

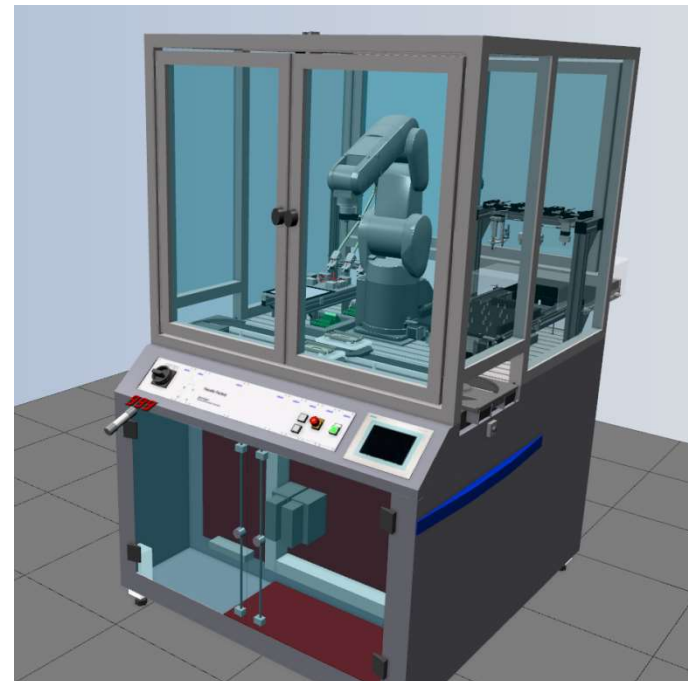
CP_Factory

CP Factory_Roboterontage

Roboterontagestation

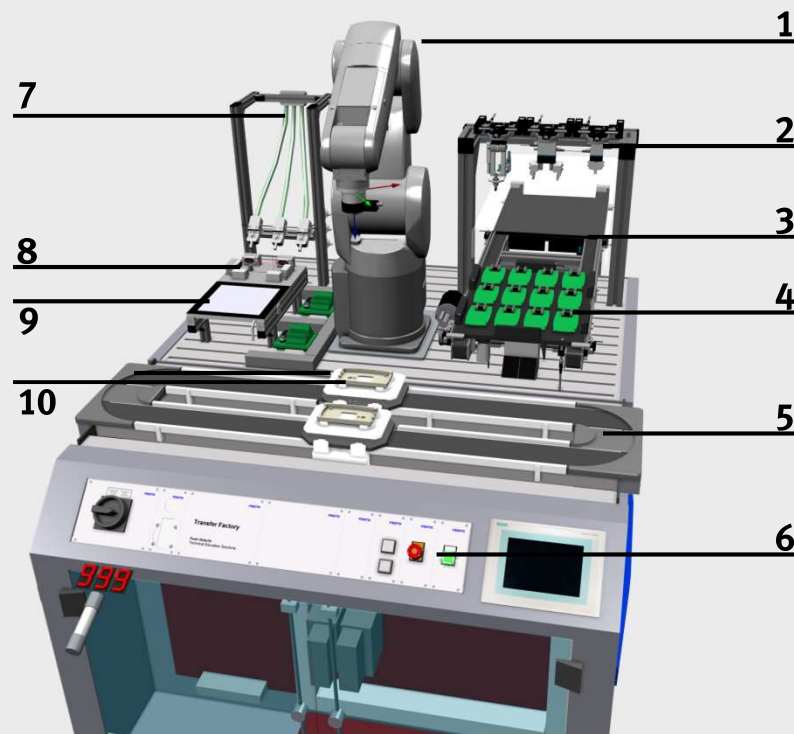
Lernfabrik 4.0
NTB Buchs
Schweiz
16.-17.04.2019

Referent:
Dr. Ulrich Karras
Festo Didactic SE



CP_Factory

1 Komponenten der CP Factory _Robotermontage



- (1) Roboter Mitsubishi RV-4FL
- (2) Greiferwechselsystem für 3 Greifer
- (3) Transportband für Platinenbox
- (4) Platinen
- (5) Umlaufband
- (6) Hauptschalter Bedienpanel
- (7) Magazine für Sicherungen
- (8) Montageplatz
- (9) LED Flächenlicht zur Kameraprüfung
- (10) Stopperposition im Bypass

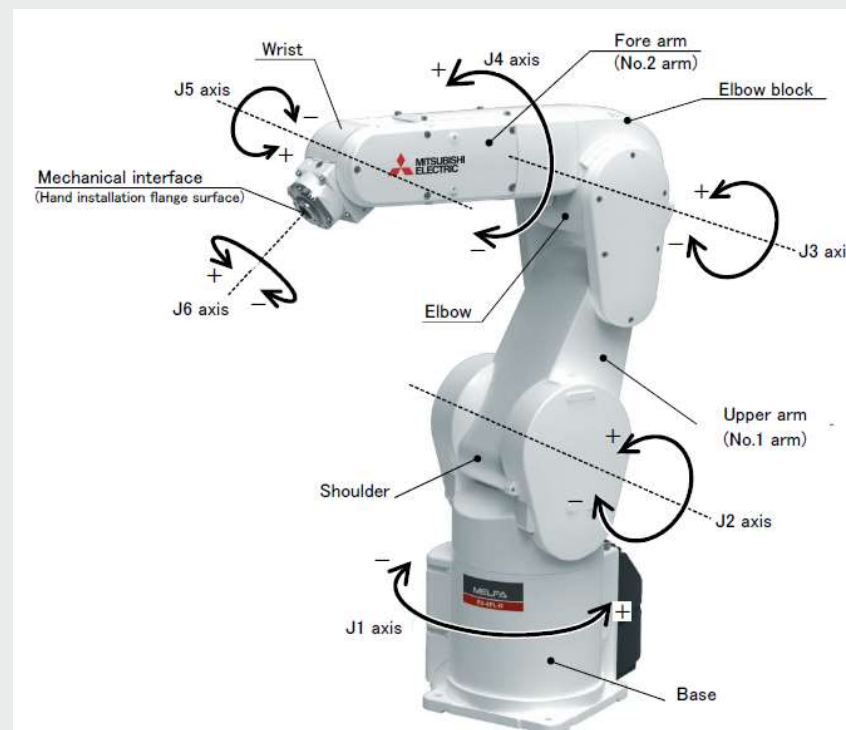
2 Mitsubishi Robot RV-4FL



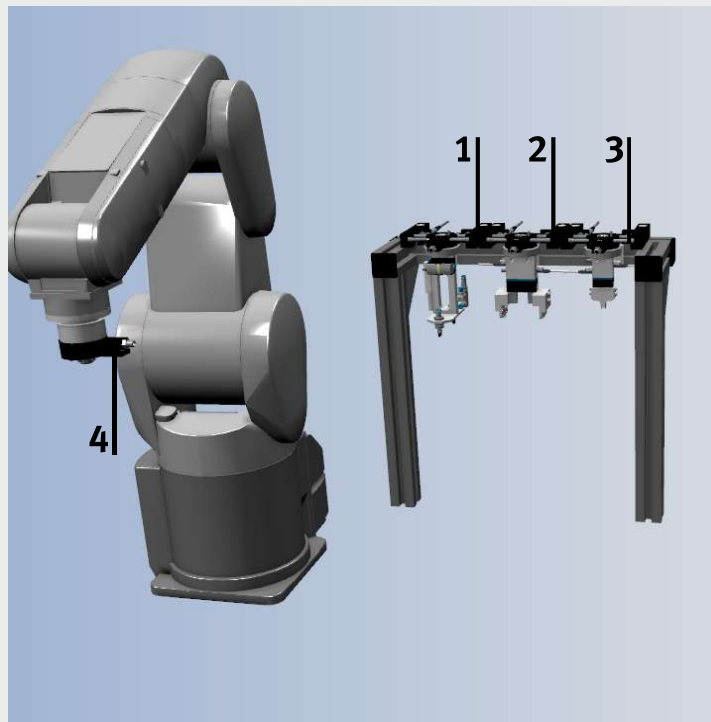
- **6 Rotationsachsen**
- **Max. Reichweite:** 649 mm
- **Max. Beladung:** 4 kg
- **Wiederholgenauigkeit:** +/- 0.02 mm
- **Max. Lineargeschwindigkeit:** 9.9 m/s
- **Encoder:** absolut (Batterien)
- **Antrieb:** AC-Servo Motoren mit Harmonic drive Getriebe und Bremsen
- **Ext. Kommunikation:** 32 digitale Ein- und Ausgänge
- **Multitasking OS:** 64 Bit RISC Prozessor
- **Ethernet und USB Schnittstelle**

CP_Factory

2.1 Mitsubishi Robot RV-4FL - Achsenstruktur



2.2 Mitsubishi Robot RV-4FL - Werkzeugwechselvorrichtung



- (1) **Vakuumgreifer mit zwei Vakuumdüsen**
zum Aufnehmen der Boards
- (2) **Werkstückgreifer**
zum Greifer der Werkstückträger
- (3) **Greifer für die Handhabung der Sicherungen**
- (4) **Werkzeugwechsler**

Die Steuerung der Greifer und des Werkzeugwechslers erfolgt über drei 5-2 Wegeventile mit den Ausgängen **HClose_1**, **HOpen_1**, **HClose_2**, **HOpen_2**, **HClose_3**, **HOpen_3**. Der Roboterbefehl **HOpen_1** setzt den Ausgang **HOpen_1 = 1** und setzt **HClose_1 = 0**, usw.

3.3 Mitsubishi Teaching Box R56TB (PGH – Programmierhandgerät)



PGH:

- 1: **LCD** Display,
 - 2: **NOT-AUS**,
 - 3: **ENABLE** Schalter,
 - 4: **ENABLE/DISABLE** Schalter (Rückseite)
 - 5: **STOP** Taste (Programmstop)
 - 6: **SERVO** Taste
 - 7: **RESET** Taste
 - 8: **OVRD** Taste (Geschwindigkeitsregelung)
 - 9: **JOG**-Taste ((Roboterbewegung)
 - 10: **EXE**-Taste
-  **HAND**-Taste zur Bedienung der Greiffunktionalität

3.5 Roboterachsbewegung mit dem PGH



- **PGH** einschalten und **JOG**-Taste(a) drücken bis der **Joint**-Modus (Achsenwerte) angezeigt wird.
- Reduzieren Sie den Geschwindigkeitswert **OVRD** zunächst auf **30%**.
- **Servos** mittels der **Enable/Disable** Schalters einschalten und den Schalter gedrückt halten.
- Durch Drücken der Tasten **+** bzw. **-** bewegen Sie die entsprechende Roboterachse
- Mit **Close** können Sie den Modus schließen.
- Sie können den Bewegungsmodus auch über die Auswahlbox im Hauptmenü auswählen:



3.6.2 Parameter ändern - TCP einstellen

- Falls Sie verschiedene TCP's benutzen wollen ist es zweckmäßig die Parameter **MEXTL1 – MEXTL16** zu nutzen.
- MEXTL1 =**
TCP_Vac = (0,0,205,0,0,33.5)
- MEXTL2 =**
TCP_WP = (0,0,170,0,0,33.5)
- MEXTL3 =**
TCP_Fuse = (0,0,151.5,0,0,33.5)
- MEXTL4 =**
TCP_None = (0,0,0,0,0,33.5)

Sie können den TCP dann sehr einfach beim Teachin über die Auswahlbox im Hauptmenü auswählen:



Tool1 = MEXTL1, Tool2 = MEXTL2 , usw.

Tool0 = aktuelle TCP Einstellung

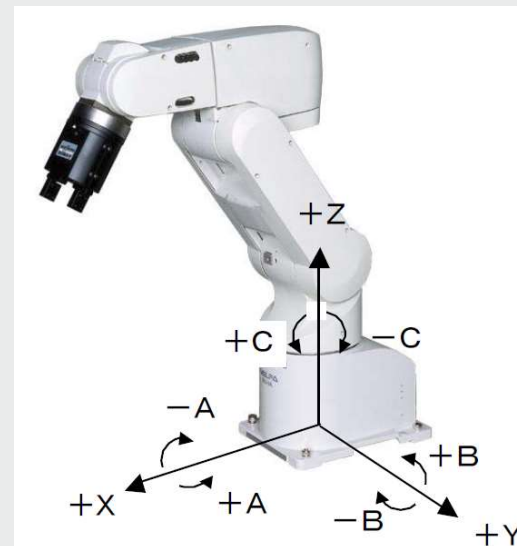
3.7 Roboterbahnbewegung mit dem PGH – XYZ-Modus



- **PGH** einschalten , **JOG**-Taste(a) drücken und **XYZ**-Modus wählen.
- Reduzieren Sie den Geschwindigkeitswert **OVRD** zunächst auf **30%**.
- **Servos** mittels der **Enable/Disable** Schalters einschalten und den Schalter gedrückt halten.
- Durch Drücken der Tasten **+** bzw. **-** bewegen Sie die entsprechende Roboterachse
- Der TCP wird relativ in Richtung der X,Y, Z – Koordinaten des Roboterbasis-Koordinatensystem bewegt.
- **Beachten Sie, dass sich die Orientierung des TCP-Koordinatensystem nicht ändert.**

CP_Factory

3.7.1 Roboterbahnbewegung mit dem PGH – XYZ-Modus



Lage des TCP ändert sich bei Orientierungsänderung nicht !

CP_Factory

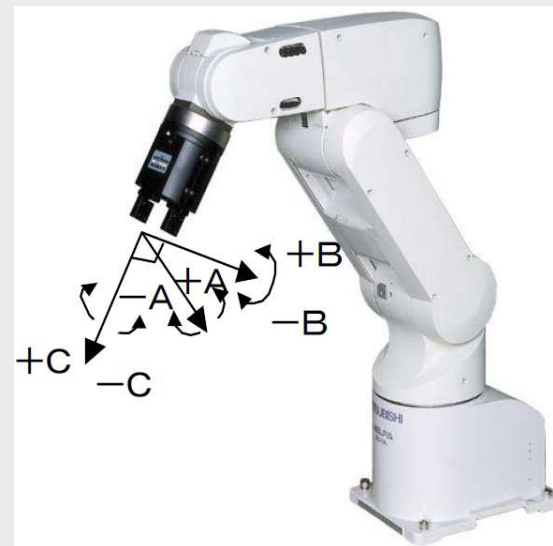
3.8 Roboterbahnbewegung mit dem PGH – TOOL-Modus



- **PGH** einschalten , **JOG**-Taste(a) drücken und **TOOL**-Modus wählen.
- Reduzieren Sie den Geschwindigkeitswert **OVRD** zunächst auf **30%**.
- **Servos** mittels der **Enable/Disable** Schalters einschalten und den Schalter gedrückt halten.
- Durch Drücken der Tasten **+** bzw. **-** bewegen Sie die entsprechende Roboterachse
- Der TCP wird relativ in Richtung der X,Y, Z – Koordinaten des TCP-Koordinatensystem bewegt.
- **Beachten Sie, dass sich die Orientierung des TCP-Koordinatensystem nicht ändert.**

CP_Factory

3.8.1 Roboterbahnbewegung mit dem PGH – TOOL-Modus



- Beachten Sie, dass sich die Lage des TCP bei Änderung der Orientierung nicht ändert.

5 Programmierung des Mitsubishi Roboters

- **Programmiersprache: MELFA BASIC V**
- **Ein Projekt besteht aus**
 - **Programmen** prog1.mb5,..., progx.mb5 und
 - **Positionslisten** prog1.pos,..., prog10.pos
- **Programm und Positionsliste müssen den identischen Namen haben.**
- **Positionsliste enthält alle Positionen des Roboters, die der Roboter mit hoher Genauigkeit anfahren muss.**
- **Die Positionen in der Positionsliste werden in der Regel mit der Teaching Box bestimmt.**

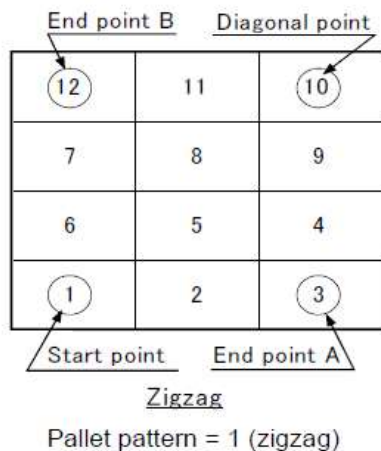


5.1 Elemente der Programmiersprache Melfa Basic V

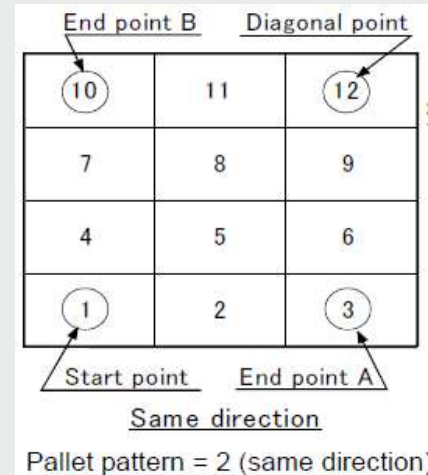
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • MOV P (PTP Bewegung zur Position P) • MVS P, MVR P (lineare / kreisförmige Bewegung zur Position P) • MVS P,-20 (MOV P,-20) (Roboter fährt zu einer Position, die 20 mm in negative Richtung der z-Achse des TCP Koordinatensystems relativ zu P liegt. • HOPEN 1/ HCLOSE 1 (Greifer öffnen/schließen) • OVRD 20 (% der maximalen Geschwindigkeit) • DLY 10 (Verzögerungszeit in Sekunden) • WHILE .. WEND (While Schleife) • IF .. THEN.. ELSE .. ENDIF | <ul style="list-style-type: none"> • WAIT Logischer Ausdruck (wird wahr) • *name (Zeile einen Namen geben) • GOTO *name (zu einer Zeile springen) • DEF IO Part_AV = Bit,6 (Ein- und Ausgänge) • DEF POS AUX (Positionsvariablen definieren) • DEF INTE Wert (ganzzahlige Variable) • GOSUB *test (Unterprogramm *test starten; Unterprogramm muss mit RETURN beendet werden. • CALLP "Programmname" – Aufruf eines externen Programms. |
|---|--|

5.2 Anhang : Definition Palettenfunktion

Statement example	Explanation
Def Plt 1,P1,P2,P3,P4,3,4,1	Defines to operate pallet No. 1 with a start point = P1, end point A = P2, end point B = P3 and diagonal point = P4, a total of 12 work positions (quantity A = 3, quantity B = 4), and a pallet pattern = 1(Zigzag).
Def Plt 2, P1, P2, P3, , 8, 5, 2	Defines to operate pallet No. 2 with a start point = P1, end point A = P2, and end point B = P3, a total of 40 work positions (quantity A = 8, quantity B = 5), and a pallet pattern = 2 (Same direction).

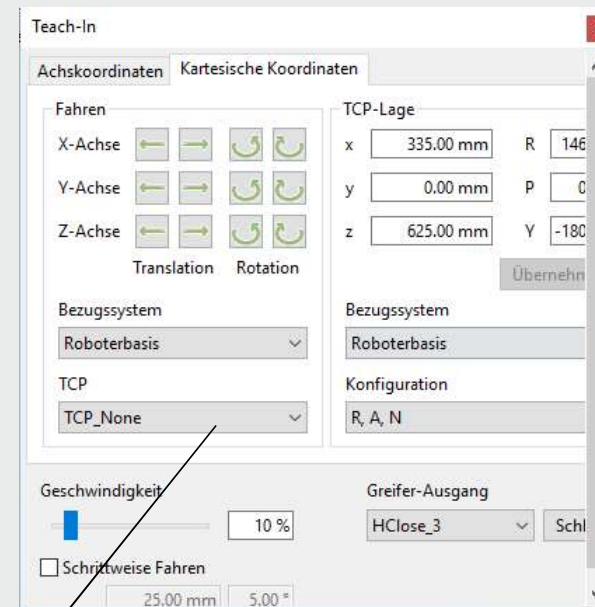


Place = Plt 1, 5
MOV Place,-30
MVS Place



6.2 CP_Roboter Station Montage – TCP Einstellungen

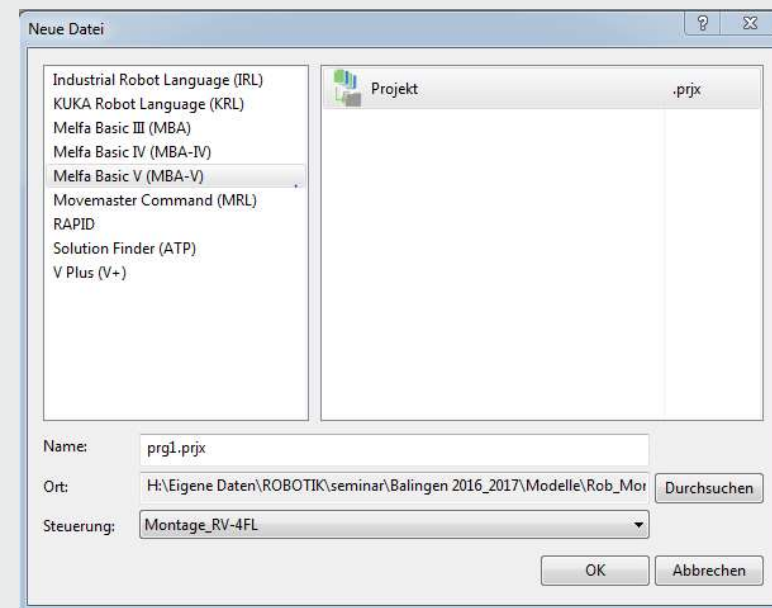
- TCP_Vac = Tool1 = (0,0,205,0,0,33.5)**
TCP für den Roboter mit dem Vakuumgreifer
- TCP_WP = Tool2 = (0,0,170,0,0,33.5)**
TCP für den Roboter mit dem Werkstückgreifer
- TCP_Fuse = Tool3 = (0,0,151.5,0,0,33.5)**
TCP für den Roboter mit dem Greifer für die Sicherungen
- TCP_None = Tool4 = (0,0,0,0,0,33.5)**
TCP für das Greiferwechselsystem



Listbox der TCP's

6.4 CP_Roboter Station Montage – Projekt erstellen

- Öffnen Sie die **Projektverwaltung** und öffnen das Kontextmenü zu **Projekte**. Wählen Sie **Neu**
- Es öffnet sich ein Fenster, siehe rechte Grafik.
- Wählen Sie Melfa BasicV und geben Sie ein Namen für das Projekt ein , z.B. **proj1**.
- Wählen Sie bei **Durchsuchen** den Ordner, wo sie das Projekt speichern wollen.
- Ordnen Sie dem Projekt die entsprechende Robotersteuerung **Montage_RV-4FL** zu.
- Bestätigen Sie ihre Auswahl mit **OK**.



6.4.1 CP_Roboter Station Montage – Projekt erstellen

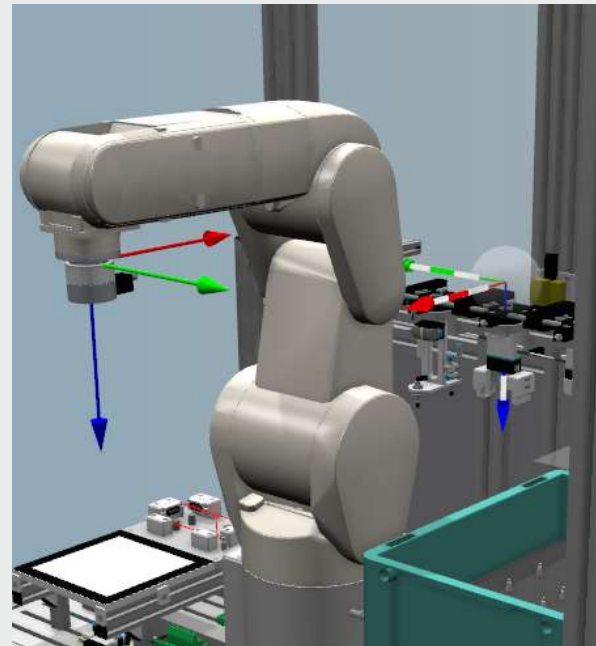
- In der Projektverwaltung erscheint jetzt das Projekt **proj1**.
- Öffnen Sie das Verzeichnis zu dem Projekt, dann erscheint ein Unterordner **Dateien**. Öffnen Sie das Kontextmenü zu diesem Ordner und wählen Sie die Option **Hinzufügen**.
- Wählen Sie **Programm** und wählen den Ordner Programme (Option: **Durchsuchen**) als Speicherort.
- Öffnen Sie wieder das Kontextmenü zu Dateien und wählen jetzt die Option **Hinzufügen**. Wählen Sie die Positionsliste **proj1.pos**.
- Das vorbereitete Programm- und das Positionslistenfenster werden angezeigt. Ordnen Sie die beiden Fenster relativ zum Modell.



CP_Factory

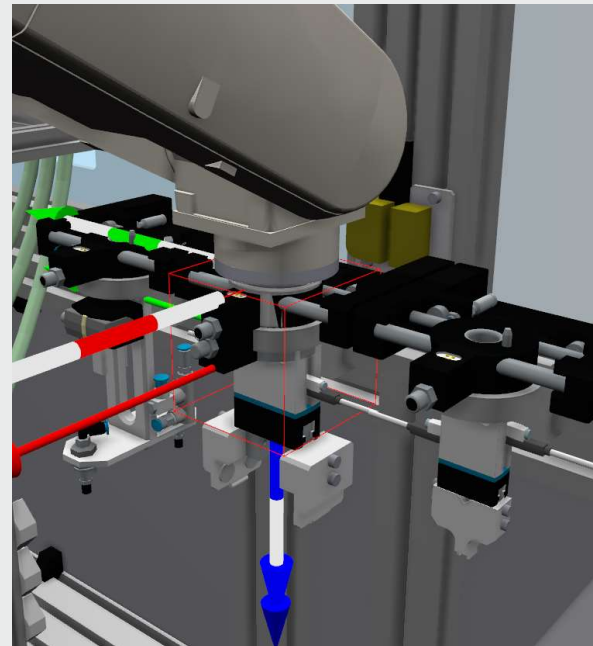
7 CP_Roboter Station Montage – Positionen / Wechselsystem

- Wählen Sie im Teach-In Fenster den **TCP_None**. Die Position **PHome** ist schon in ihrer Positionsliste eingetragen. Die anderen beiden Positionen sind Hilfspositionen, die der Roboter nicht anfahren kann.
- Position **PGrpStorageWP**:
- Ein Greifvorgang wird simuliert, so dass ein **Greifpunkt** in der Nähe einen **Greifpunkt** findet.
- Öffnen Sie den Modell-Explorer (**Strg+T**) und markieren Sie in der Basis von der Komponente **Werkzeug-Gehäuse** den Greifpunkt **GP_Werkzeug_Gehäuse**.



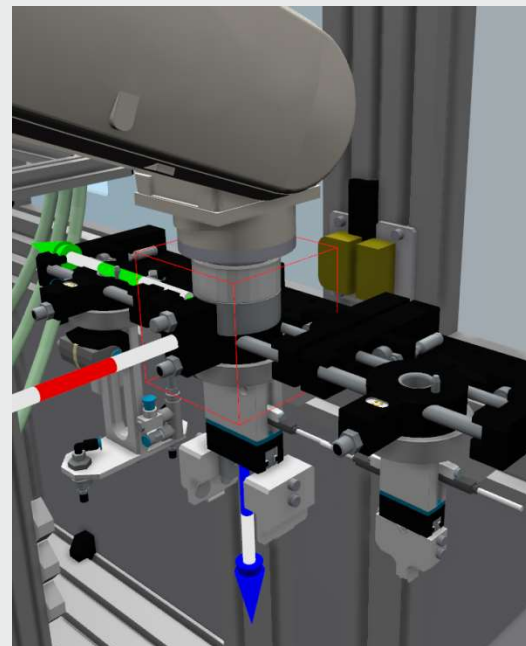
7.1 CP_Roboter Station Montage – Positionen/Wechselsystem

- Öffnen Sie im Menü **Modellierung** den **3D-Marker** und wählen die Option **3D-Marker-> Selektion** und lassen sich den **3D-Marker anzeigen**.
- Markieren Sie in der Basis von der Komponente **Werkzeugwechsler-Roboter** den **Greiferpunkt GPP_WW_Adapter**.
- Wählen Sie im Menü **Modellierung** den **3D-Marker** und wählen die Option **TCP -> 3D-Marker**. Dann springt der Roboter in diese Zielposition, siehe Grafik.
- Die Ausrichtung ist zwar schon korrekt, aber Greiferpunkt und Greifpunkt müssen noch zusammengefügt werden. Hierzu bewegen Sie den Roboter in +Z-Richtung, so dass die x_Achse vom Greiferpunkt mit der x-Achse vom 3D-Marker übereinstimmen.



7.2 CP_Roboter Station Montage – Positionen/Wechselsystem

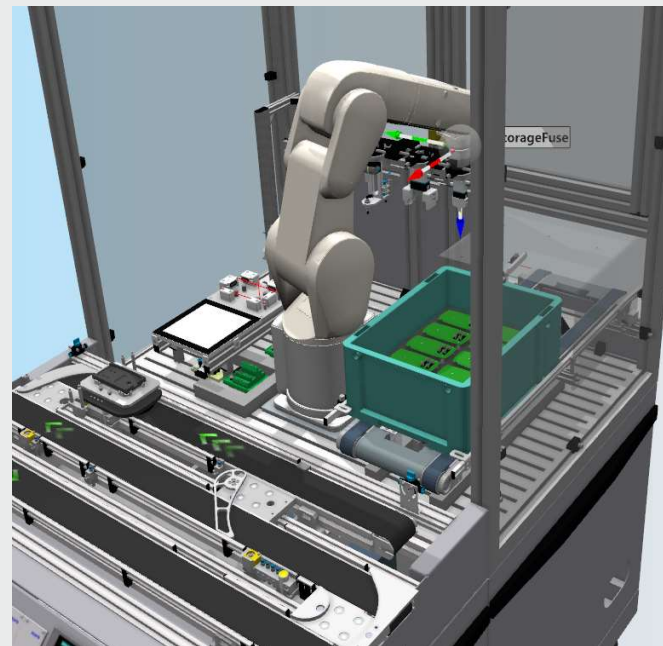
- Fügen Sie diese Position als **PGrpStorageWP** in ihre Positionsliste ein.
- Testen Sie ob der Greifer sich in dieser Position anschließen lässt. Setzen Sie im Teach-In Fenster
 - **HOpen_3 = schließen** und **HClose_3 = öffnen**
- Bewegen Sie im Teach-In Fenster den Roboter in +X-Richtung. Dann sollte der Werkstückgreifer herausgezogen werden.
- Analog können Sie die Positionen **PGrpStorageVac** und **PGrpStorageFuse** einlernen.



CP_Factory

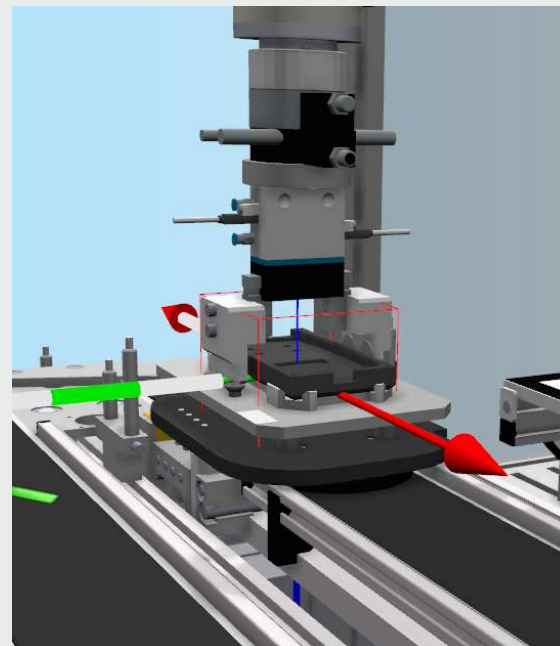
7.3 CP_Roboter Station Montage – Positionen/Stopper-Position

- Für die weiteren Positionen müssen wir zunächst das Werkstück an die Stopper-Position transportieren. Hierzu muss in der Simulation der vorbereitete Programmanfang gestartet werden.
- Kompilieren (**Strg+F9**) Sie das Programm und starten Sie die Simulation (**F5**)
- Wählen Sie das Symbol um eine Palette mit der Frontschale an die Stopper-Position zu transportieren.



7.4 CP_Roboter Station Montage – Positionen/ Stopper-Position

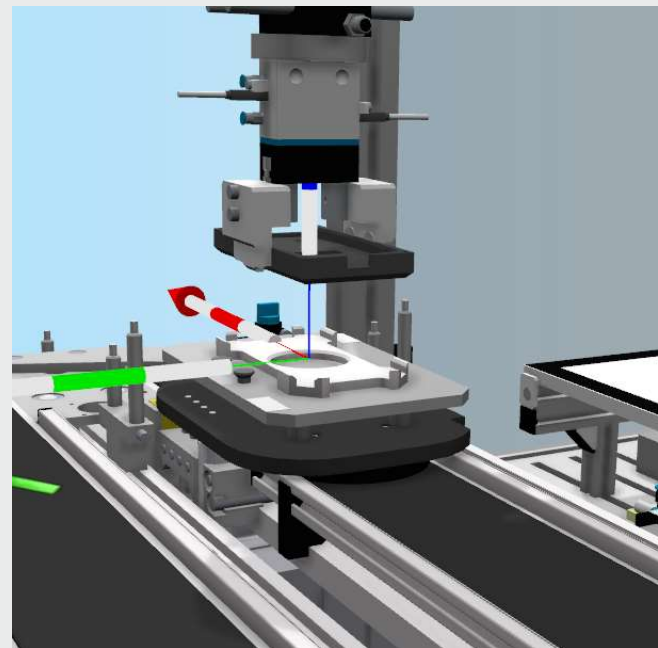
- Position **PStopper**:
Schließen Sie mit Hilfe des **Teach-In Fensters** den Werkstückgreifer an den Roboter und bewegen den Greifer in +X-Richtung aus der Halterung.
- Öffnen Sie den Greifer
HOpen_1 = öffnen und **HClose_1 = schließen** und setzen Sie: **TCP = TCP_WP**
- Öffnen Sie den Modell-Explorer (**Strg+T**) und setzen Sie den **3D-Marker** in den Greifpunkt **GP_Frontschale_unten** der Basis von der Komponente **Werkstücke->CP_Frontschale**
- Setzen Sie den TCP in den 3D-Marker. Und prüfen Sie, dass der Greifpunkt vom **Werkzeug-Gehäuse** mit dem Greifpunkt übereinstimmt.



CP_Factory

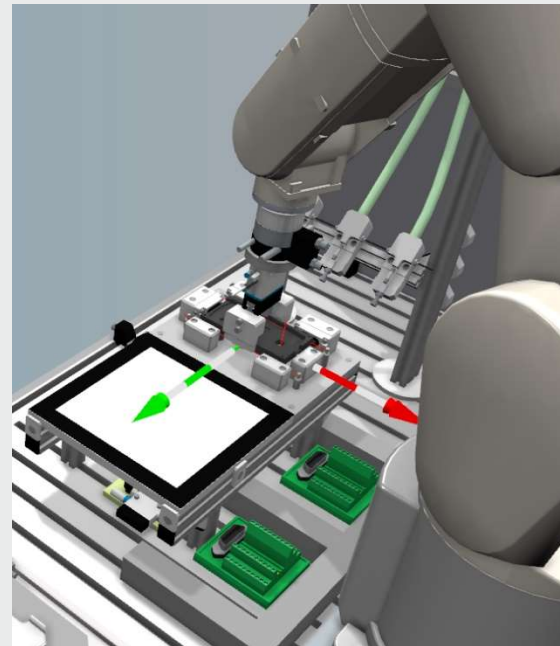
7.5 CP_Roboter Station Montage – Positionen/ Stopper-Position

- Sie müssen noch die Orientierung des Greifers anpassen. Drehen Sie im TCP Koordinatensystem den Greifer um $+90^\circ$.
- Übernehmen Sie diese Position als **PStopper** in Ihre Positionsliste.
- Testen Sie ob der Greifer die Frontschale einwandfrei greift. Setzen Sie im Teach-In Fenster **HOpen_1 = schließen** und **HClose_1= öffnen** und bewegen Sie im Teach-In Fenster den Roboter in +Z-Richtung. Dann sollte die Frontschale nach oben bewegt werden.



7.6 CP_Roboter Station Montage – Positionen/Montage

- Position **PAssembleWp** (Montageplatz):
Der Werkstückgreifer hat die Frontschale gegriffen..
- Öffnen Sie den Modell-Explorer (**Strg+T**) und setzen Sie den **3D-Marker** in den Greiferpunkt **GPP_Montage** der Basis von der Komponente **MontagePosition**.
- Setzen Sie den **TCP** in die Position des **3D-Markers**. Prüfen Sie, ob die Bohrung mittig den (senkrechten) Sensor trifft. Andernfalls drehen Sie das Werkstück um die z-Achse des **TCP** um 180°. Übernehmen Sie diese Position als **PAssembleWp**.
- Damit sind alle notwendigen Positionen eingelernt und es kann das Programm erstellt werden.



CP_Factory

7.7 CP_Roboter Station Montage – Greifvorgänge mit PGH

Teach-In Fenster:

Lock = HOpen_3 = schließen
 HClose_3 = öffnen

Release = HOpen_3 = öffnen
 HClose_3 = schließen

Werkstückgreifer/ Greifer Sicherungen:

öffnen: HOpen_1 = öffnen
 HClose_1 = schließen
 schließen: HOpen_1 = schließen
 HClose_1 = öffnen



CP_Factory

7.7.1 CP_Roboter Station Montage – Greifvorgänge mit PGH

Teach-In Fenster:

Vakuumgreifer:

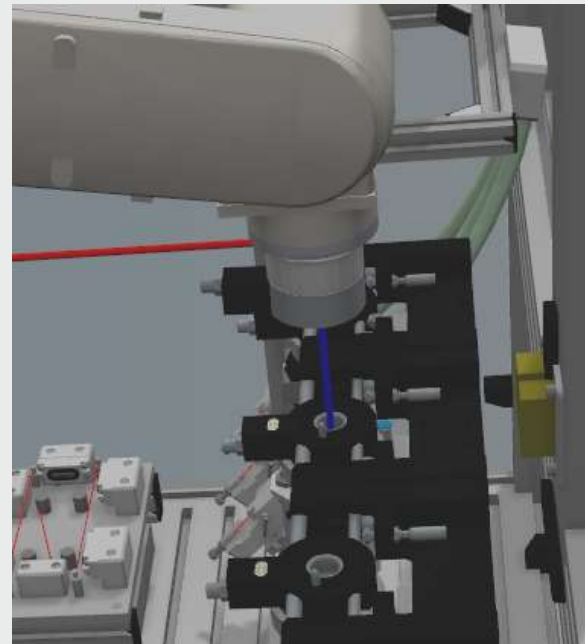
Vakuum ein: Hopen_1 = öffnen
HClose_2 = öffnen

Vakuum aus: Hopen_1 = schließen
Hclose_2 = schließen



8 Roboter Station Montage – Programm proj1

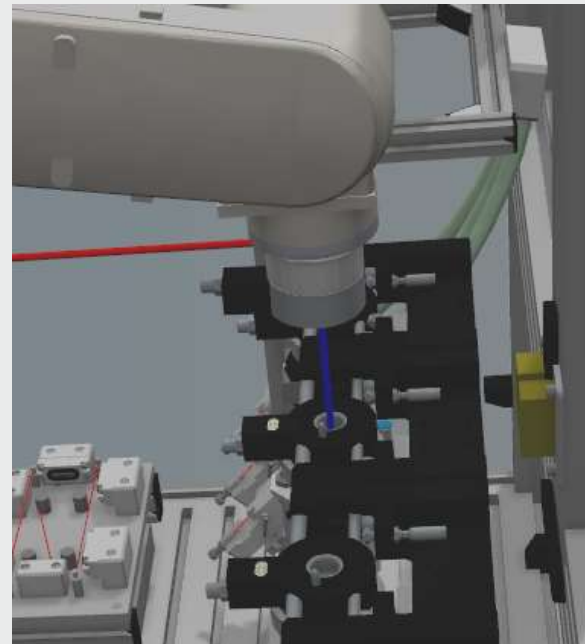
- Verwendung externer Programme:
"GRPlock" - Greifer an der Wechselvorrichtung anschließen
- **"GRPRelease"** - Greifer an die Wechselvorrichtung übergeben
- **"GRPClose"** / **"GRPOpen"**: Greifer schließen, Greifer öffnen
- Wählen Sie diese Programme aus dem Verzeichnis **Funktionsbibliothek** und fügen Sie diese Dateien ihrem Projekt **proj1** hinzu.
- Dann müssen die notwendigen Ein- und Ausgänge für das Programm mit dem Befehl **DEF IO** deklariert werden, siehe hierzu Doku **Kommunikationsschnittstelle.pdf**.



CP_Factory

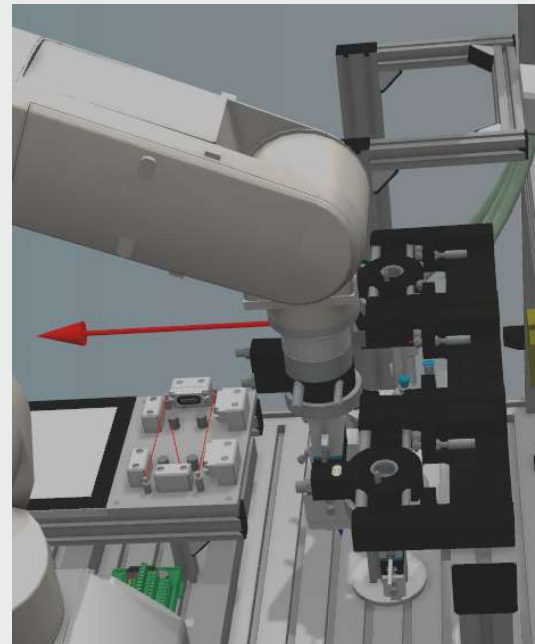
8.1 Roboter Station Montage – Programm proj1

- Schritt 1: **Aufnahme des Werkstückgreifers**
- Sicherstellen, dass die Wechsellvorrichtung geöffnet ist. (**GRPRelease**)
- Roboter bewegt seine Anschlussvorrichtung von oben senkrecht in die Aufnahmevorrichtung des Greifersystems mit langsamer Geschwindigkeit.



8.2 Roboter Station Montage – Programm proj1

- Schritt 2:
Greifer aus Wechselvorrichtung entnehmen
- Roboter zieht den Greifer entlang der positiven X-Achse des Roboterbasis-Koordinatensystems aus der Wechselvorrichtung.
- Beim **Zurücklagern** wird der Greifer zunächst entlang der X-Achse in die Wechselvorrichtung hineingeschoben und nach dem Lösen fährt der Roboter senkrecht nach oben aus der Aufnahmevorrichtung heraus.
- Alle weiteren Schritte sind einfache Pick&Place Aufgaben., wobei es wichtig ist, den TCP stets anzupassen.



CP_Factory

8.3 Roboter Station Montage – Programm proj1 testen

- Kompilieren Sie ihr Programm und testen Sie es.
- **Einzelschrittmodus:** Programmfenster muss aktiviert sein, dann **F10** drücken.
- Zum Download sichern Sie ihr Programm und Positionsliste im Ordner **Programme_Rob.**



11 Modulare Programmierung - Funktionsbibliothek

- Die Funktionsbibliothek finden Sie im Ordner **Modelle -> RV-4FL -> Funktionsbibliothek**.
 - Kernstück der Bibliothek :
UBP = User Based Program: Hier legt der Anwender alle Variablen, Flags und Positionen fest, die genutzt werden sollen. In der Simulation muss es stets aufgerufen werden. In der realen Steuerung wird dieses Programm durch einen Parametereintrag festgelegt
projUSR = UBP
 und darf im Programm nicht mehr aufgerufen werden.
 Es existiert eine universelle Positionsliste **UBP.pos**, die von allen Programmen genutzt werden kann.
 - Programmanfang muss wie folgt aussehen:
 CALLP "UBP" (nur in der Simulation)
 CALLP "999" (Initialisiert alle globalen Variablen)
 CALLP "Initialize" (zusätzliche Variablen)
- Funktionen:**
- GrpOpen, GrpClose, GrpVacOn, GrpVacOff, GrpRelease, GrpLock** (bekannt)
 - PickNewTool**: benötigt Greifertyp als Parameter und die Funktion **GetCurToolNo**
 (1 = Vakuumgreifer, 2 = Werkzeuggreifer, 3 = Greifer für Sicherungen, 4 = kein Greifer)

11.1 Modulare Programmierung - Funktionsbibliothek

- **StoreTool:** benötigt die Funktion **GetCurToolNo** und lagert den Greifer zurück und Roboter fährt in die Home-Position. (muss in die Steuerung nachgeladen werden)
- **PickFrmStopr:** benötigt die Stoppernummer und entnimmt vom Palettenträger das Werkstück.
- **PlaceToStopr:** benötigt die Stoppernummer und legt Werkstück auf Palettenträger.
- **PlaceWpToAss:** Roboter legt das Werkstück In die Montagestation und das Werkstück wird eingespannt.
- **PickWpFrmAss:** Roboter entnimmt das Werkstück aus der Montageposition.
- **PickPCBFrPal:** benötigt die Nummer der Platine, die entnommen werden soll.Es muss zunächst die Freigabe der Platinenbox durch **PCBTrayCntrl** erfolgen.
- **MountPCB:** Roboter platziert Platine in die Montagestation. Es wird nicht geprüft ob Werkstück vorhanden ist.
- **PickFusFrMag:** benötigt Nummer des Magazins.
- **MountBotFuse, MountTopFuse:**

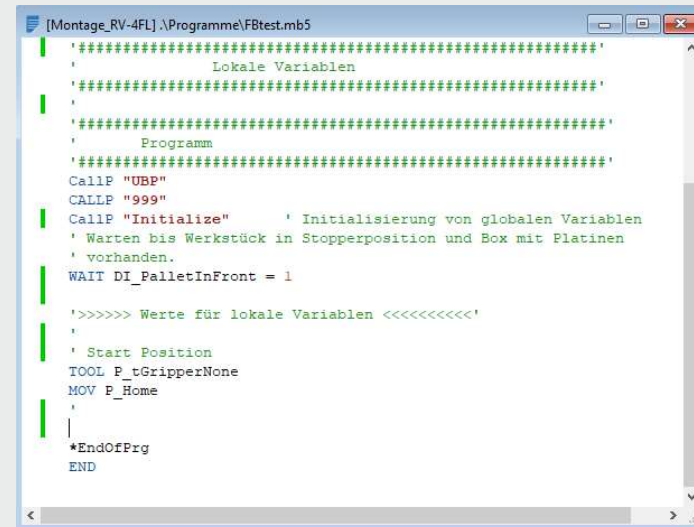
11.2 Modulare Programmierung - Funktionsbibliothek

- **GetFuseMagNo:** Funktion prüft, welche Magazine Sicherungen bereitstellen. Das Prüfergebnis wird in eine globale Variable **m_AvailFuseMagNo** geschrieben. (=3, falls in allen Magazinen Sicherungen vorhanden, =2, falls nur in den ersten beiden Magazine Sicherungen vorhanden, = 1, falls nur im ersten Magazin Sicherungen vorhanden sind).
- **PlaceToVison:** Roboter legt das Werkstück auf das Kamerafeld.
- **GetCamResult:** Der Aufruf benötigt einen Eingabeparameter zur Programmnummer. Es wird die Positionslage des Werkstücks als Ausgabewert geliefert.
- **PickFrmVison:** Funktionsaufruf benötigt als Übergabeparameter die Lage des Werkstücks.

- **SensorCheck:** prüft den Sensorstatus in der Station mit Fehlermeldung.
- **MonitorHome:** Funktion prüft, ob der Roboter sich in der Nähe der Home-Position befindet.
- **MonitorPalWS:** Funktion prüft, ob der Roboter sich im Bereich der Platinenbox befindet.

11.3 Modulare Programmierung - Programmtest

- Öffnen Sie das Projekt **FBtest** mit dem Programm **FBtest**, das die Funktionsbibliothek und die universelle Positionsliste **UBP.pos** nutzt. Der Anfang ist schon vorbereitet.
- Analysieren Sie den Programmstart. Und erweitern Sie das Programm mit Hilfe der Funktionen aus der Bibliothek, so dass der Roboter eine Platine Nr. 7 aus der Box entnimmt.



```
[Montage_RV-4FL] \Programme\FBtest.mb5

'##### Lokale Variablen #####'
'#####'
'#####'
'##### Programm #####'
'#####'
CALLP "UBP"
CALLP "999"
CALLP "Initialize"      ' Initialisierung von globalen Variablen
' Warten bis Werkstück in Stopperposition und Box mit Platinen
' vorhanden.
WAIT DI_PalletInFront = 1

'>>>>> Werte für lokale Variablen <<<<<<<<<'
'
' Start Position
TOOL P_tGripperNone
MOV P_Home
'
'
*EndOfPrg
END
```

11.4 Modulare Programmierung – Programmtest

- Prüfen Sie zunächst die Palettenfunktion im Programm **PickPCBFrPal**.
- Hierzu benötigen Sie den Vakuumgreifer: Nutzen Sie die Funktion **PickNewTool** mit der Variablen **m_GripperVac**.
- Mit der Funktion **PCBTrayCtrl** können Sie den Zugang zur Platinenbox für den Roboter freischalten.



```
[Montage_RV-4FL] \Programme\FBtest_01.mb5

'>>>>> Platine aus Transportbox entnehmen <<<<<<<<<<<<'
CallP "PickNewTool", m_GripperVac
If (m_ReturnedError > 0) GoTo *EndOfPrg
CALLP "PCBTrayCtrl"      ' Öffnet Zugang zur Platinenbox
CallP "PickPCBFrPal"
If (m_ReturnedError > 0) GoTo *EndOfPrg
*EndOfPrg
END
```