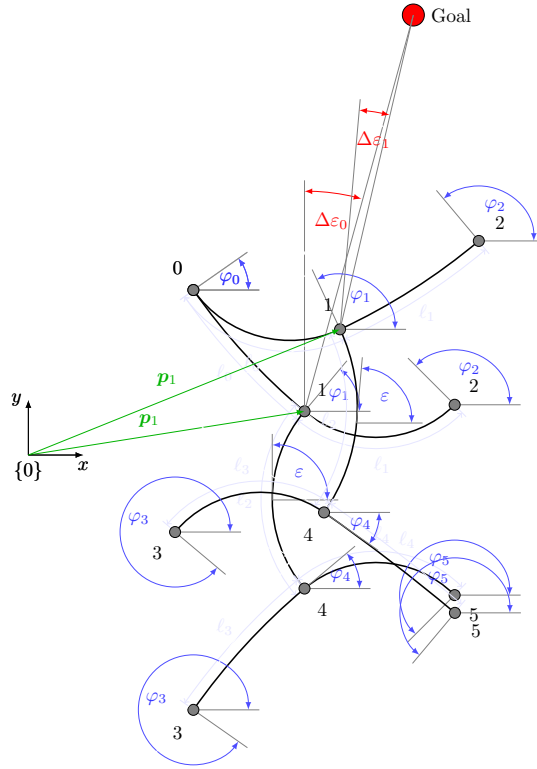


# 1 Problem Statement

- Angenommen die Konfiguration / Pose des Roboters  $\rho = [\alpha, p_1, \varepsilon]$  ist vollständig bekannt, wobei  $\alpha$  die Gelenkkoordinaten / Biegewinkel der einzelnen Glieder sind,  $p_1$  die Position des vorderen Torsoendes und  $\varepsilon$  die Orientierung des Roboters. Siehe Bild:



- Für die Pfadplanung, wäre eine Funktion hilfreich, die zu einer gegebenen Wunschkrehung  $\Delta\varepsilon$ , eine entsprechende Abfolge von Roboter-Konfigurationen / Posen ausgibt, sodass sich der Roboter entsprechend dreht.
- So könnte zB die Richtung des Roboters so justiert werden, dass er sich auf ein gegebenes Ziel zu bewegt.
- Für den geraden Gang ist eine analytische Funktion bekannt, die die Geschwindigkeit des Roboters einstellt. Geschwindigkeit im Sinne von Schrittweite, bzw. Vorschub pro Zyklus:

$$\alpha = \begin{bmatrix} 45 - \frac{x_1}{2} \\ 45 + \frac{x_1}{2} \\ x_1 \\ 45 - \frac{x_1}{2} \\ 45 + \frac{x_1}{2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Die Schrittweite ist hier als  $x_1$  beschrieben.

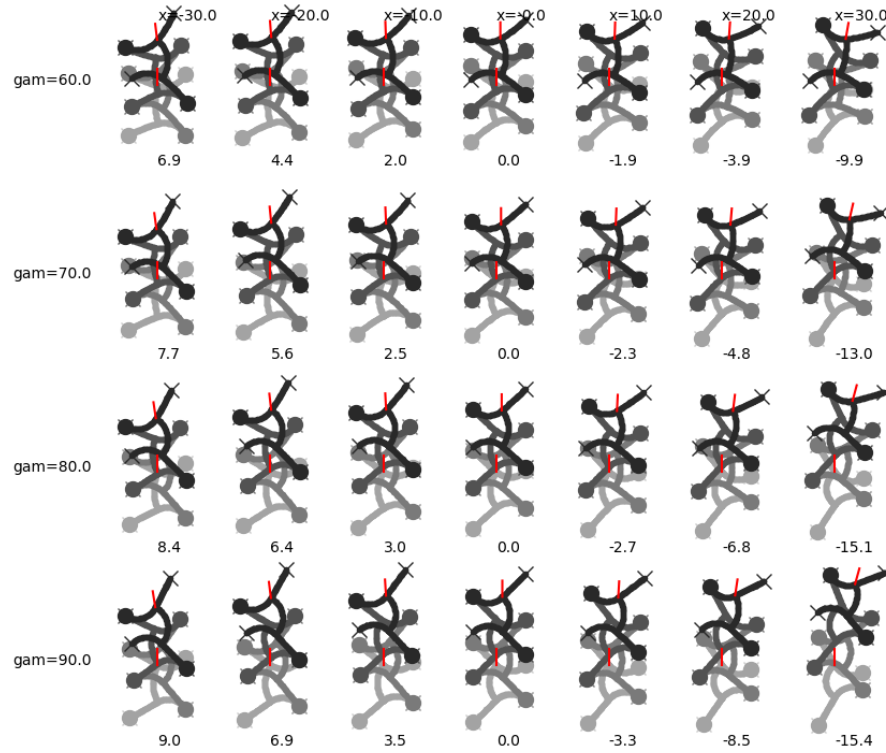
## 2 Approach: Guess structure for a analytic model for walking curves

- Src can be found: `analytic_model.py`
- Model:

$$\alpha = \begin{bmatrix} 45 - \frac{x_1}{2} \\ 45 + \frac{x_1}{2} \\ x_1 + x_2 \\ 45 - \frac{x_1}{2} \\ 45 + \frac{x_1}{2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Method:

Simulate for different  $x_1$  and  $x_2$  (in der Abbildung unten ist  $x_1 = \text{gam}$  und  $x_2 = x$ )



## 3 Approach: Try

- Src can be found: `analytic_model_2.py`
- Model:

$$\alpha = \begin{bmatrix} 45 - \frac{x_1}{2} + \bar{f}_0|x_1x_2| + f_0|x_1|x_2 \\ 45 + \frac{x_1}{2} + \bar{f}_1|x_1x_2| + f_1|x_1|x_2 \\ x_1 + |x_1|x_2 \\ 45 - \frac{x_1}{2} + \bar{f}_2|x_1x_2| + f_2|x_1|x_2 \\ 45 + \frac{x_1}{2} + \bar{f}_3|x_1x_2| + f_3|x_1|x_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

#### 4 Approach: Optimize Extra leg bending Angle for given extra torso bending

- Src can be found: `analytic_model_3.py`
- Model:

$$\alpha = \begin{bmatrix} 45 - \frac{x_1}{2} + \bar{f}_0x_3 + f_0x_4 \\ 45 + \frac{x_1}{2} + \bar{f}_1x_3 + f_1x_4 \\ x_1 + x_2 \\ 45 - \frac{x_1}{2} + \bar{f}_2x_4 + f_3x_3 \\ 45 + \frac{x_1}{2} + \bar{f}_3x_4 + f_4x_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

- Annahme:

Die Extra Biegung  $x_3$  für freie Beine und die Extra Biegung  $x_4$  für fixierte Beine sind abhängig von der Extra Biegung  $x_2$  für den Torso.

- Methode:

Für gegebenes Extra Torso Bending  $x_2$  und gegebenene Torso Biegung  $x_1$  minimiere die Innere Spannung über den Gang mit  $n$  Zyklen aufsummiert:

Gegeben:  $x_1$  Torsobiegung  
 $x_2$  Extra Torsobiegung  
 Gesucht:  $x_3$  Extra Beinbiegung fixiert vorn  
 $x_4$  Extra Beinbiegung fixiert hinten

$$cost(\mathbf{x}) = \sum gait(\mathbf{x}).stress \quad (5)$$

- Observations:

Hinter- und Vorderbeine sind nicht symmetrisch, aber kreuzweise symmetrisch: Die Extrabiegung für ein **nicht fixiertes Vorderbein** entspricht der Extrabiegung eines **fixierten Hinterbeins** und andersherum.