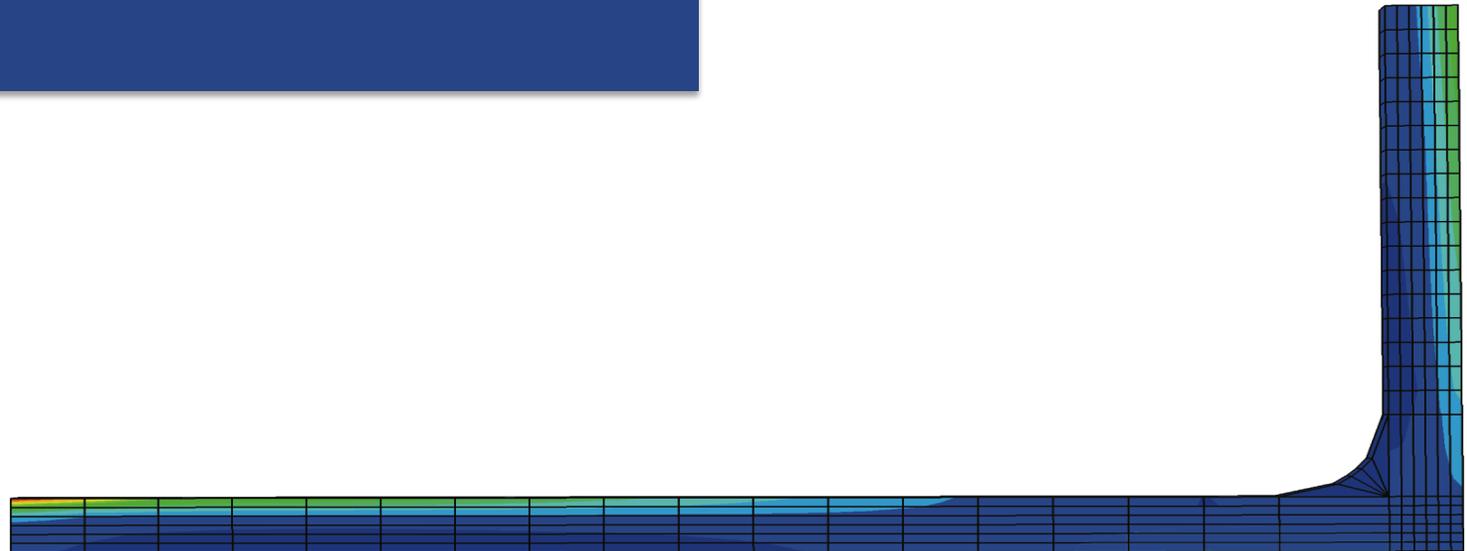
$$[\delta] [k] = [I]$$

Nachgiebigkeit Steifigkeit

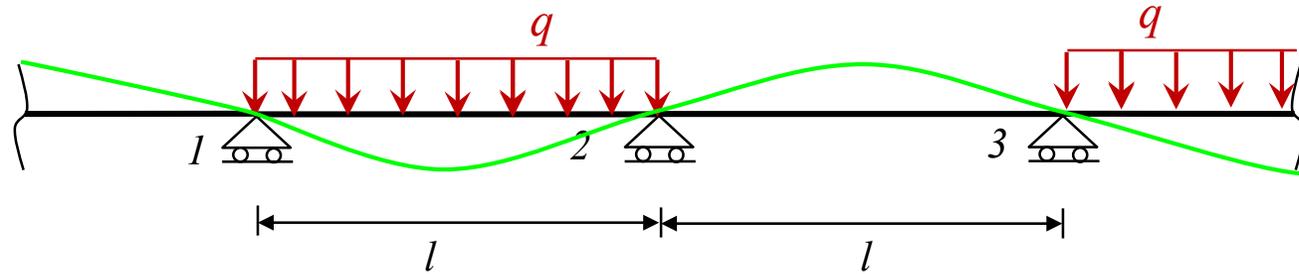


Baustatik II - Kapitel IIIb

Die Verformungsmethode Unendlich langer Durchlaufträger



Unendlich langer Durchlaufträger



Der unendlich lange Durchlaufträger besteht aus abwechselnd belasteten, gleich langen Feldern → unendlich-fach statisch unbestimmtes System

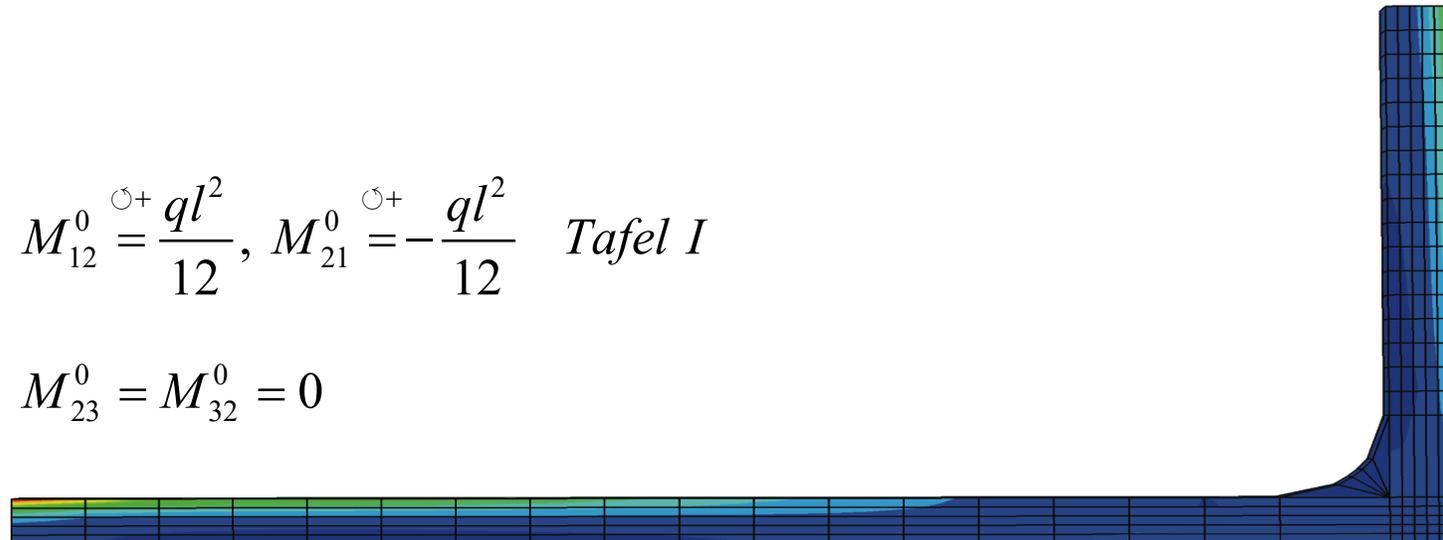
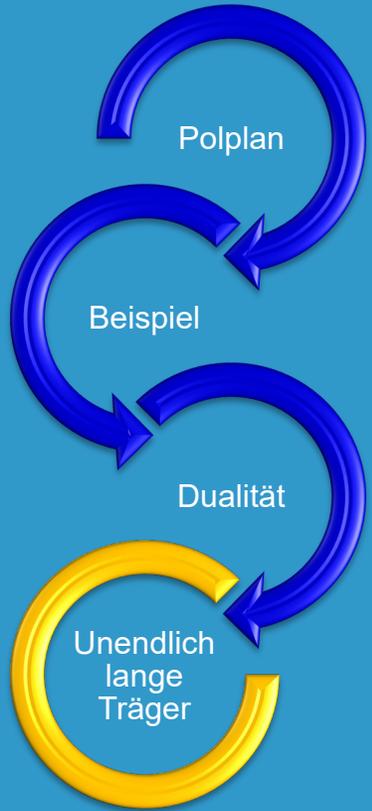
Anwendung der Verformungsmethode

Symmetrie: $-\varphi_1 = \varphi_2 = -\varphi_3 = \varphi$

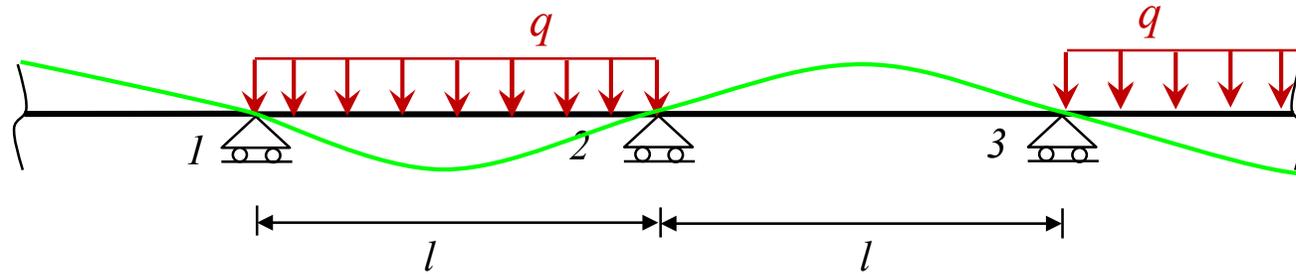
Felder *1-2* & *2-3*

Zustand "0"-Grundstab $M_{12}^0 \overset{\circ+}{=} \frac{ql^2}{12}, M_{21}^0 \overset{\circ+}{=} -\frac{ql^2}{12}$ *Tafel I*

$$M_{23}^0 = M_{32}^0 = 0$$



Unendlich langer Durchlaufträger



$$-\varphi_1 = \varphi_2 = -\varphi_3 = \varphi$$

 φ_j

Felder 1-2 & 2-3

Zustand "φ"

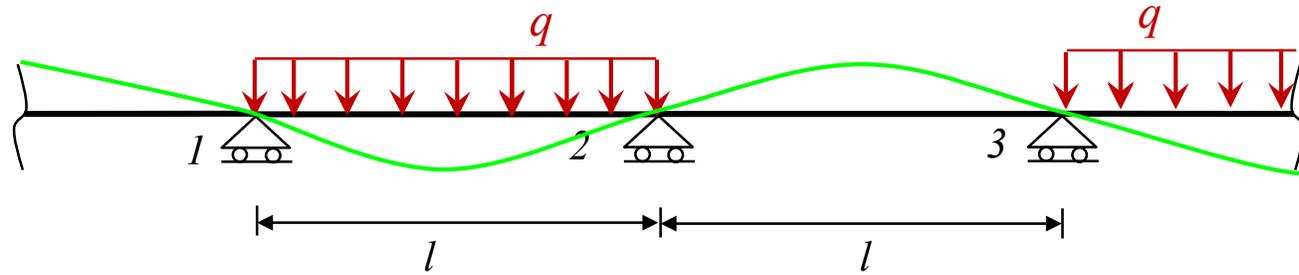
Stab- und Kreuzsteifigkeiten

$$s_{21} = s_{23} = \frac{4EI}{l} \quad t_{21} = t_{23} = \frac{2EI}{l}$$

Unverschiebliches System $\Rightarrow \psi = 0$

Durch Superposition: $M_{ij} = M_{ij}^0 + s_{ij}\varphi_i + t_{ij}\varphi_j - (s_{ij} + t_{ij})\psi_{ij}$ +

Unendlich langer Durchlaufträger



$$-\varphi_1 = \varphi_2 = -\varphi_3 = \varphi$$



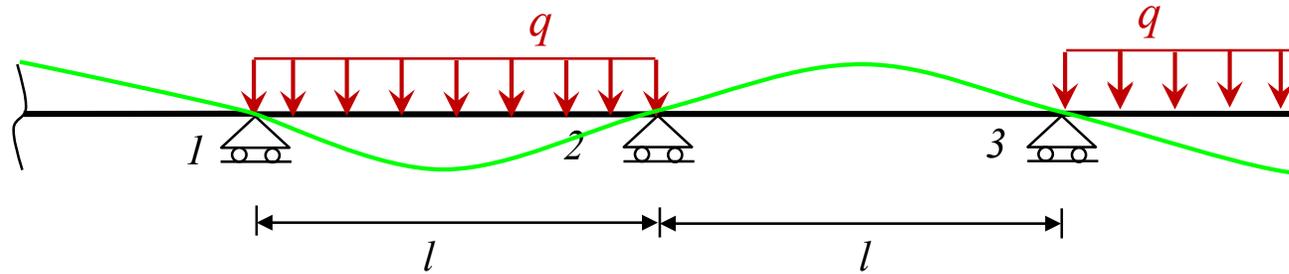
Durch Superposition: $M_{ij} = M_{ij}^0 + s_{ij}\varphi_i + t_{ij}\varphi_j - (s_{ij} + t_{ij})\psi_{ij}$ 

$$\left. \begin{aligned} M_{21} &= M_{21}^0 + s_{21}\varphi_2 + t_{32}\varphi_1 \\ M_{23} &= M_{23}^0 + s_{23}\varphi_2 + t_{23}\varphi_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} M_{21} &= M_{12}^0 + s_{21}\varphi - t_{21}\varphi \\ M_{23} &= M_{23}^0 + s_{23}\varphi - t_{23}\varphi \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} M_{21} &= -\frac{ql^2}{12} + \frac{4EI}{l}\varphi - \frac{2EI}{l}\varphi \\ M_{23} &= 0 + \frac{4EI}{l}\varphi - \frac{2EI}{l}\varphi \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} M_{21} &= -\frac{ql^2}{12} + \frac{2EI}{l}\varphi \\ M_{23} &= \frac{2EI}{l}\varphi \end{aligned} \right\}$$

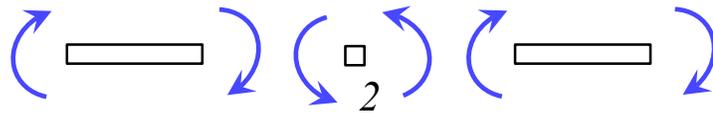


Unendlich langer Durchlaufträger



Momentengleichgewicht

$$-\varphi_1 = \varphi_2 = -\varphi_3 = \varphi$$



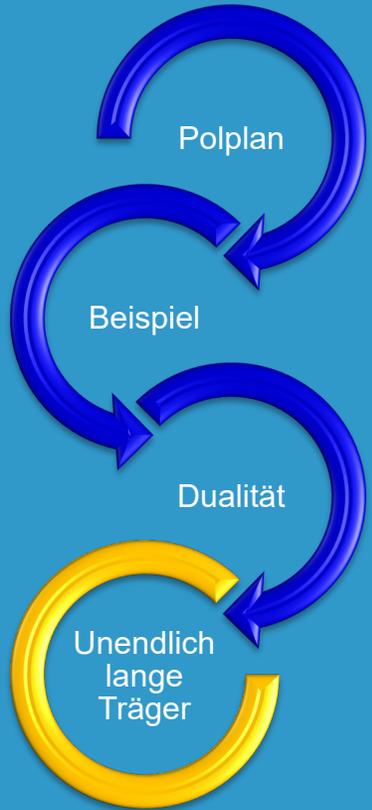
$$M_{21} + M_{23} = 0 \Rightarrow -\frac{ql^2}{12} + \frac{4EI}{l}\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{ql^2}{48EI}$$

$$M_{21} = -\frac{ql^2}{24} \quad M_{23} = \frac{ql^2}{24} \quad \text{während}$$

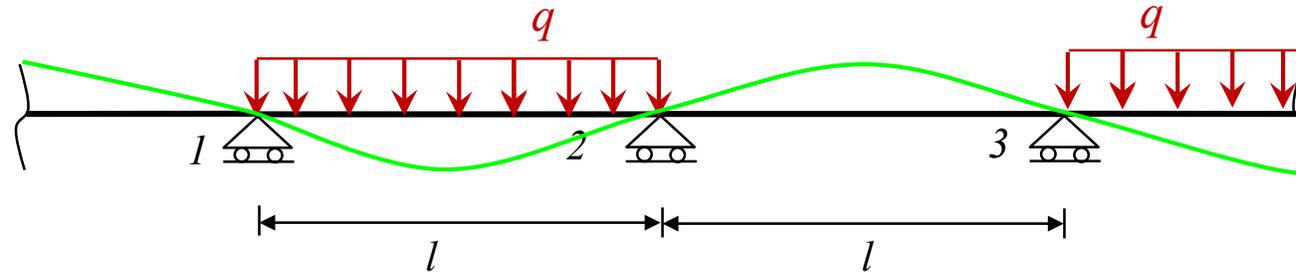
Daher:

$$M_{12} = M_{21}^0 + s_{12}\varphi_1 + t_{12}\varphi_2 = \frac{ql^2}{12} - \frac{4EI}{l}\varphi + \frac{2EI}{l}\varphi = \frac{ql^2}{24}$$

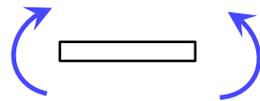
$$M_{32} = M_{23}^0 + s_{23}\varphi_3 + t_{23}\varphi_2 = 0 - \frac{4EI}{l}\varphi + \frac{2EI}{l}\varphi = -\frac{ql^2}{24}$$



Unendlich langer Durchlaufträger



Momentenverlauf

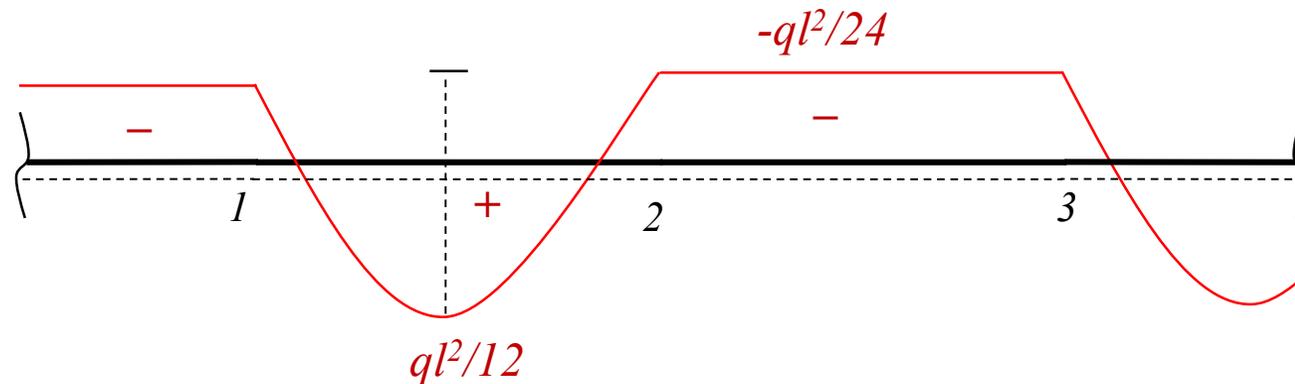


Achtung! Jetzt wird die klassische Vorzeichenkonvention angewendet!

Wobei:

$M_{21} = -\frac{ql^2}{24}$	$M_{23} = -\frac{ql^2}{24}$
$M_{12} = -\frac{ql^2}{24}$	$M_{32} = -\frac{ql^2}{24}$

Gemäss der klassischen Konvention



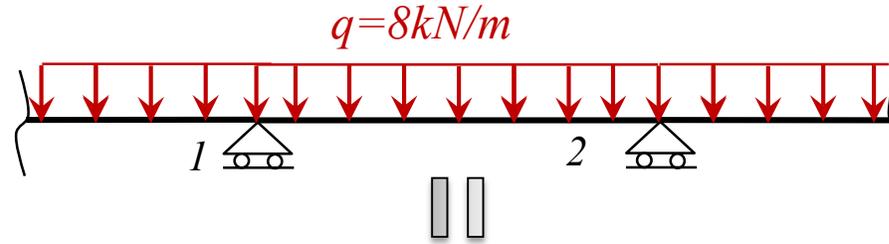
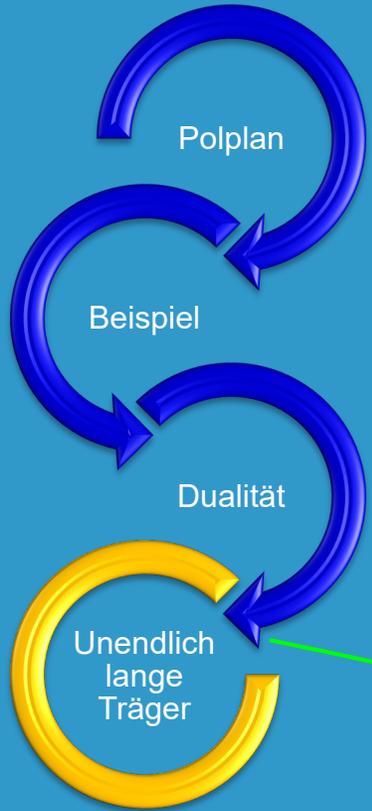
Polplan

Beispiel

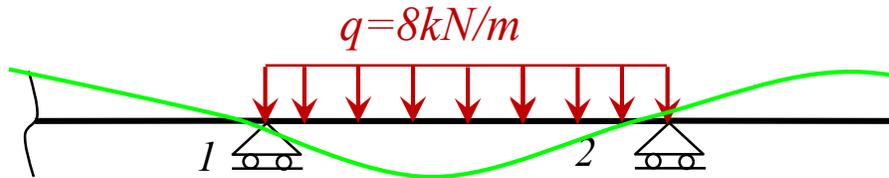
Dualität

Unendlich lange Träger

Anwendungsbeispiel: Grenzwertlinien für unendlich lange Durchlaufträger

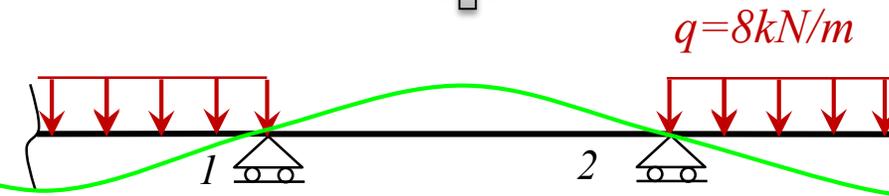


$$-\varphi_{12} = \varphi_{21} = \varphi$$



$$-\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$$

+

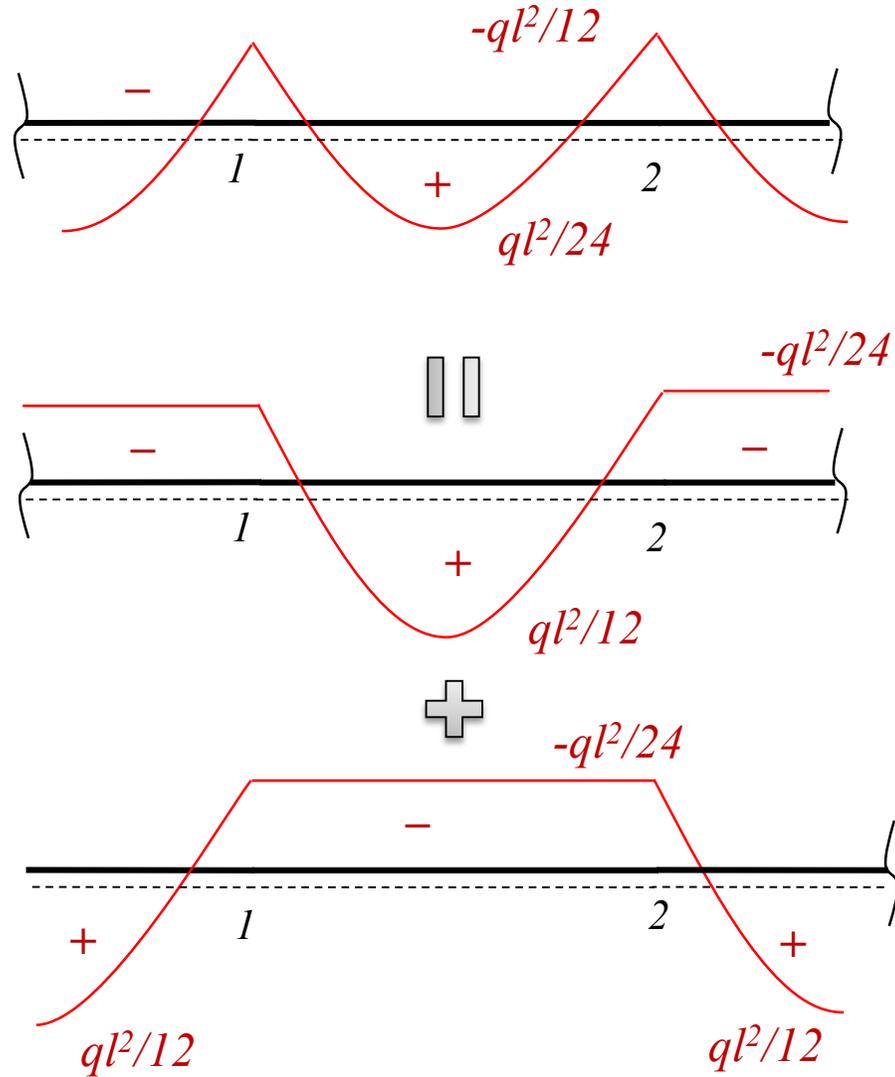
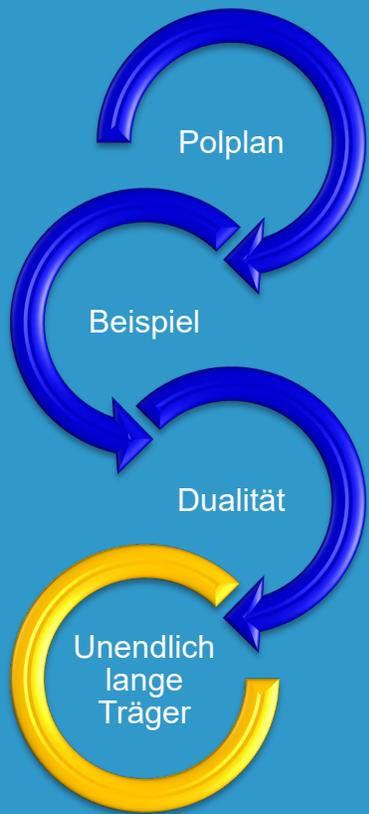


Verschiebung

$$\varphi_1 = -\varphi_2 = \varphi$$



Anwendungsbeispiel: Grenzwertlinien für unendlich lange Durchlaufträger



$$-\varphi_{12} = \varphi_{21} = \varphi$$

$$-\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$$

$$\varphi_1 = -\varphi_2 = \varphi$$



Am Ende dieses Kapitels sollten Sie in der Lage sein:

1. dem Polplan für verschiebliche Systeme zu zeichnen
2. allgemeine verschiebliche System zu lösen
3. die Dualität zwischen Kraft- & Verformungs-Methode zu verstehen
4. unendlich lange Durchlaufträger zu lösen

