

# Denavit-Hartenberg-Konventionen

Die Denavit-Hartenberg-Konventionen sind weit verbreitet und sollen die Durchführung der kinematischen Vorwärts- und Rückwärtstransformation erleichtern. Sie bestehen aus folgenden Teilen:

- DH-Konventionen zur Festlegung der Koordinatensysteme
- DH-Transformationen zur Erzeugung der Koordinatensysteme
- DH-Parametern aus den Transformationen

# Denavit-Hartenberg-Konventionen

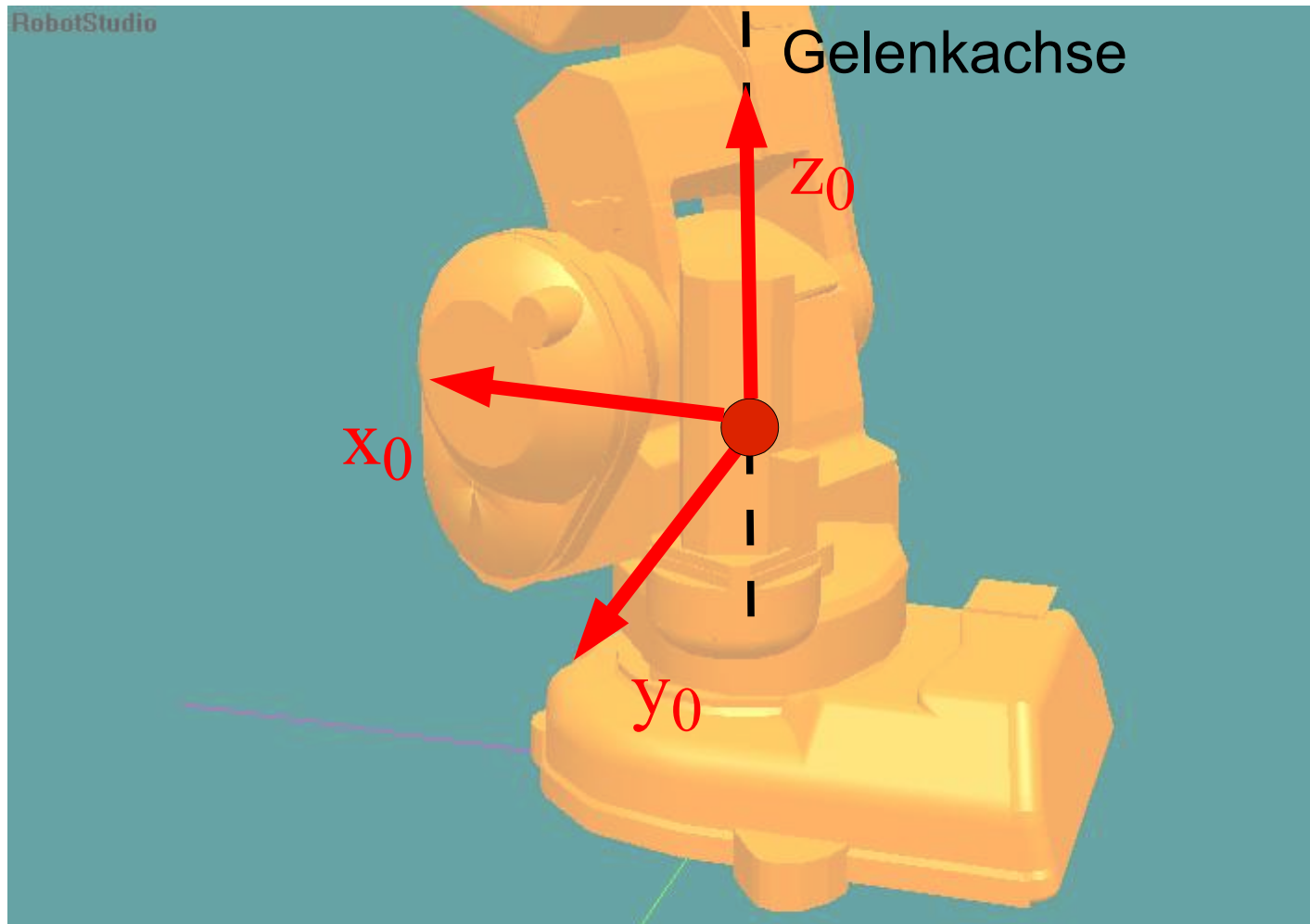
## Festlegung der Koordinatensysteme

Die Festlegung der Koordinatensysteme erfolgt nach festen Regeln, um die nachfolgenden Schritte problemlos (?!) durchführen zu können.

Eine gewisse Wahlfreiheit bleibt trotzdem erhalten.

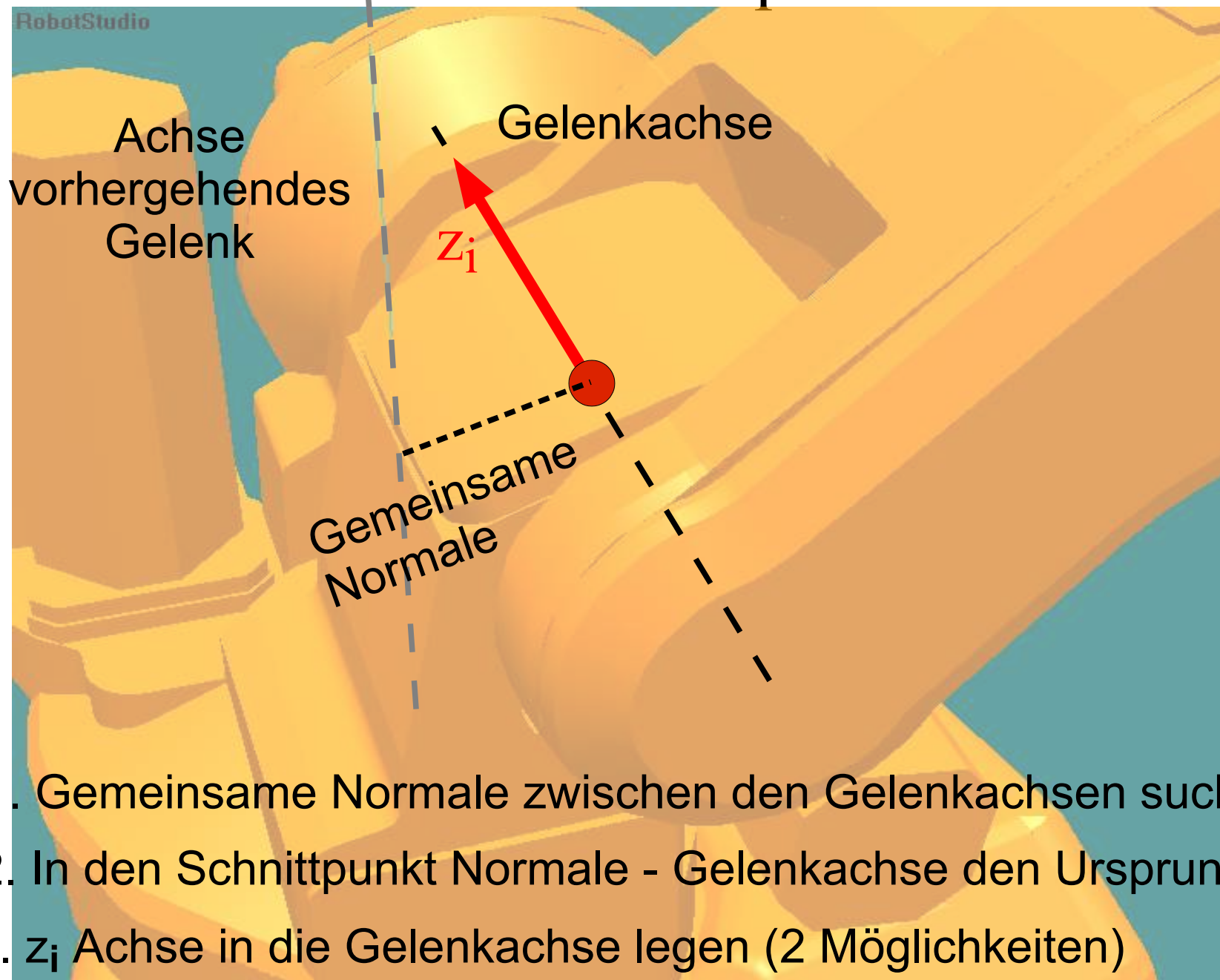
Diese Wahlfreiheit sollte so genutzt werden, dass möglichst viele DH-Parameter gleich Null werden. Dadurch werden die nachfolgenden Gleichungen und Berechnungen vereinfacht.

# Festlegung des Koordinatensystems $K_0$ (Sockel)



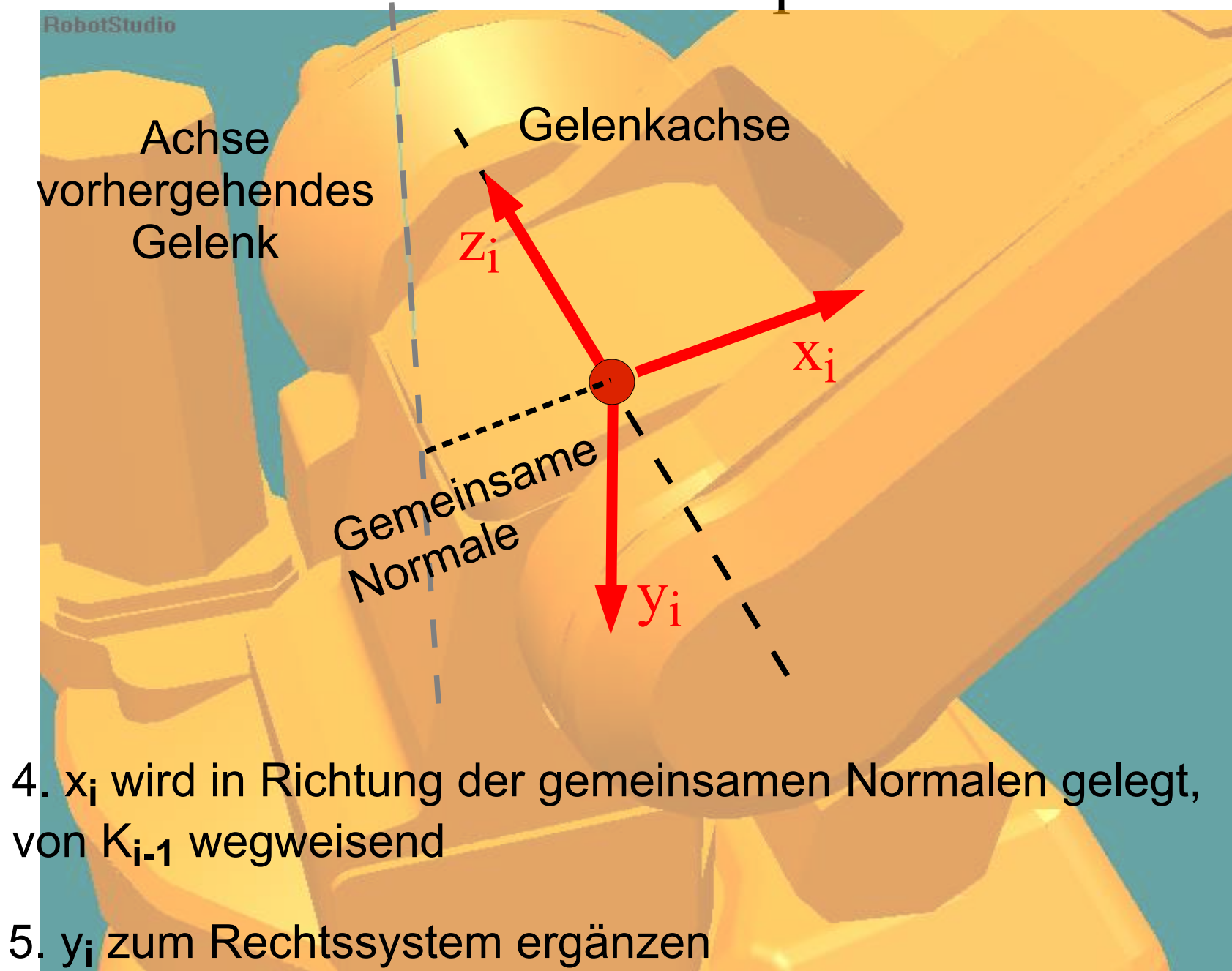
1. Ursprung in die erste Gelenkachse, nah zur zweiten Achse
2.  $z_0$ -Achse in die Gelenkachse des Armteiles  $i$  legen (2 Möglichk.)
3.  $x_0$ - und  $y_0$ -Achse frei wählen (nach Sockel ausrichten)

# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei nicht-schneidenden nicht-parallelen Achsen (1)



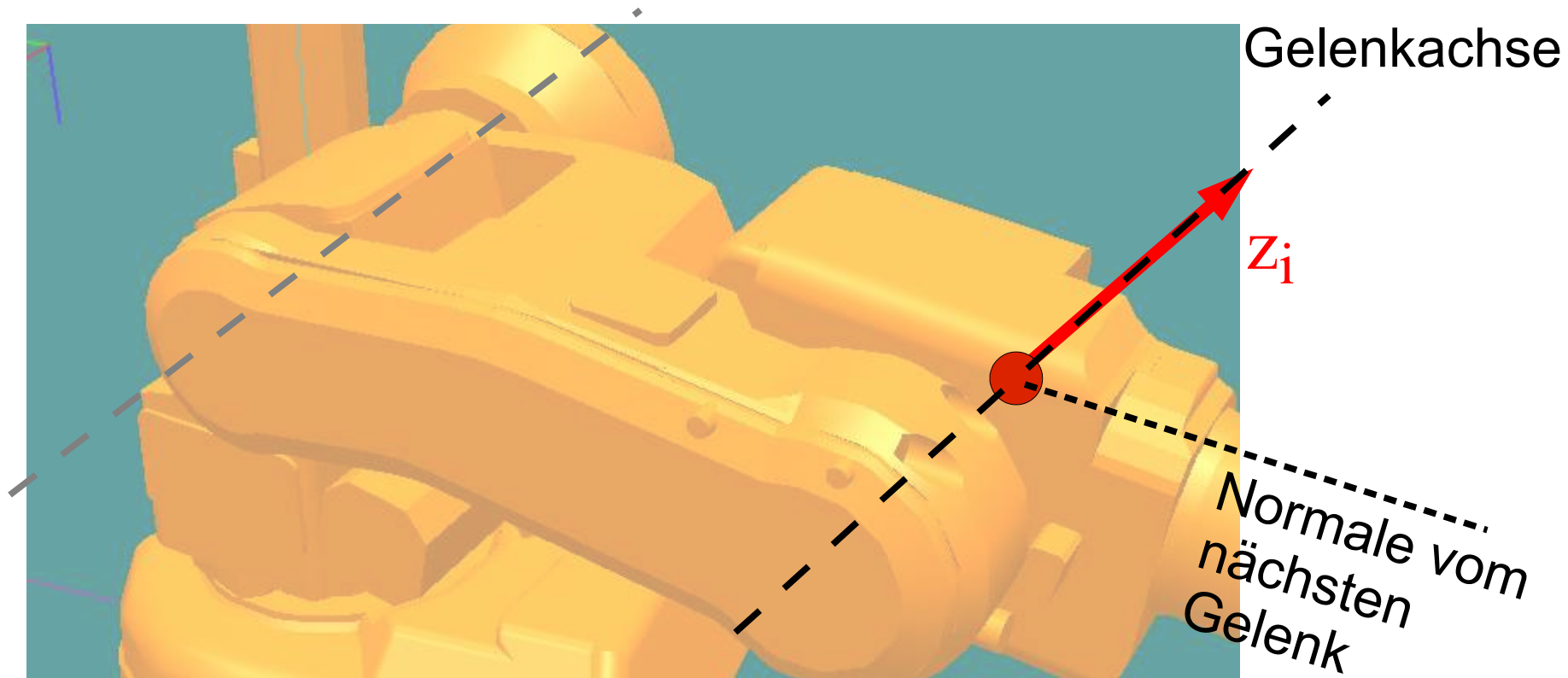
1. Gemeinsame Normale zwischen den Gelenkachsen suchen
2. In den Schnittpunkt Normale - Gelenkachse den Ursprung legen
3.  $z_i$  Achse in die Gelenkachse legen (2 Möglichkeiten)

# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei nicht-schneidenden nicht-parallelen Achsen (2)



# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei parallelen Achsen (1)

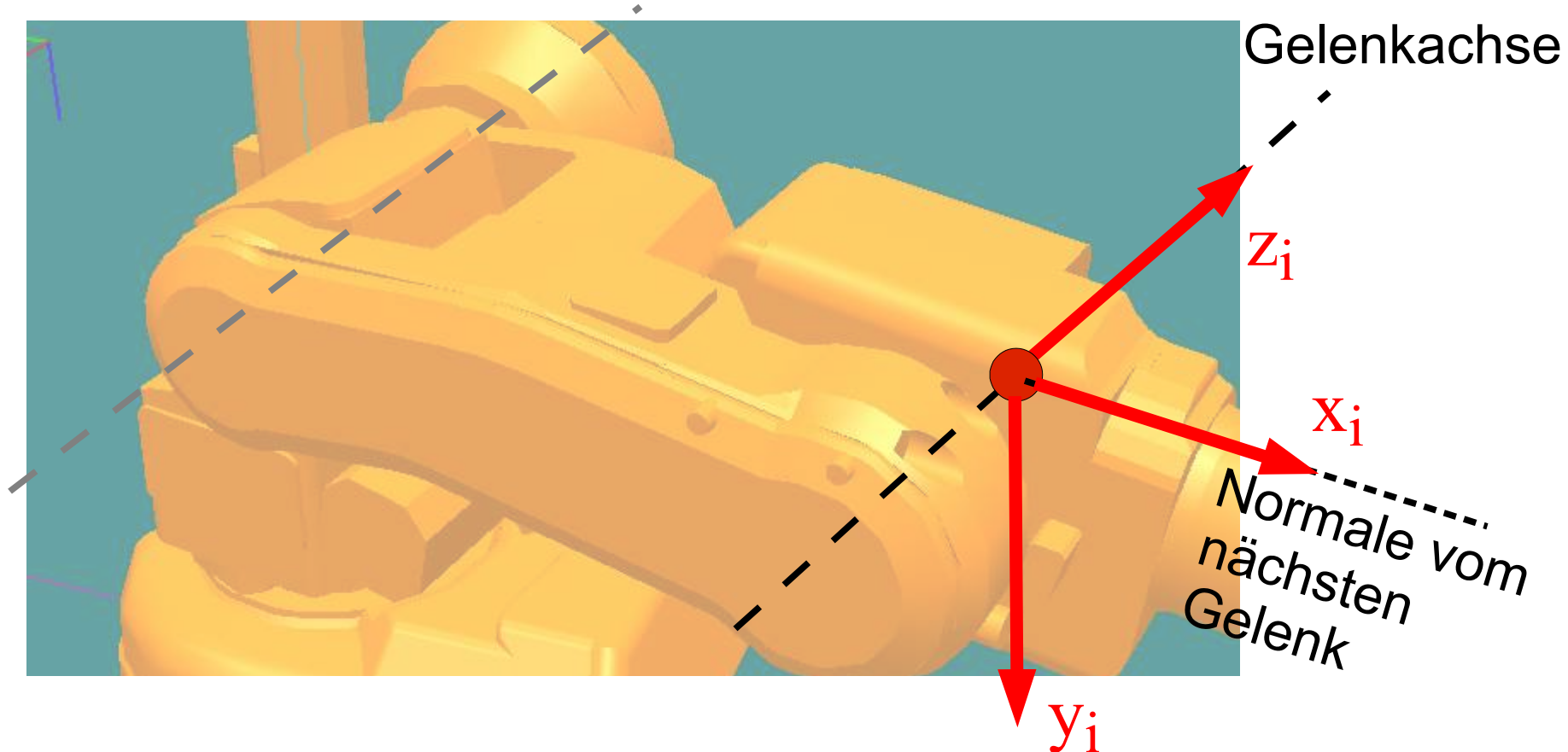
Achse vorhergehendes Gelenk



1. Normale vom nächsten Gelenk suchen
2. Ursprung in den Schnittpunkt der Normalen mit der Achse legen
3.  $z_i$ -Achse in die Gelenkachse des Armteiles ( $i+1$ ) legen (2 Möglichk.)

# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei parallelen Achsen (2)

Achse vorhergehendes Gelenk



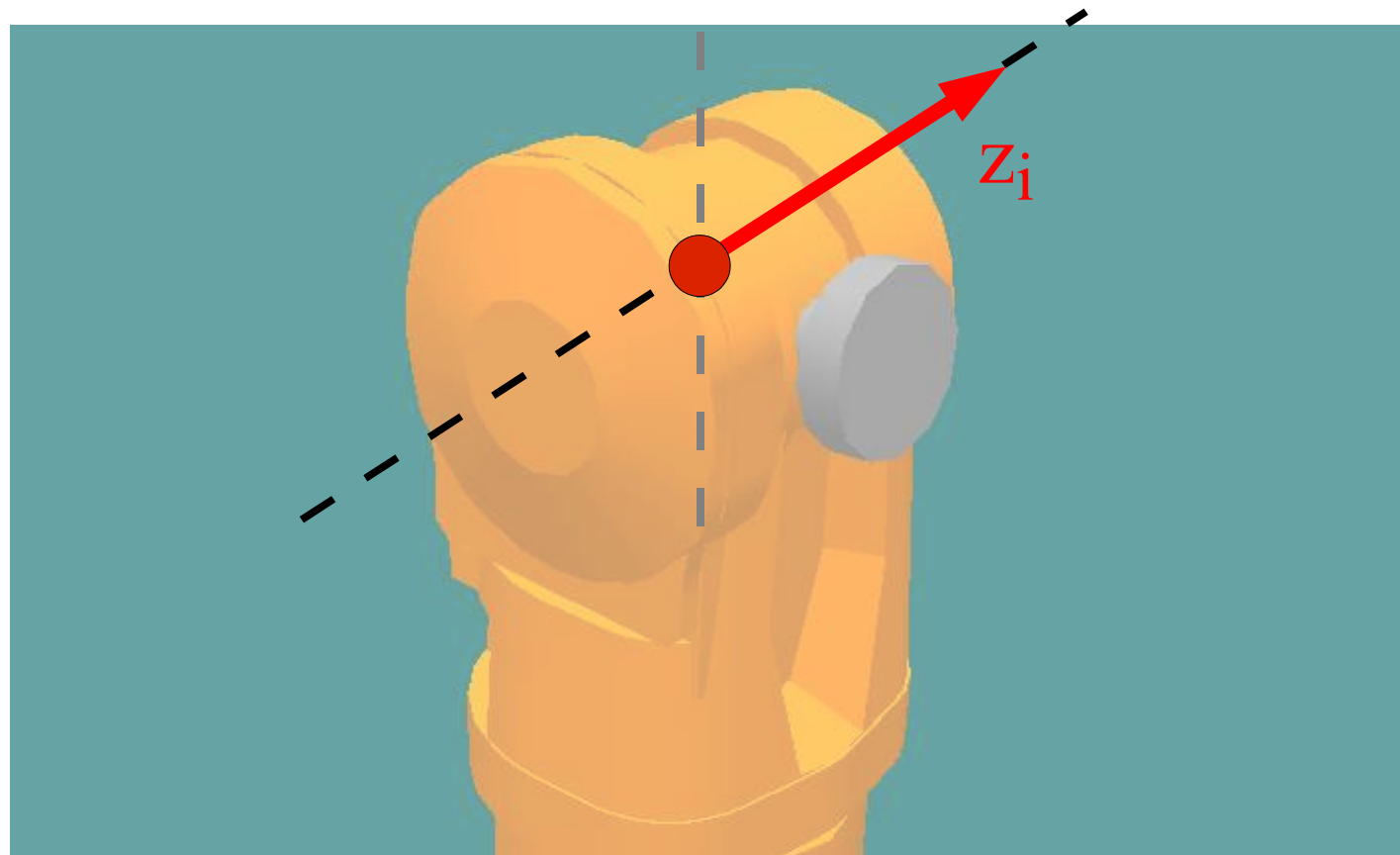
4.  $x_i$ -Achse in die Normale vom nächsten Gelenk legen
5.  $y_i$ -Achse zum Rechtssystem ergänzen



# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei sich schneidenden Achsen (1)

Achse vorhergehendes Gelenk

Gelenkachse



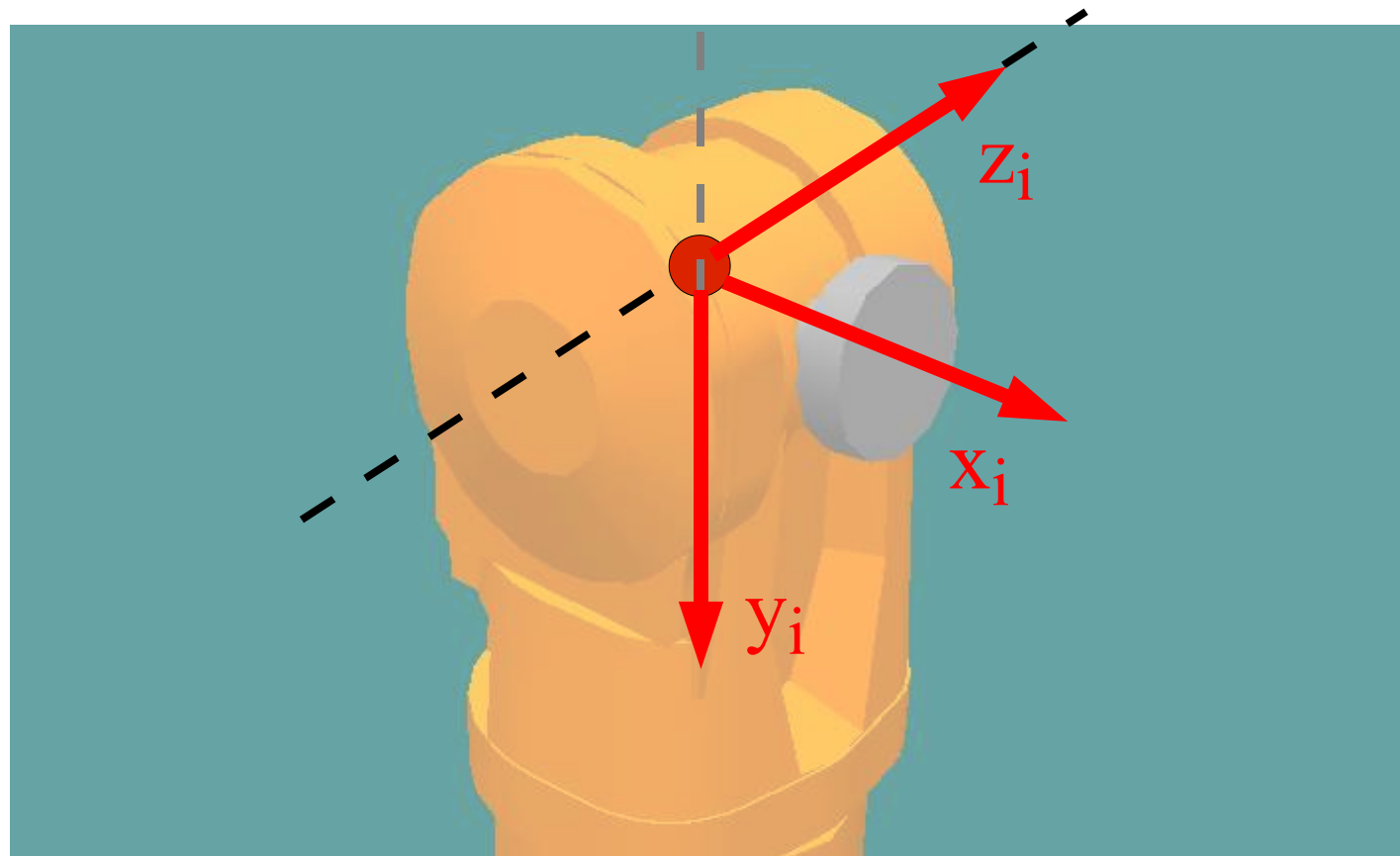
1. Ursprung in den Schnittpunkt der Achsen legen
2.  $z_i$ -Achse in die Gelenkachse des Armteiles ( $i+1$ ) legen (2 Möglichk.)



# Festlegung des Koordinatensystems $K_i$ bei sich schneidenden Achsen (2)

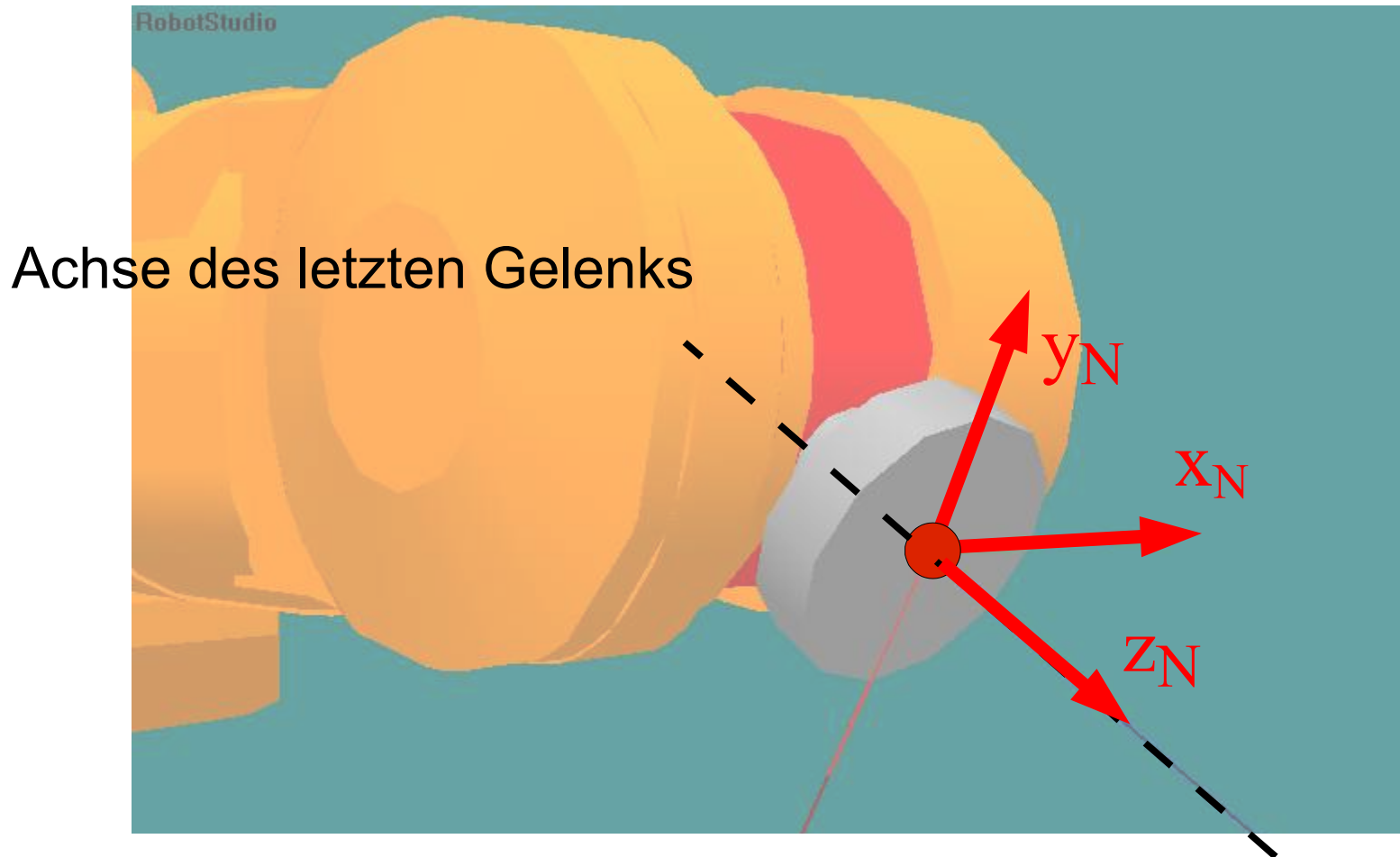
Achse vorhergehendes Gelenk

Gelenkachse



3.  $x_i$ -Achse senkrecht zu beiden Gelenkachsen legen
2.  $y_i$ -Achse zum Rechtssystem ergänzen

# Festlegung der Handflanschkoordinaten $K_N$



1. Ursprung möglichst auf Achse des letzten Gelenks legen
2.  $z_N$ -Achse z.B. in Richtung von  $z_{N-1}$  legen
3.  $x_N$ - und  $y_N$ -Achse frei wählen, z.B. nach Befestigungslöchern richten

# Die Denavit-Hartenberg- Transformation

Nach der Festlegung der Koordinatensysteme werden die *Denavit Hartenberg-Transformationen* bestimmt. Sie erzeugen jedes Koordinatensystem (außer dem ersten) aus dem vorhergehenden.

So ergibt sich eine kinematische Kette:

AT0 – AT1 – AT2 – AT3 – AT4 – AT5 – AT6

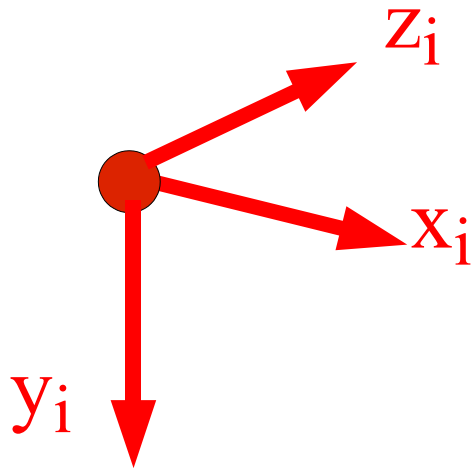
(AT=Armteil)

# Die Denavit-Hartenberg- Transformation

Jede Denavit-Hartenberg-Transformation besteht aus vier elementaren Transformationen:

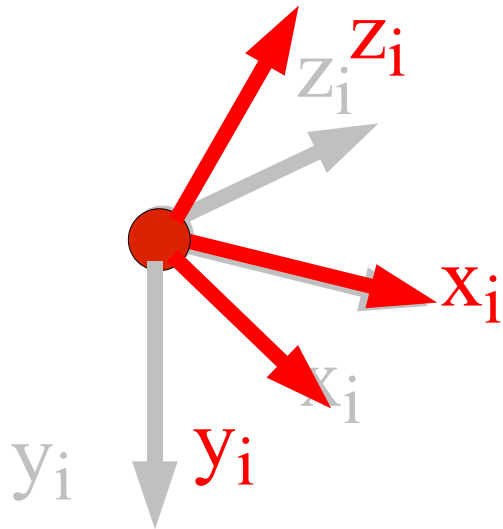
1. Rotation um die x-Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang x-Achse um  $a_i$
3. Translation entlang z-Achse um  $d_i$
4. Rotation um die z-Achse um  $\theta_i$

# Denavit-Hartenberg -Transformation



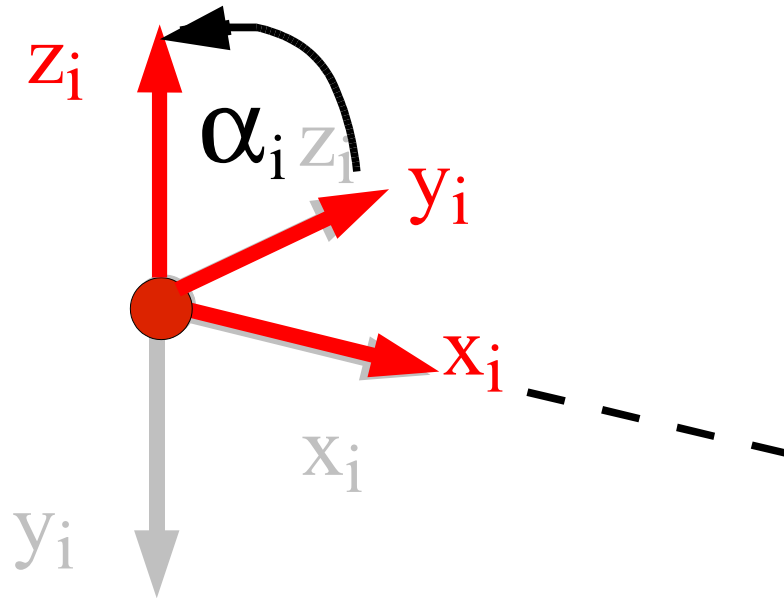
***1. Rotation um die  $x$ -Achse um  $\alpha_j$***

# Denavit-Hartenberg -Transformation



***1. Rotation um die x-Achse um  $\alpha_j$***

# Denavit-Hartenberg -Transformation

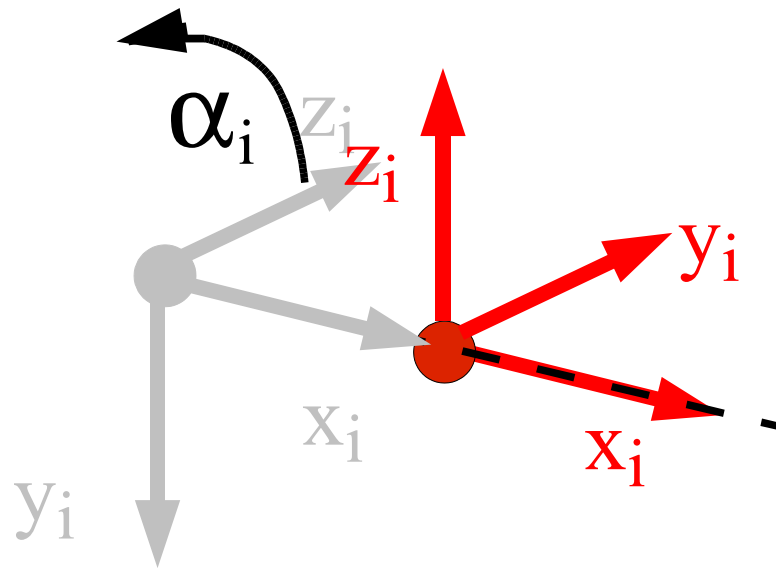


1. Rotation um die  $x$ -Achse um  $\alpha_i$

**2. Translation entlang  $x$ -Achse um  $a_i$**



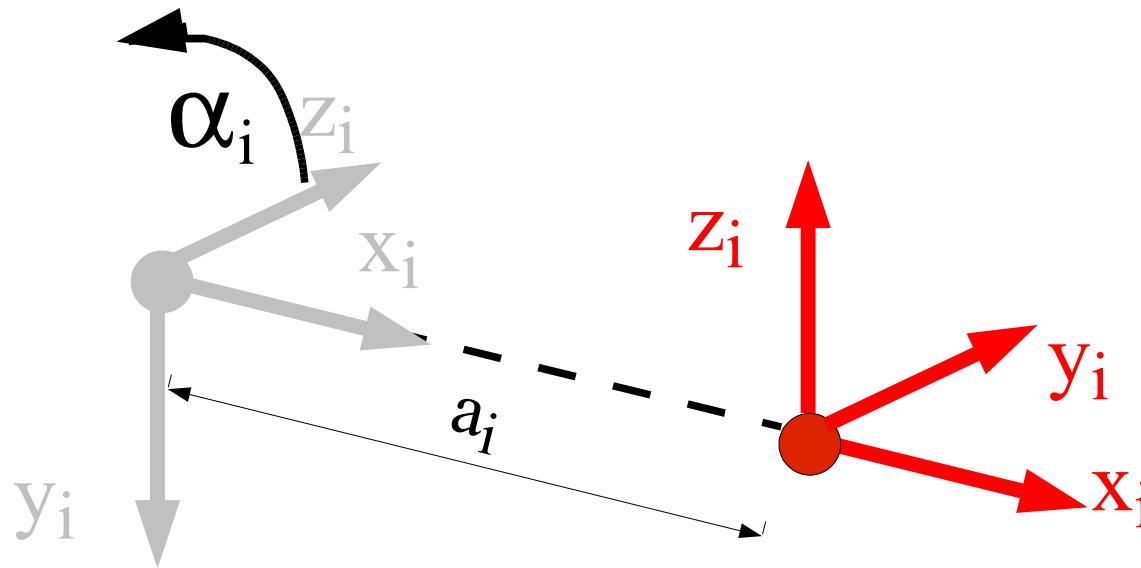
# Denavit-Hartenberg -Transformation



1. Rotation um die  $x$ -Achse um  $\alpha_i$

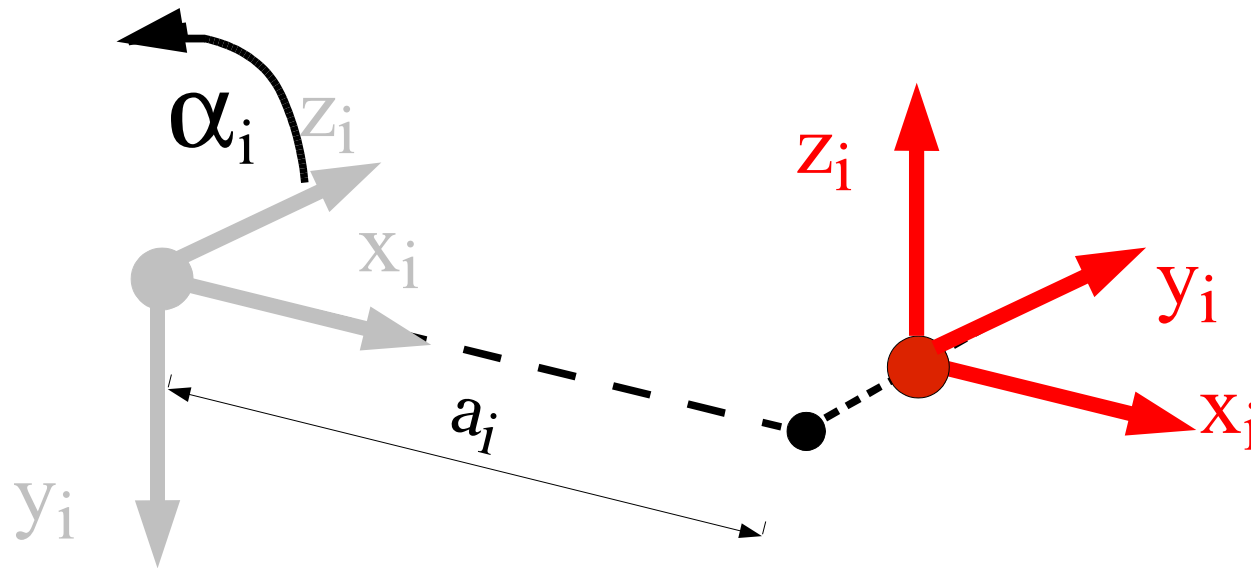
**2. Translation entlang  $x$ -Achse um  $a_i$**

# Denavit-Hartenberg -Transformation



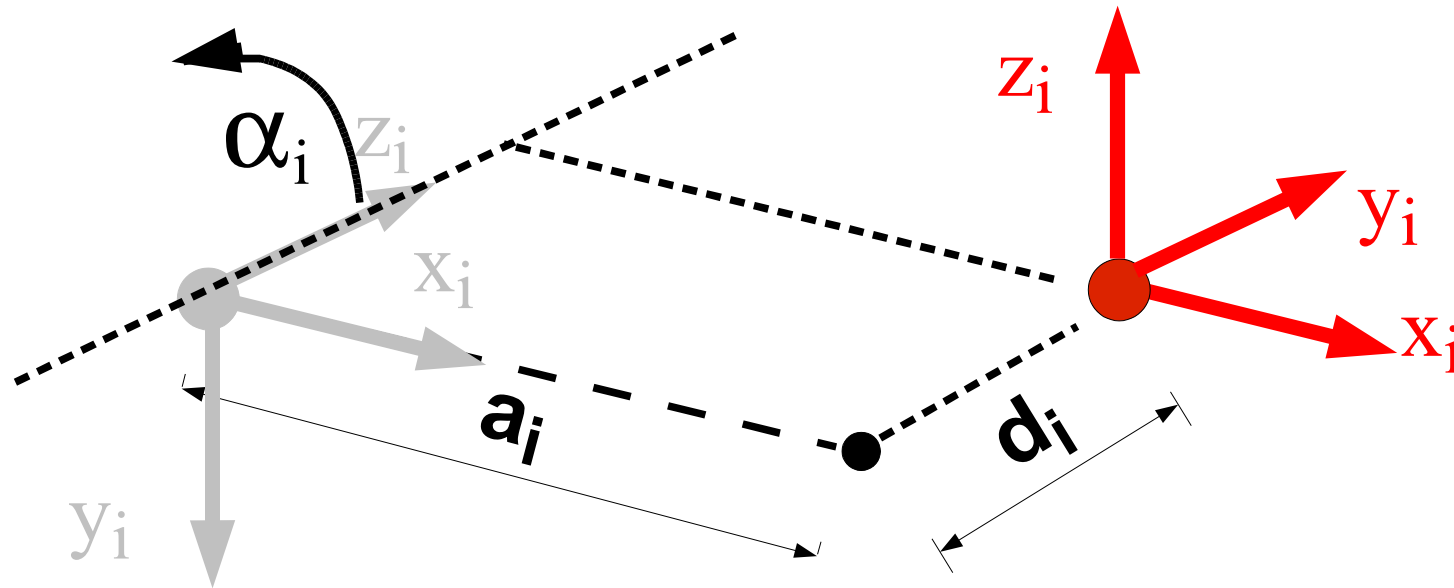
1. Rotation um die  $x$ -Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang  $x$ -Achse um  $a_i$
- 3. Translation entlang  $z$ -Achse um  $d_i$**

# Denavit-Hartenberg -Transformation



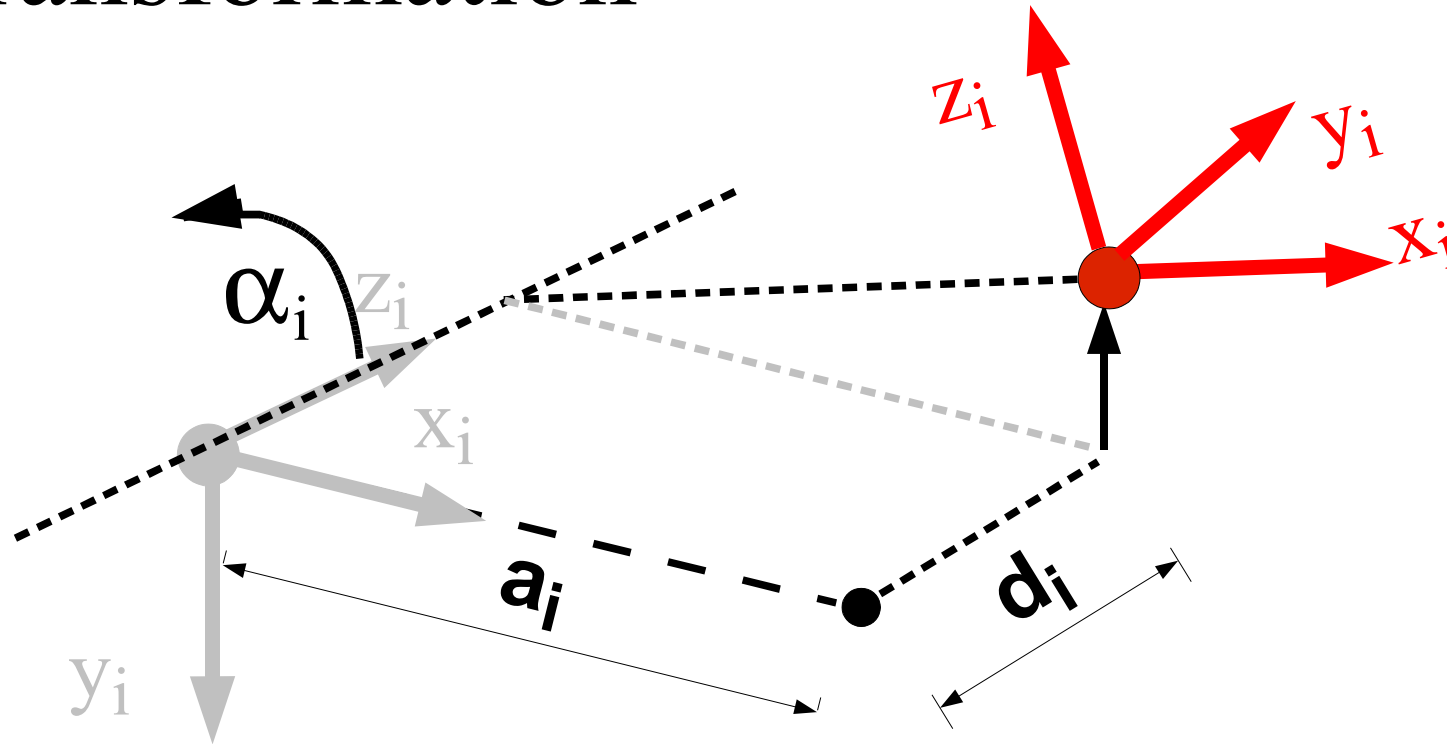
1. Rotation um die x-Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang x-Achse um  $a_i$
- 3. Translation entlang z-Achse um  $d_i$**

# Denavit-Hartenberg -Transformation



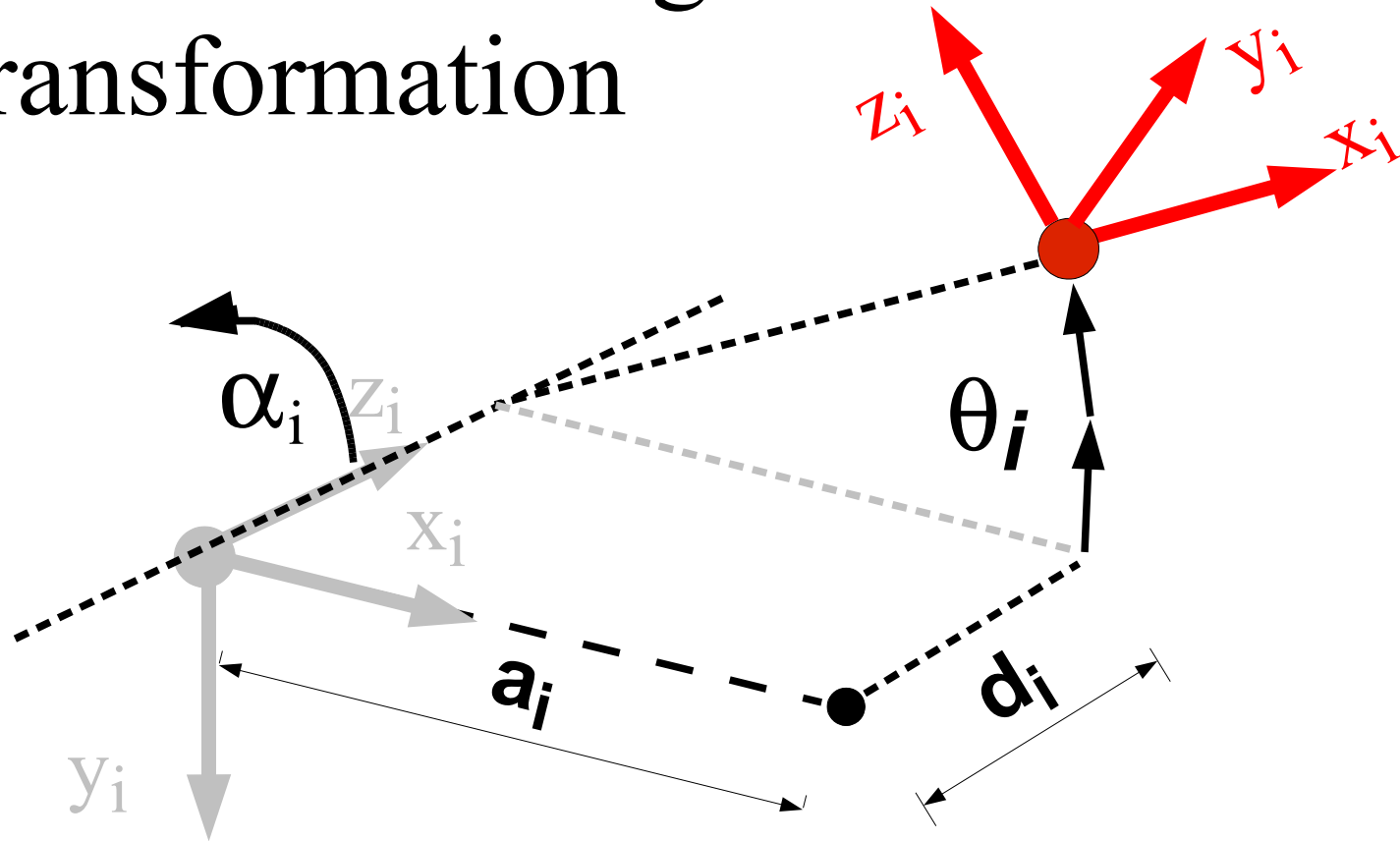
1. Rotation um die x-Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang x-Achse um  $a_i$
3. Translation entlang z-Achse um  $d_i$
- 4. Rotation um die z-Achse um  $\theta_i$**

# Denavit-Hartenberg -Transformation



1. Rotation um die x-Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang x-Achse um  $a_i$
3. Translation entlang z-Achse um  $d_i$
- 4. Rotation um die z-Achse um  $\theta_i$**

# Denavit-Hartenberg -Transformation



1. Rotation um die  $x$ -Achse um  $\alpha_i$
2. Translation entlang  $x$ -Achse um  $a_i$
3. Translation entlang  $z$ -Achse um  $d_i$
- 4. Rotation um die  $z$ -Achse um  $\theta_i$**

# Die Denavit-Hartenberg-Parameter

Die Denavit-Hartenberg-Transformation wird durch vier Parameter beschrieben:

1.  $\alpha_i$  : konstruktiver Parameter
2.  $a_i$  : konstruktiver Parameter
3.  $d_i$  : konstruktiver Parameter bei Rotationsgelenken, variabel bei Lineargelenken
4.  $\theta_i$  : konstruktiver Parameter bei Lineargelenken, variabel bei Rotationsgelenken



# Die Denavit-Hartenberg-Parameter

Wenn die Koordinatensysteme festgelegt sind, müssen die Denavit-Hartenberg-Parameter bzw. die dazu gehörenden Transformationen gefunden werden.

## ***Tipps:***

- Die beiden Translationen werden so gewählt, dass der Ursprung von  $K_{i-1}$  mit der abschließenden Rotation um  $z_{i-1}$  in den Ursprung von  $K_i$  gelangt.
- Die erste Rotation (um  $x_{i-1}$ ) muss so verlaufen, dass eine evtl. Achse in Richtung von  $z_{i-1}$  schon ihre Endlage erreicht.