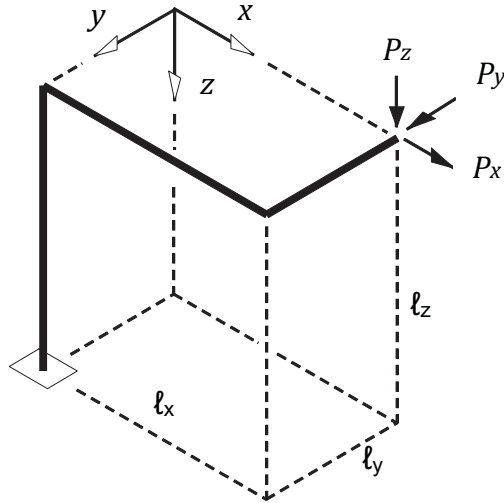


F. Räumliche Tragwerke / Torsion

Einführungsbeispiel

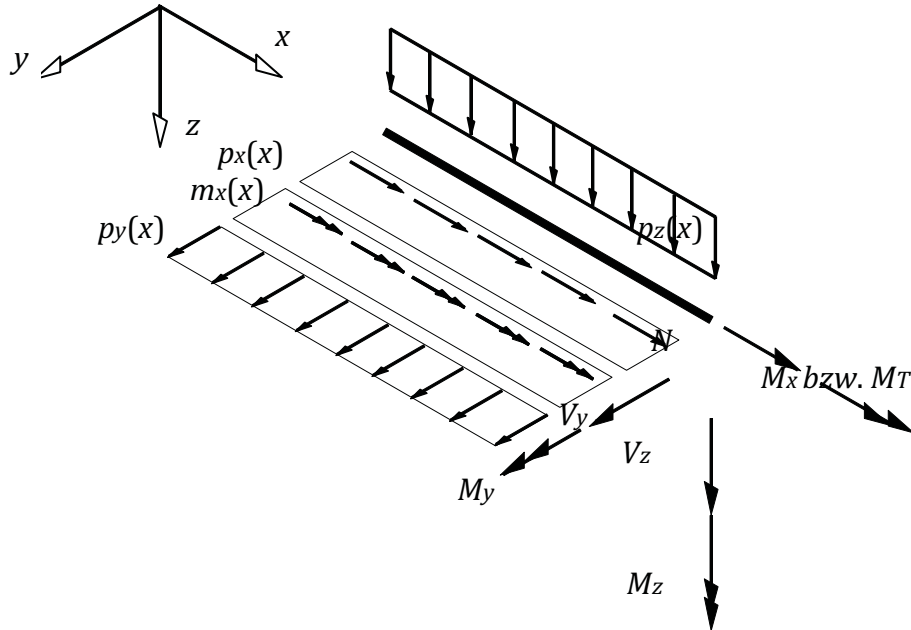


Ergebnis:

- Bei räumlichen Systemen stehen 6 Gleichgewichtsbedingungen zur Verfügung.
- Momentensummen müssen immer um Drehachsen gebildet werden.
- Der Hebelarm ist der räumliche Abstand der Wirkungslinie einer Kraft zur Drehachse.
- Kräfte bzw. Kraftkomponenten parallel zur Drehachse haben keine Drehwirkung.

F.1 Allgemeines

1. Positive Schnittgrößen am positiven Schnittufer eines räumlich beanspruchten Stabelements (räumliche Darstellung im lokalen Koordinatensystem):

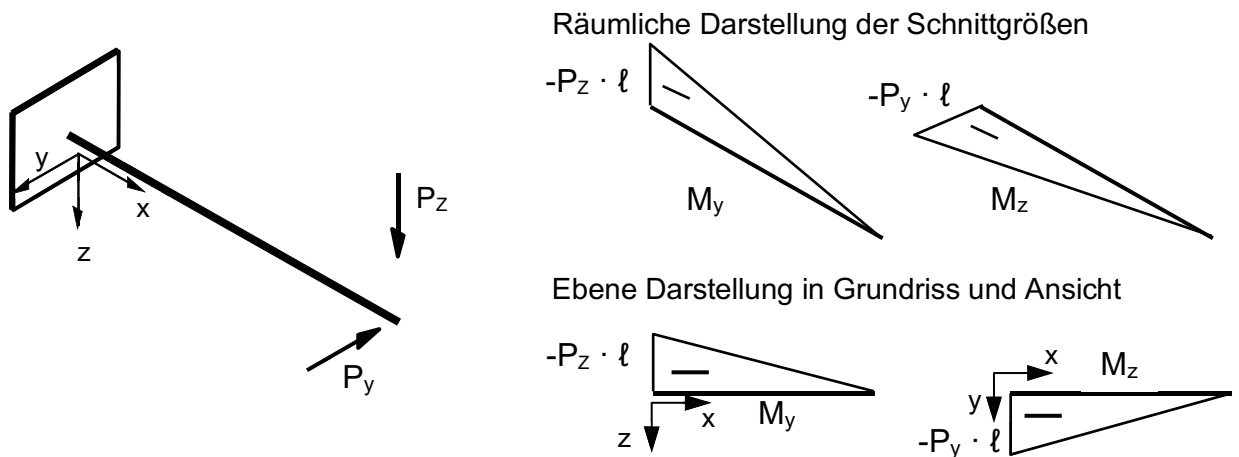


Merke: Das positive Torsionsmoment M_T (bzw. M_x) zeigt als (Dreh-)Vektor immer aus dem Schnittufer heraus!

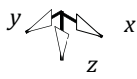
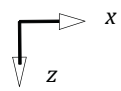
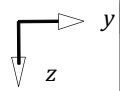
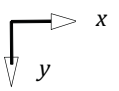



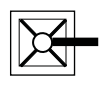



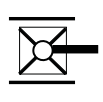



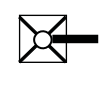
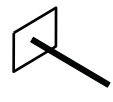
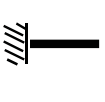
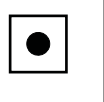
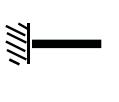
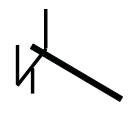
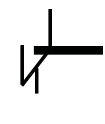

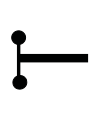
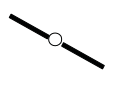
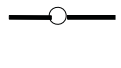
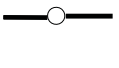
2. Darstellung von Zustandslinien

Biegemomente sind stets auf der Seite der gezogenen Faser anzutragen.
Dies bedeutet: Positive M_y werden in Richtung der positiven z -Achse angetragen.
ABER: Positive M_z werden in Richtung der negativen y -Achse angetragen!

Beispiel:



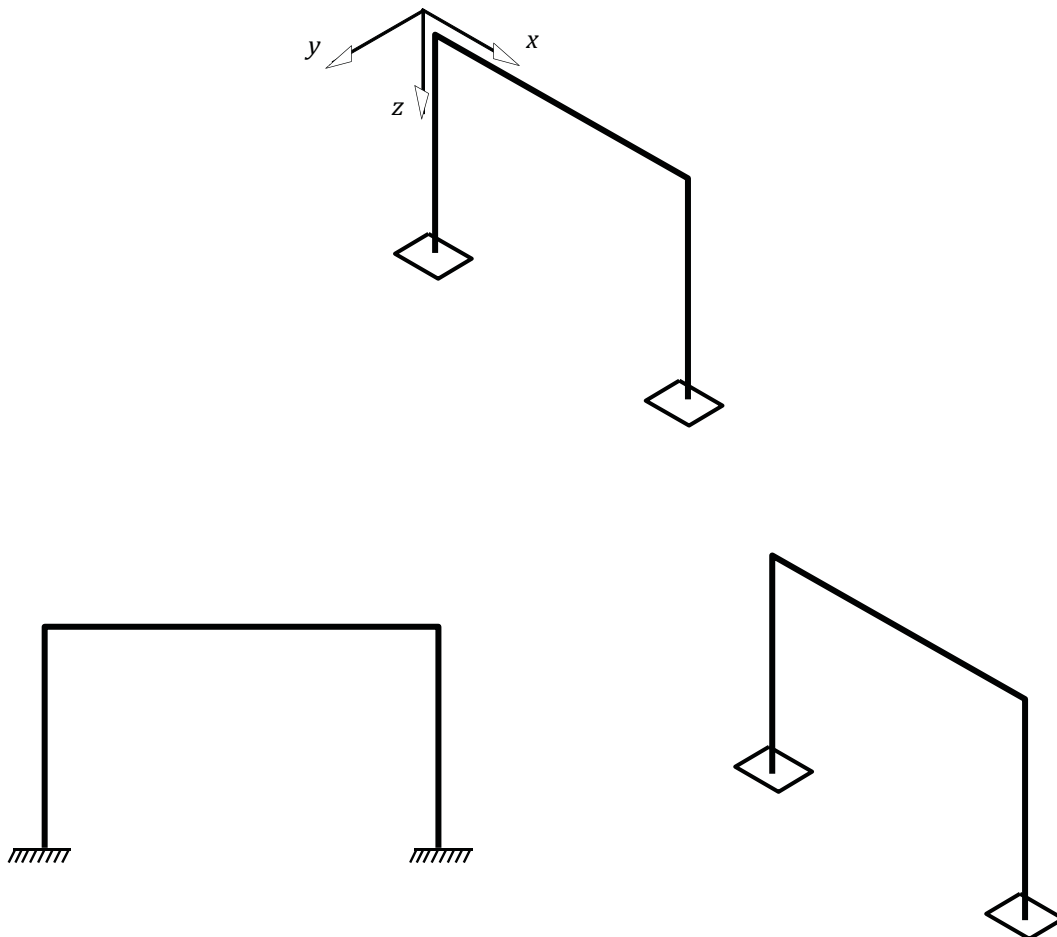
3. Symbole für räumliche Lager

	 Ansicht	 Ansicht	 Draufsicht	Randbedingungen	ALRs
				unversch. gelenkig $M_x, M_y, M_z = 0$ $u_x, u_y, u_z = 0$	A_x, A_y, A_z
				einseitig versch. gelenkig $A_x, M_x, M_y, M_z = 0$ $u_y, u_z = 0$	A_y, A_z
				allseitig versch. gelenkig $A_x, A_y, M_x, M_y, M_z = 0$ $u_z = 0$	A_z
				starre Einspannung $u_x, u_y, u_z, \vartheta, \varphi_y, \varphi_z = 0$	A_x, A_y, A_z M_{Ax}, M_{Ay}, M_{Az}
				Gabellager $\vartheta = 0 \quad M_y, M_z = 0$ $u_z = 0$ evtl. auch u_x, u_y	(A_x, A_y, A_z) M_{Ax}
				Kugelgelenk $M_x, M_y, M_z = 0$	Gelenkkräfte G_x, G_y, G_z

4. Ebene Systeme unter räumlicher Belastung

Bei ebenen Systemen mit räumlicher Belastung lässt sich die Belastung folgendermaßen aufteilen:

- *Belastungsanteil in der Tragwerksebene = **Rahmen*** → $N, V_{(z)}, M_{(y)}$
Der Belastungsanteil in der Tragwerksebene führt zur Tragwirkung eines Rahmens mit den bekannten Schnittgrößen N, V und M (vgl. Teil A). Die Verformung findet nur in der Rahmenebene statt.
- *Belastungsanteil senkrecht zur Tragwerksebene = **Trägerrost*** → V_y, M_z, M_T
Der Belastungsanteil senkrecht zur Tragwerksebene führt zur Tragwirkung eines *Trägerrosts* mit den Schnittgrößen Querkraft, Biegemoment und Torsionsmoment. Die Verformung ist nur senkrecht zur Rahmenebene.



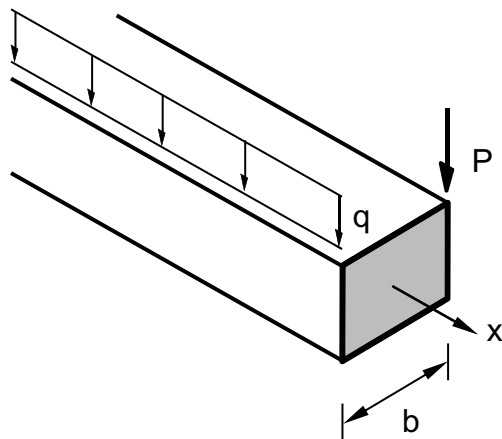
5. Indirekte Torsionsbelastung

Häufig wirken Einzellasten P und Streckenlasten p nicht unmittelbar in der Achse eines Stabes, sondern mit einer Ausmittigkeit e ("Exzentrizität"). In der statischen Berechnung, in der alle Lasten auf die Stabachse umgerechnet werden, bedeutet dies, dass außer der eigentlichen Last zusätzlich ein Torsionsmoment $M_x = P \cdot e$ bzw. ein Streckentorsionsmoment $m_x = p \cdot e$ anzusetzen ist.

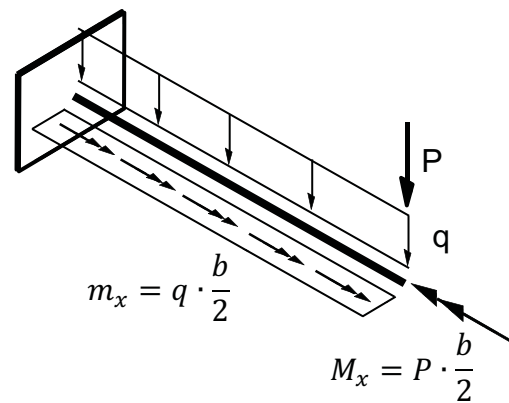
Beispiel : Exzentrisch belasteter Balken

Reale Situation:

Exzentrizität der Lasten $e = \frac{b}{2}$



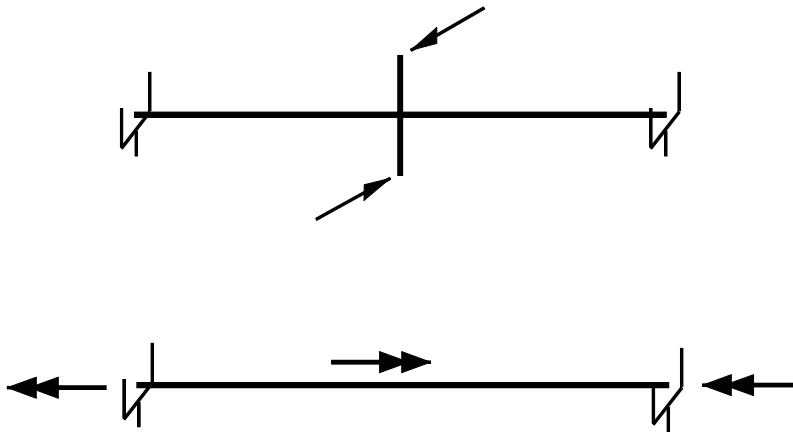
Statisches System mit Belastung



F.2 Berechnung von Torsionsmomenten

(Torsion ohne Wölbbehinderung = St. Venant'sche Torsion)

Torsionslasten und Auflagerreaktionen – Beispiel :



ALR

Schnittgrößen

_____ M_T

Regeln für den Verlauf von Torsionsmomenten:

Abschnitt ohne Torsionsbelastung

Einzeltorsionsmoment M_x

Linientorsionsmoment m_x