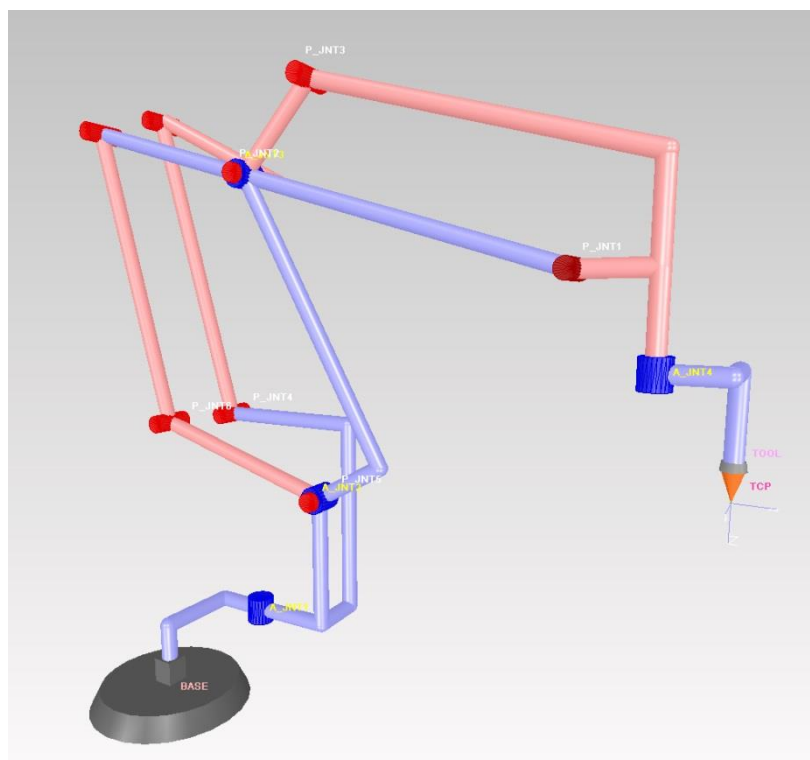


Übersicht der kinematischen Strukturen

EASY-ROB™



November 2019

Version 1.3

EASY-ROB™ - Inhaltsverzeichnis

Übersicht der kinematischen Strukturen in EASY-ROB™	4
Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand: Kin-ID 110, Sub-ID 0	5
Vertikal-Knickarmroboter mit ZH, A2A3-Kopplung ohne BL: Kin-ID 111, Sub-ID 0	6
Vertikal-Knickarmroboter mit ZH, A2A3-Kopplung mit BL: Kin-ID 111, Sub-ID 0	8
Jet-Roboter: Kin-ID 127, Sub-ID 0	10
Jet-Roboter mit A2A3-Kopplung: Kin-ID 128, Sub-ID 0	11
Palettier-Roboter: Kin-ID 129, Sub-ID 0	12
Palettier-Roboter mit BL: Kin-ID 129, Sub-ID 1	13
3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 8	14
3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 9	15
3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 10	16
4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 0	17
4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 1	18
4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 2	19
4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 3	20
6-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 136, Sub-ID 0	21
6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 0	22
6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 1	23
6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 2	24
3-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 0, 123	25
2-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 13, 23	26
1-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 1, 2, 3	27
4-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 134, Sub-ID 0, 123	28
3-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 134, Sub-ID 13, 23	29
5-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 135, Sub-ID 0	30
Numerische Lösung 7-Achsen: Kin-ID 100, Sub-ID 0	31
Numerische Lösung 5-Achsen: Kin-ID 100, Sub-ID 1	32

Übersicht der kinematischen Strukturen in EASY-ROB™

Dieses Dokument liefert Ihnen eine kompakte Übersicht über die wichtigsten kinematischen Strukturen in EASY-ROB™.

Zu jedem kinematischen Modell, das in EASY-ROB™ über die Inverse Kin-ID und eine dazugehörige Sub-ID definiert ist, finden Sie im Folgenden neben den Spezifikationen der Kinematik, und einer Übersicht über die erlaubten Extended Attributes, auch eine Transformations-Tabelle. Zusammen ergeben diese die Referenz Kinematik ID = RefKin ID.

An Hand dieser Tabelle können Sie ablesen, welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet. Grüne Häkchen deuten an, dass eine entsprechende Transformation zugelassen ist.

Zu jedem Kinematik-Beispiel finden Sie eine entsprechende ROB-Datei. Die Darstellung dieser Beispiel-Modelle wurde auf das wesentliche reduziert. So sind aktive Rotationsachsen als blaue Zylinder und aktive Translationsachsen als blaue Würfel visualisiert. Passive Achsen dagegen sind entsprechend rot. Die Verbindung zwischen den einzelnen Achsen und damit die kinematische Kette wird über dünne Zylinder dargestellt.

Folgende kinematischen Strukturen werden in diesem Dokument näher beschrieben:

- Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand (ggfs. mit Kopplung und Backlink (BL); 6 Achsen)
- Jet-Roboter (ggfs. mit Kopplung und Backlink (BL); 6 Achsen)
- Palettier-Roboter (ggfs. mit Backlink (BL); 4 Achsen)
- SCARA-Kinematiken (3, 4 oder 6 Achsen)
- Portal-Roboter (1 bis 6 Achsen)
- Redundante Kinematiken mit mehr und weniger als 6 Freiheitsgrade

Zusätzlich finden Sie auf der letzten Seite eine redundante Kinematik mit 7 unabhängigen Achsen dessen inverse Kinematik mittels „Numerischer Lösung“ gelöst wird (Kin-ID 100, Sub-ID 0). Diese liefert eine Lösung zur Berechnung der Inversen von kinematischen Modellen, bei denen keine analytische Lösung zur Verfügung steht.

Im Dokument „TrainLib-Tutorial_DE.pdf“ finden Sie im Kapitel 6 „Aufsetzen von Kinematiken“ eine detaillierte Schritt-für-Schritt-Anleitung wie Sie Kinematiken aus Standard CAD-Komponenten selbst erstellen können.

Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand: Kin-ID 110, Sub-ID 0

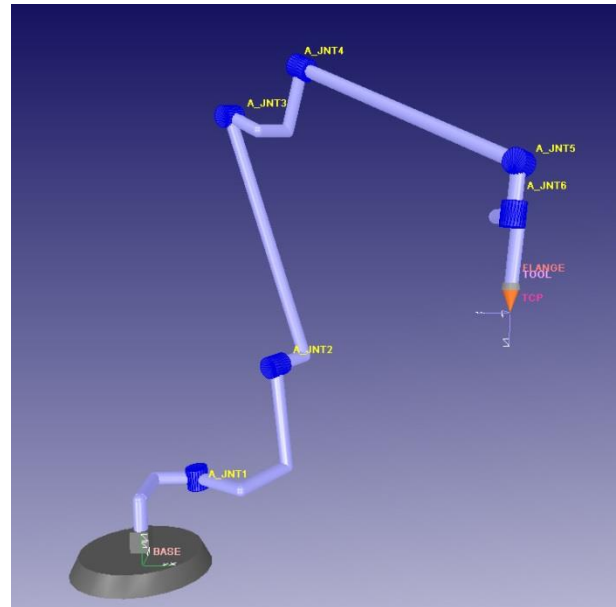
Kinematik: „Kin-ID-110-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	110 0
Kin-Structure	Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzRyRy : RxRyRx
Anzahl der Konfigurationen	8

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Vertikal-Knickarmroboter mit ZH, A2A3-Kopplung ohne BL: Kin-ID 111, Sub-ID 0

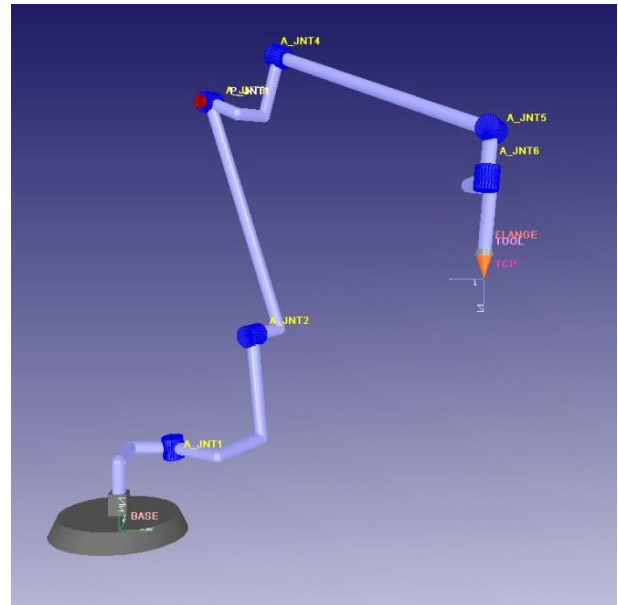
Kinematik: „Kin-ID-111-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	111 0
Kin-Structure	Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand u. A2A3-Kopplung ohne Backlink
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 1
Kin-Type & Kin-Direction	RzRyRy : RxRyRx
Anzahl der Konfigurationen	8

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	Yes
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

Außerdem werden alle erlaubten Transformations-Längen und -Rotationen ("Geometric Data from last" / "Geometric Data to next") für jede passive Achse, die zur kinematischen Kette gehört und damit fester Bestandteil der Kinematik ist angegeben.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Kinematik: „Kin-ID-111-SID-0.rob“

	Chain Spec.	Attach to aJnt	Geometric Data /	x	y	z	Rx	Ry	Rz
pJnt1 RYC2-	C	2	from last	x	x	x	x	x	x
			to next	x	x	x	x	x	x
			Math. Jnt Dep.	=-DOFOFFSIGN(2)					

Vertikal-Knickarmroboter mit ZH, A2A3-Kopplung mit BL: Kin-ID 111, Sub-ID 0

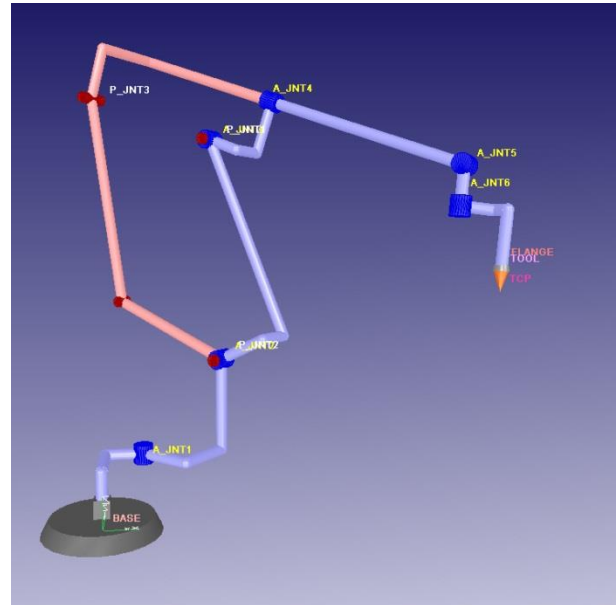
Kinematik: „Kin-ID-111-SID-0-BL.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	111 0
Kin-Structure	Vertikal-Knickarmroboter mit Zentralhand u. A2A3-Kopplung mit Backlink
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 3
Kin-Type & Kin-Direction	RzRyRy : RxRyRx
Anzahl der Konfigurationen	8

Extended Attributes:

Backlink	Yes
A2A3 Coupling	Yes
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

Außerdem werden alle erlaubten Transformations-Längen und -Rotationen ("Geometric Data from last" / "Geometric Data to next ") für jede passive Achse, die zur kinematischen Kette gehört und damit fester Bestandteil der Kinematik ist angegeben.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Kinematik: „Kin-ID-111-SID-0-BL.rob“

	Chain Spec.	Attach to aJnt	Geometric Data /	x	y	z	Rx	Ry	Rz
pJnt1 RYC2-	C	2	from last	×	×	×	×	×	×
			to next	×	×	×	×	×	×
			Math. Jnt Dep.	=-DOFOFFSIGN(2)					

Passive Achsen zur Backlink-Darstellung:

Die folgenden passiven Achsen gehören nicht zur kinematischen Kette. Sie dienen der Visualisierung des mechanischen Backlinks und sind optional. Eine Transformation zur nächsten Achse bzw. von der vorherigen Achse ist für alle Richtungen und Orientierungen erlaubt.

	Chain Spec.	Attach to aJnt	Geometric Data /	x	y	z	Rx	Ry	Rz
pJnt2 RY_1-	-	1	from last	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			to next	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Math. Jnt Dep.	=DOFOFFSIGN(3)					
pJnt3 RY_3-	-	3	from last	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			to next	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Math. Jnt Dep.	=DOFOFFSIGN(2)-DOFOFFSIGN(3)					

Erläuterungen zu Chain specification:

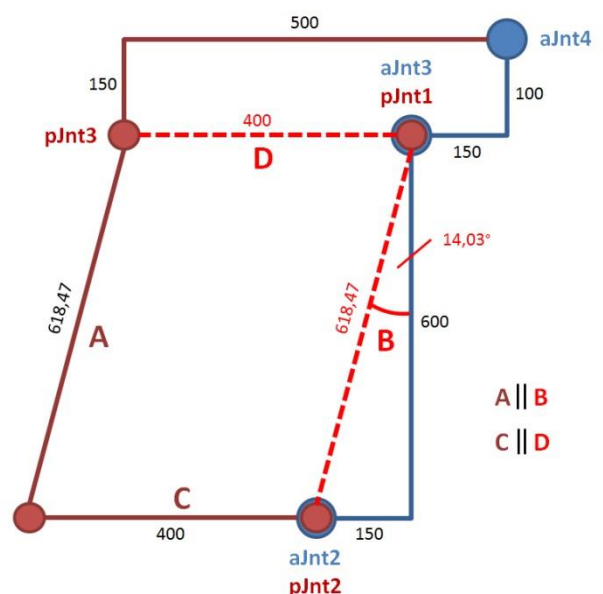
- C : Joint in the kinematic chain
- : Joint NOT in the kinematic chain
- : Joint Separated & NOT in kin. chain

Für dieses Beispiel gilt:

Um die Bewegung des Backlinks richtig darzustellen, müssen die in der Skizze abgebildeten Kriterien A || B und C || D (Parallelogramm) bei der Modellierung erfüllt werden.

Die Längen A und C stellen den Backlink dar. Diese Längen müssen mit den Längen der Verbindungslinien zwischen pJnt2 und pJnt1 (B), sowie pJnt1 und pJnt3 (D) übereinstimmen, sodass ein Parallelogramm entsteht.

Der Winkel von 14,03° kann über den \tan^{-1} der Transformations-Längen vom aJnt2 zu aJnt3 (150 und 600) berechnet werden. Entsprechend lässt sich dann daraus die benötigte Länge für A und B berechnen.



Jet-Roboter: Kin-ID 127, Sub-ID 0

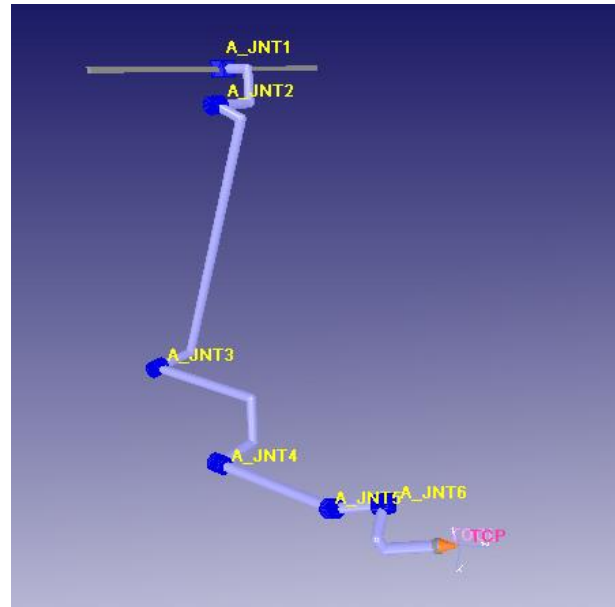
Kinematik: „Kin-ID-127-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	127 0
Kin-Structure	Jet-Roboter
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	TyRyRy : RxRyRx TyRyRy : RzRyRz
Anzahl der Konfigurationen	4

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Jet-Roboter mit A2A3-Kopplung: Kin-ID 128, Sub-ID 0

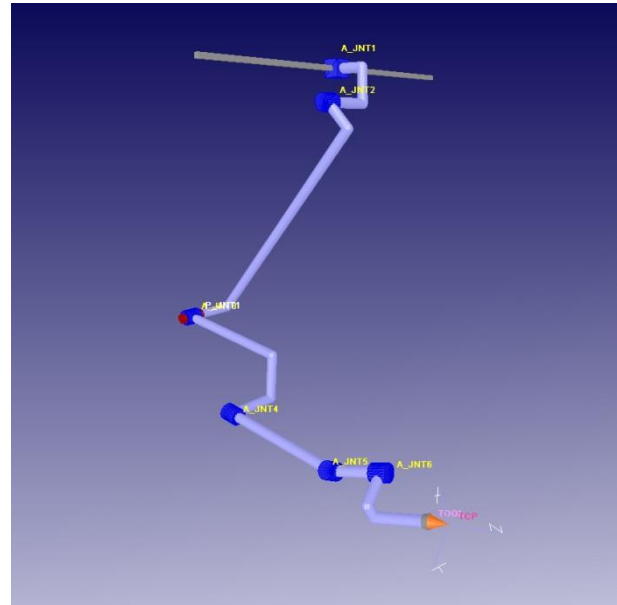
Kinematik: „Kin-ID-128-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	128 0
Kin-Structure	Jet-Roboter mit A2A3-Kopplung
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	TyRyRy : RxRyRx TyRyRy : RzRyRz
Anzahl der Konfigurationen	4

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	Yes
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Für die passive Achse der A2A3-Kopplung gelten die selben Vorschriften für die Transformations-Längen und -Rotationen ("Geometric Data from last" / "Geometric Data to next") wie für die Kinematik „Kin-ID-111-SID-0.rob“.

Palettier-Roboter: Kin-ID 129, Sub-ID 0

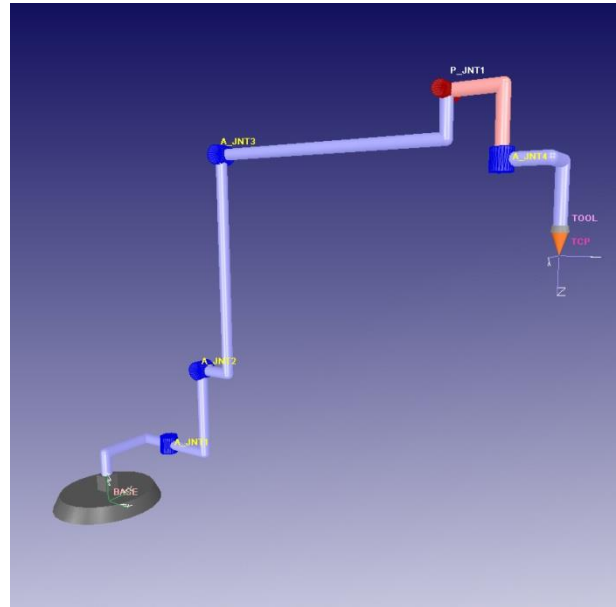
Kinematik: „Kin-ID-129-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	129 0
Kin-Structure	Palettier-Roboter
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 1
Kin-Type & Kin- Direction	RzRyRy : Rz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Palettier-Roboter mit BL: Kin-ID 129, Sub-ID 1

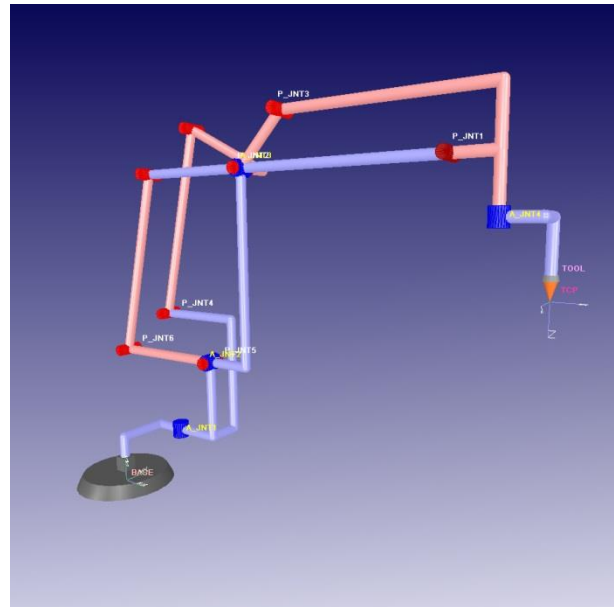
Kinematik: „Kin-ID-129-SID-1.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	129 1
Kin-Structure	Palettier-Roboter
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 2
Kin-Type & Kin- Direction	RzRyRy : Rz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	Yes
A2A3 Coupling	Yes
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 8

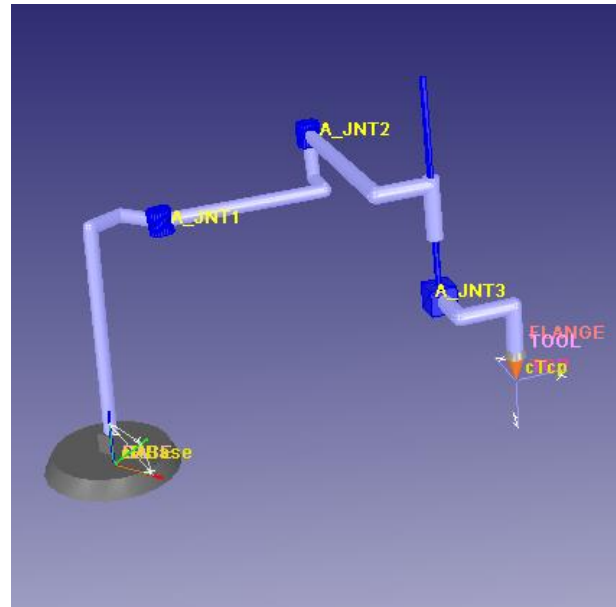
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-8.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 8
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	3 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzRzTz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 9

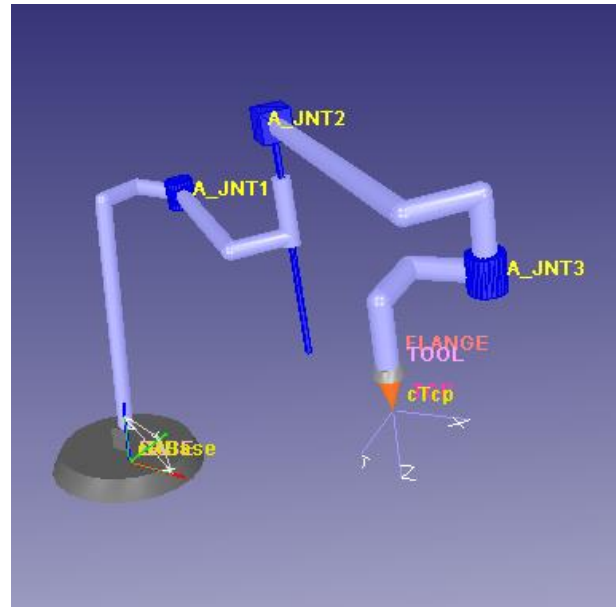
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-9.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 9
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	3 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzTzRz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3-Achs-SCARA-Kinematik (Türöffner): Kin-ID 131, Sub-ID 10

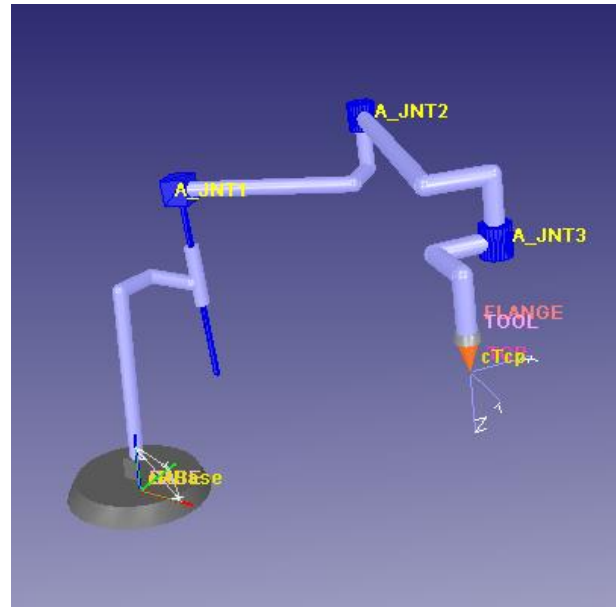
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-10.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 10
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	3 0
Kin-Type & Kin- Direction	TzRzRz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 0

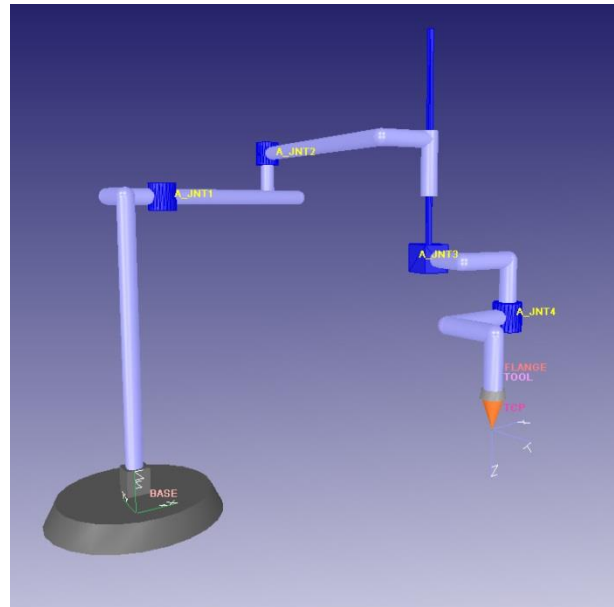
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 0
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzRzTzRz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 1

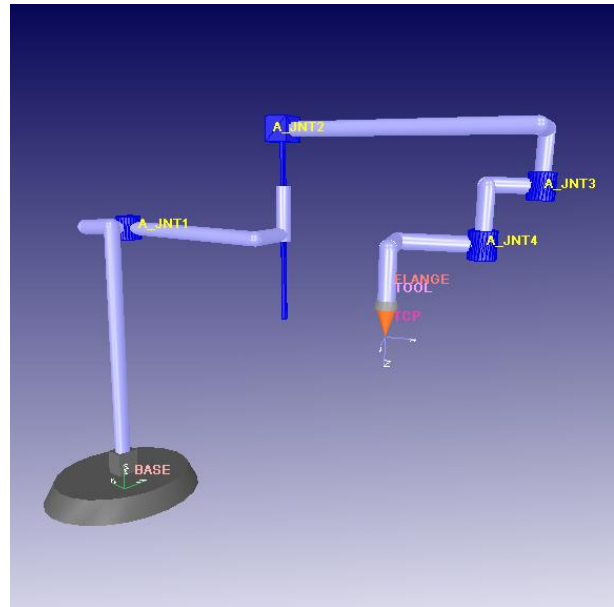
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-1.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 1
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzTzRzRz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 2

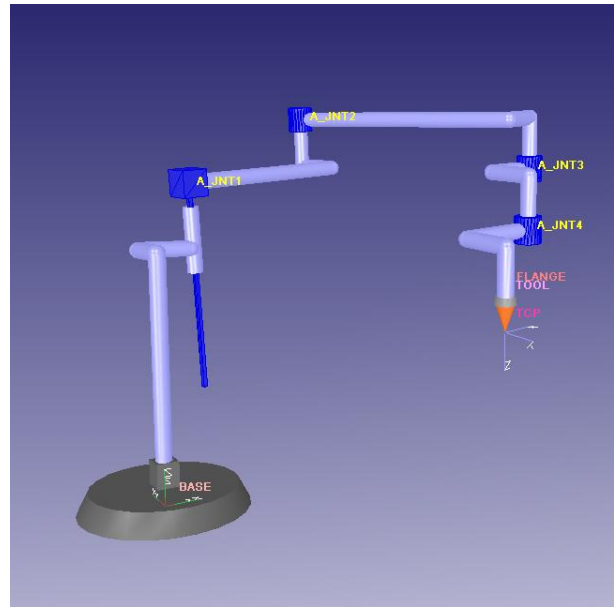
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-2.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 2
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 0
Kin-Type & Kin- Direction	TzRzRzRz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 131, Sub-ID 3

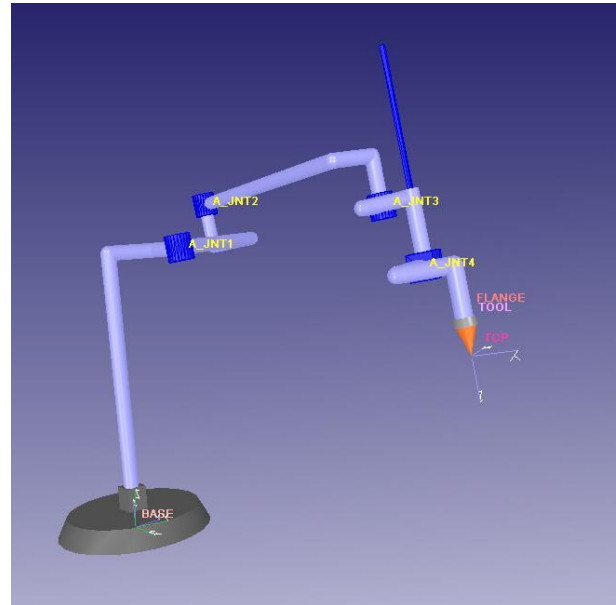
Kinematik: „Kin-ID-131-SID-3.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	131 3
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzRzRzTz
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 136, Sub-ID 0

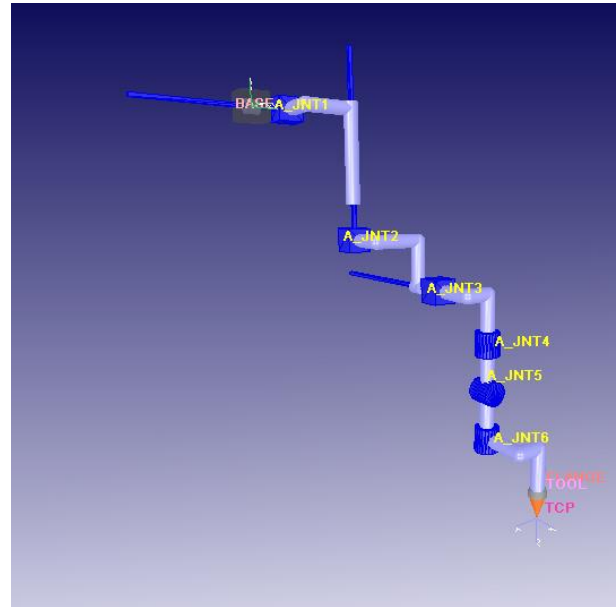
Kinematik: „Kin-ID-136-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	136 0
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	TxTyTz, TyTxTz, TzTxTy, TzTyTx, TxTzTy, TyTzTx : Rot (Rot=RzRxRz, RzRyRz)
Anzahl der Konfigurationen	2

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 0

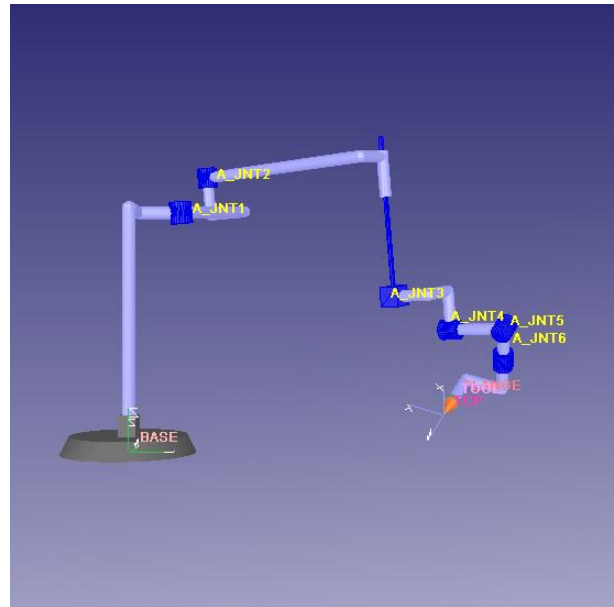
Kinematik: „Kin-ID-139-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	139 0
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzRzTz : RxRzRx
Anzahl der Konfigurationen	4

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 1

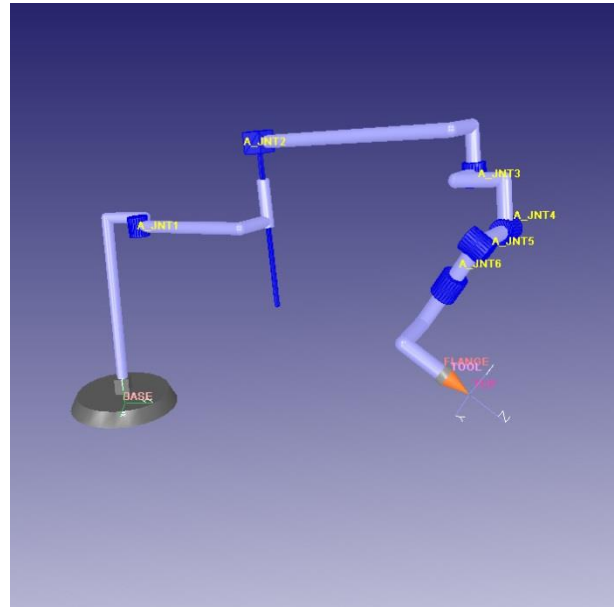
Kinematik: „Kin-ID-139-SID-1.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	139 1
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	RzTzRz : RxRzRx
Anzahl der Konfigurationen	4

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6-Achs-SCARA-Kinematik: Kin-ID 139, Sub-ID 2

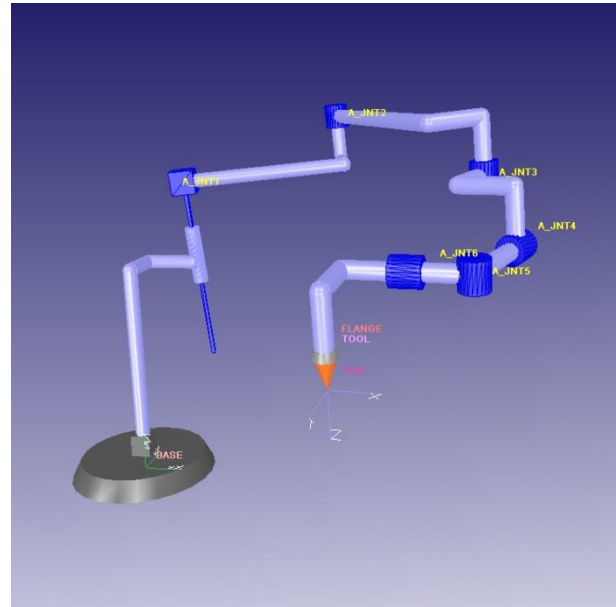
Kinematik: „Kin-ID-139-SID-2.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	139 2
Kin-Structure	SCARA
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	6 0
Kin-Type & Kin- Direction	TzRzRz : RxRzRx
Anzahl der Konfigurationen	4

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → aJnt5	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt5 → aJnt6	✓	✗	✗	✗	✗	✗
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 0, 123

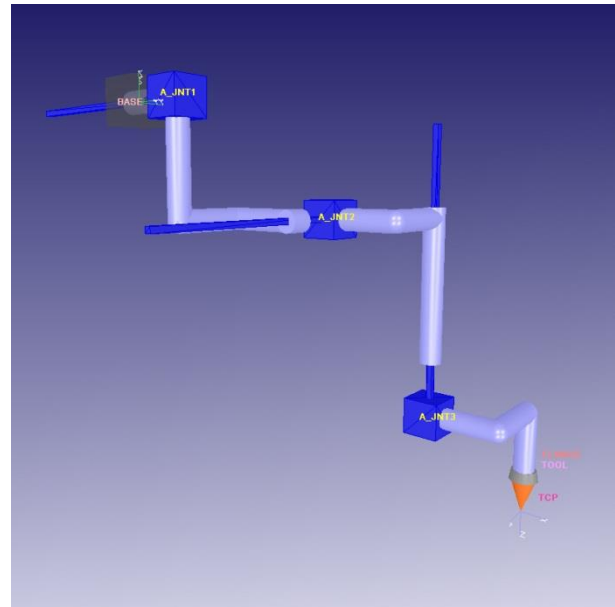
Kinematik: „Kin-ID-133-SID-0-123.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	133 0, 123
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	3 0
Kin-Type & Kin- Direction	TxTyTz, TyTxTz, TzTxTy, TzTyTx, TxTzTy, TyTzTx
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 13, 23

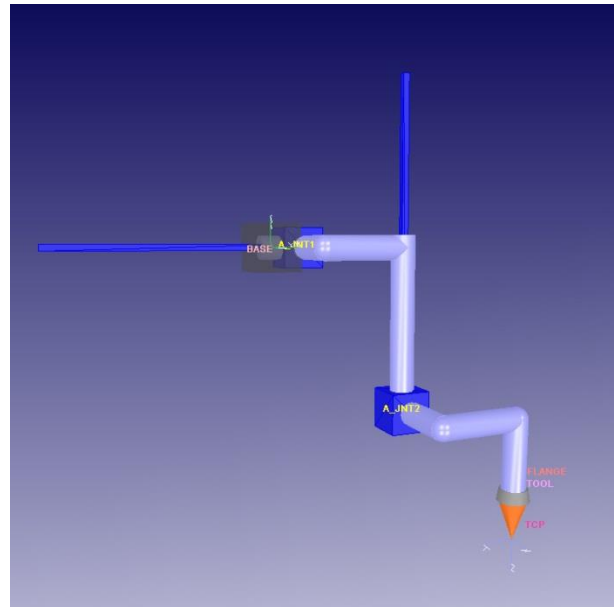
Kinematik: „Kin-ID-133-SID-13-23.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID	133
Sub-ID	13, 23
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	2 0
Kin-Type & Kin-Direction	TxTz, TyTz, TzTx TzTy, TxTy, TyTx
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

1-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 133, Sub-ID 1, 2, 3

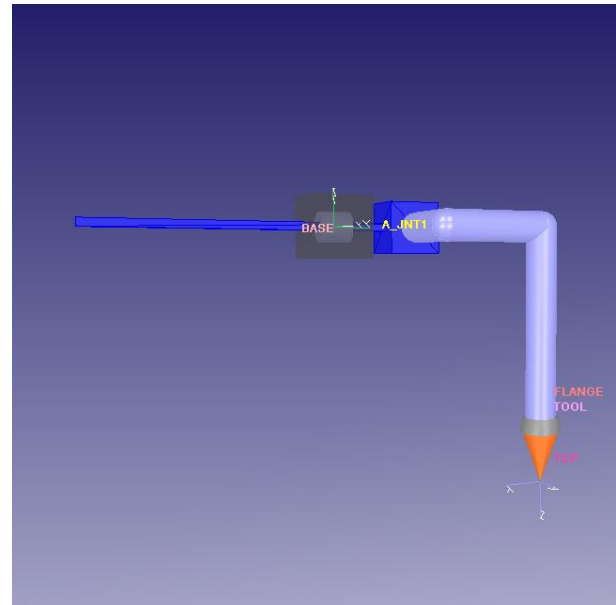
Kinematik: „Kin-ID-133-SID-1-2-3.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	133 1, 2, 3
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	1 0
Kin-Type & Kin- Direction	Tx, Ty, Tz *)
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*) Sub-ID: 1 = Tx, 2 = Ty, 3 = Tz

4-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 134, Sub-ID 0, 123

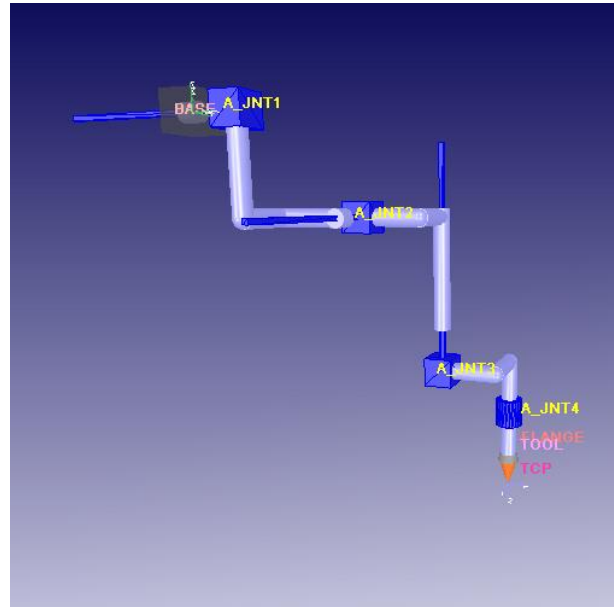
Kinematik: „Kin-ID-134-SID-0-123.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	134 0, 123
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	4 0
Kin-Type & Kin- Direction	TxTyTz, TyTxTz, TzTxTy, TzTyTx, TxTzTy, TyTzTx : Rz
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt4 → Tip (Flange)	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 134, Sub-ID 13, 23

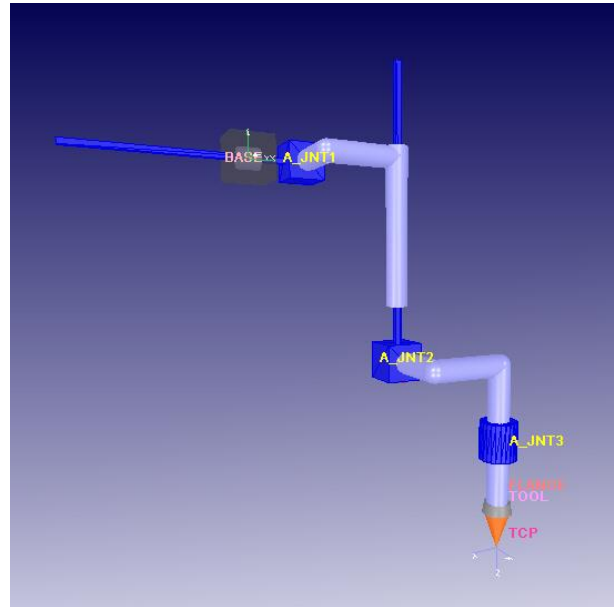
Kinematik: „Kin-ID-134-SID-13-23.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	134 13, 23
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	3 0
Kin-Type & Kin- Direction	TxTz, TyTz, TzTx TzTy, TxTy, TyTx : Rz
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → Tip (Flange)	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5-Achs-Portal-Roboter: Kin-ID 135, Sub-ID 0

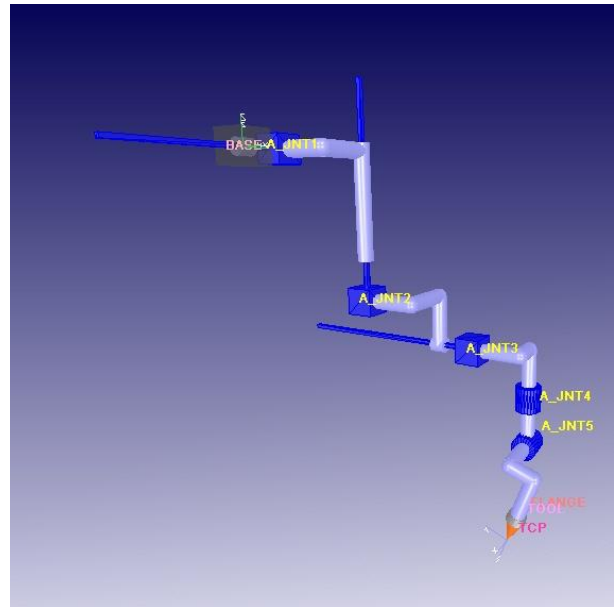
Kinematik: „Kin-ID-135-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	135 0
Kin-Structure	Portal
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	5 0
Kin-Type & Kin- Direction	TxTyTz, TyTxTz, TzTxTy, TzTyTx, TxTzTy, TyTzTx : CA (CA=RzRx *)
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	No
A2A3 Coupling	No
Counterweight	No
Travel range dependencies	No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✗	✗	✗
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✗	0°, 180°	✗
aJnt4 → aJnt5	✗	✗	✓	✗	✗	✗
aJnt5 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Tip (Flange) → TCP (Tool data)	✗	✗	✓	0°, 180°	0°, 180°	✓

Numerische Lösung 7-Achsen: Kin-ID 100, Sub-ID 0

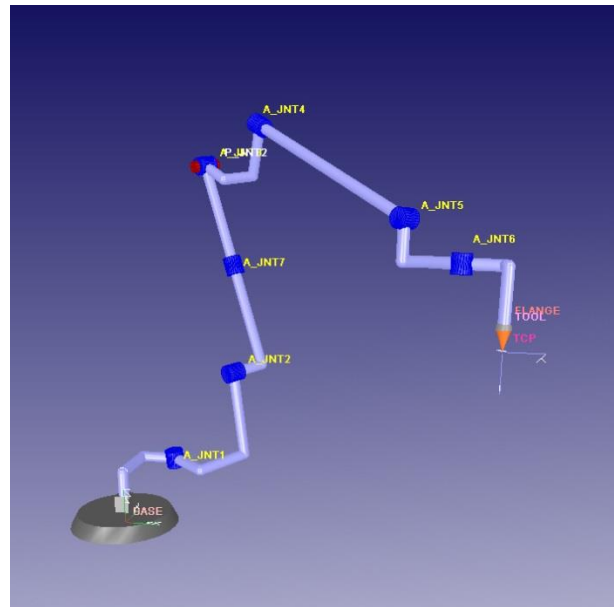
Kinematik: „Kin-ID-100-SID-0.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	100 0
Kin-Structure	Serielle Kette Numerische Lösung
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	7 bis zu 12 1 *) bis zu 12
Kin-Type & Kin- Direction	Rzyzy : Rxyx beliebig
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	Yes/No
A2A3 Coupling	Yes/No
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt4 → aJnt5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt5 → aJnt6	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt6 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*) Die 7. aktive Achse befindet sich nicht in der kinematischen Kette. Die Rotation dieser Achse bewirkt eine Rotation der ersten passiven Achse, die sich in der kinematischen Kette befindet und hier als eigentliche Rotationsachse zwischen aJnt2 und aJnt3 dient.

Numerische Lösung 5-Achsen: Kin-ID 100, Sub-ID 1

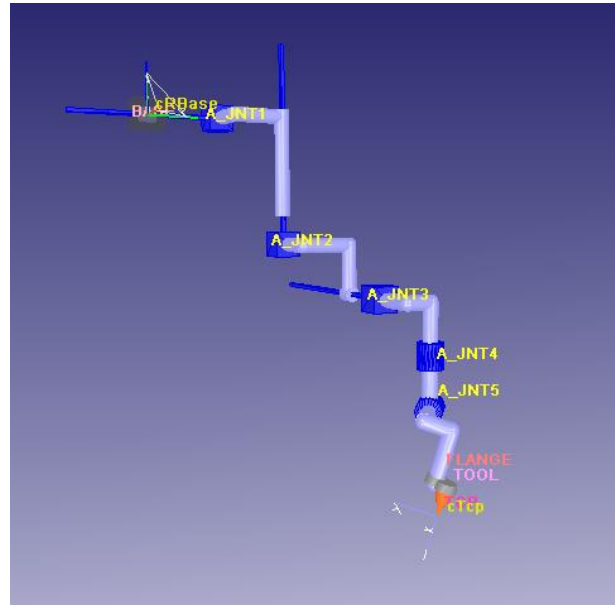
Kinematik: „Kin-ID-100-SID-1.rob“

Spezifikationen:

Inv-Kin-ID Sub-ID	100 1
Kin-Structure	Serielle Kette Numerische Lösung
Anzahl der aktiven und passiven Achsen	5 bis zu 12 0 bis zu 12
Kin-Type & Kin- Direction	Tyzx : Rzx beliebig
Anzahl der Konfigurationen	1

Extended Attributes:

Backlink	Yes/No
A2A3 Coupling	Yes/No
Counterweight	Yes/No
Travel range dependencies	Yes/No



Folgende Tabelle gibt an welche Transformations-Längen und -Rotationen für jede aktive Achse zur nächsten aktiven Achse "Geometric Data to next" erlaubt sind, damit die analytische inverse Transformation (IK) mit der angegebenen Inv-Kin-ID und Sub-ID für jede mögliche Konfiguration eine Lösung berechnet.

"Geometric Data to next"	x	y	z	Rx	Ry	Rz
Robot Base → 1st Joint (aJnt1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt1 → aJnt2	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt2 → aJnt3	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt3 → aJnt4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt4 → aJnt5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aJnt5 → Tip (Flange)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tip (Flange)→ TCP (Tool data)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*) Diese Kinematik hat nur 5 Freiheitsgrade und ist somit global degeneriert. Der kartesische Mask Vector ist auf $P_{xyz} = 1 \ 1 \ 1$ und $R_{xyz} = 1 \ 1 \ 0$ gesetzt. Die Rotation um die Tool-Achse ist unbestimmt. Mit der in Sub-ID = 1, erreicht der Roboter die xyz Position bzgl. Roboterbasis und die Richtung der Tool-Achse (approach axis).