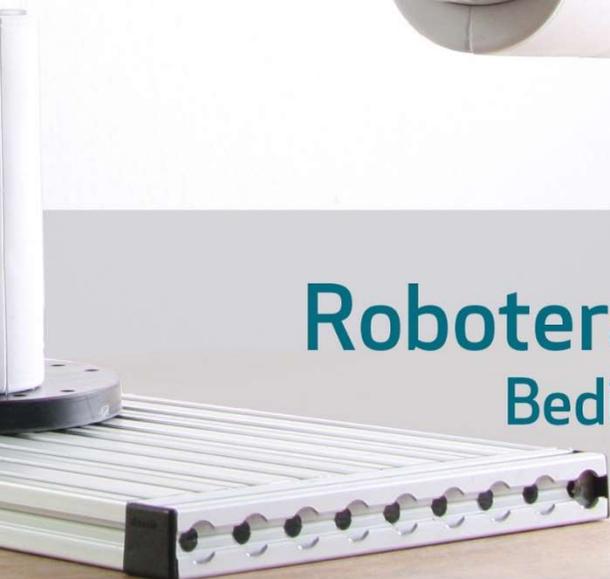




Roboterarm Mover4

Bedienungsanleitung



Bedienungsanleitung Mover4, Mover5, Mover6
Version 2018/07 (SW V902-09, HWE 2MV23HWM V05DOC V16)

© Commonplace Robotics GmbH, 2011-2018

Commonplace Robotics GmbH
Gewerbepark 9-11
49143 Bissendorf
05402 - 9689290
info@commonplacrobotics.de
www.commonplacrobotics.de



Das CE-Zeichen bestätigt, dass dieses Produkt die Hauptanforderungen der Richtlinien 2004/108/EG (Elektromagnetische Verträglichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten) und 2002/95/EG (Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) einhält. Die entsprechenden Unterlagen sind beim Hersteller hinterlegt.



Helfen Sie die Umwelt zu schonen! Werfen sie das Gerät am Ende seiner Lebensdauer nicht in den Hausmüll, sondern bringen es zu einem öffentlichen Recyclingplatz.

Inhalt

1.	Sicherheitshinweise.....	5
2.	Einführung.....	6
2.1	Produkt.....	6
2.2	Spezifikationen.....	7
2.3	Systemvoraussetzungen	8
3.	Installation.....	9
3.1	Aufstellen des Roboters.....	9
3.2	Anschluss Netzteil und USB-Adapter	9
3.3	Installation Software CPRog.....	10
3.4	Installation Treiber USB-Adapter.....	12
4.	Roboter	13
4.1	Geometrie Mover4.....	13
4.2	Geometrie Mover5.....	14
4.3	Geometrie Mover6.....	15
4.4	Digitale Ein- und Ausgänge.....	16
4.5	Lochbild Standfuß	17
5.	Verfahren des Roboters mit CPRog.....	18
5.1	Einführung.....	18
5.2	Auswählen des passenden Roboters in der Darstellung.....	19
5.3	Navigation mit der Maus	19
5.4	Bewegen des Roboters mit Joypad und Buttons.....	20
5.5	Bewegen des Roboters mit der Grafik	22
5.6	Virtual Box.....	22
5.7	Verbinden der Hardware	23
5.8	Setzen der Achsnullpunkte des Roboters	24

6.	Programmieren des Roboters mit CPRog	25
6.1	Programmelemente	25
6.2	Aufnehmen eines Programmes in der 3D-Ansicht	26
6.3	Speichern und Laden eines Programmes	26
6.4	Abspielen eines Programmes	26
6.5	Editieren eines Programms mit GraphEdit	27
6.6	Editieren eines Programms mit TextEdit	28
7.	Konfiguration	30
7.1	Anwendungskonfiguration: CPRFrontend.xml	30
7.2	Roboterkonfiguration Software	31
7.3	Konfiguration der Motor Controller	31
8.	Interfacing	33
8.1	CRI Interface	33
8.2	ROS – Robot Operating System	34
8.3	Direkter Zugriff über das CAN-Protokoll	34
9.	CAN Protocol Spezifikation	35
10.	Fehleranzeigen	36
10.1	LED am Roboterfuß	36
10.2	LED auf dem Steuermodul	36
10.3	Kinematischer Status auf der linken Seite des CPRog	36
10.4	Hardware-Status über CAN-Bus	37
11.	Troubleshooting	39
11.1	Installation und Programmstart	39
11.2	Software CPRog	40
11.3	Hardware	41
12.	Anhang: Befehlsdefinitionen	42

1. Sicherheitshinweise



- Der Roboter ist für die Nutzung durch Erwachsene und Jugendliche im Bereich des Edutainment und in F&E-Umgebungen konzipiert.
- Der Roboter darf nicht in der industriellen Fertigung oder im Dauerbetrieb eingesetzt werden.
- Der Roboter darf nicht unbeaufsichtigt operieren.
- Im Greiferbereich können Quetschungen von Fingern auftreten, insbesondere bei Verwendung des Parallelgreifers. Während des Betriebs fernhalten!
- Der Roboter darf ohne Aufsicht nicht von Kindern benutzt werden. Nicht für Kinder unter 3 Jahren. Kleinteile – Verschluckungsgefahr!
- Es dürfen ohne Schutzmaßnahmen (Umhausung, etc.) keine scharfen, spitzen oder anders gefährlichen Gegenstände an dem Roboterarm befestigt werden. Dies umfasst insbesondere Fräseinrichtungen oder Laserquellen.
- Sorgen Sie immer für eine stabile Montage des Roboters. Das Gerät kann bei einem eventuellen Sturz beschädigt werden.
- Der Roboter ist für die Nutzung in Innenräumen konzipiert. Setzen Sie ihn nicht Feuchtigkeit, übermäßiger Sonneneinstrahlung, Hitze oder Staub aus.
- Versuchen Sie nicht, das Gerät zu öffnen.
- Fertigen Sie vor der Installation der Software eine Datensicherung an. Wir haften nicht für den Verlust von Daten.
- Schalten Sie die Stromversorgung des Roboters am Netzteil ab, wenn keine Überwachungsperson anwesend ist.

2. Einführung

2.1 Produkt

Die Commonplace Robotics Mover sind Roboter für den Education- und Edutainment-Bereich. Sie können bei einer Reichweite von 500 mm bis zu 500 g (zzgl. Greifer) heben.



Abb. 1: Mover4 und zum Betrieb notwendige Komponenten

Der modulare Aufbau des Roboters verbindet die einzelnen Achsmodule durch Aluminiumprofile, die Achsverbinder. Die Achsmodule 1-4 enthalten einen Servoantrieb, die Achsen 5 & 6 basieren auf Smartservos.

Vorn am Roboter, dem sogenannten Roboterflansch, kann ein Greifer oder ein anderes Werkzeug angebracht werden. An der Roboterbasis muss der Mover auf einem Standfuß oder einen Tisch montiert werden. In der Basis befinden sich zwei Steckerbuchsen. Mit der einen wird der Kabelbaum verbunden, über den der Roboter mit Strom versorgt wird und mit dem Steuerungs-PC kommuniziert. Der andere Stecker bringt digitale Ein- und Ausgänge nach außen.

Der Kabelbaum wird mit dem Netzteil verbunden, das 12 V/5 A zur Verfügung stellt. Ebenfalls wird das USB-Interface angeschlossen, das dann in den PC eingesteckt wird. Die Software CPRog schließlich ermöglicht Steuerung und Programmierung.

2.2 Spezifikationen

2.2.1 Mover4

Anzahl Achsen	4 Servoachsen
Spannungsversorgung	12 V bei max 5 A
Stromverbrauch	Regelung still: 0,5 A / Bewegung: < 2,5 A Feinsicherung mit 2,5 A im Fuß
Kommunikation	CAN bei 500 kBit/s
Reichweite	455 mm plus Greifer
Traglast	500 g
Ein / Ausgänge	An der Basis in der Standardversion: 3 digitale Ausgänge (5 V/100 mA) und 4 digitale Eingänge (12-24 V) über D-Sub 9-polig Female. Am Flansch: 2 digitale Ausgänge (5 V/25 mA) und 12 V/0,5 A Versorgungsspannung über Harting SEK 6-polig.
Kommunikation	Vorgabe von Positions- oder Geschwindigkeitswerten mit 50 Hz. Auslesen von aktueller Position und Motorstrom.

2.2.2 Mover5

Anzahl Achsen	5 (4 Servoachsen und 1 Smart servo)
Spannungsversorgung	12 V bei max 5 A
Stromverbrauch	Regelung still: 0,5 A / Bewegung: < 3,0 A Feinsicherung mit 3,25 A im Fuß
Kommunikation	CAN bei 500 kBit/s
Reichweite	465 mm plus Greifer
Traglast	400 g
Ein / Ausgänge	An der Basis in der Standardversion: 3 digitale Ausgänge (5 V/100 mA) und 4 digitale Eingänge (5 V) über D-Sub 9-polig Female. Am Flansch: 2 digitale Ausgänge (5 V/25 mA) und 12 V/0,5 A Versorgungsspannung über Harting SEK 6-polig.
Kommunikation	Vorgabe von Positions- oder Geschwindigkeitswerten mit 50 Hz. Auslesen von aktueller Position und Motorstrom.

2.2.3 Mover6

Anzahl Achsen	6 (4 Servoachsen und 2 Smartservos)
Spannungsversorgung	12 V bei max 5A
Stromverbrauch	Regelung still: 0,5 A / Bewegung: < 3,0 A Feinsicherung mit 3,25 A im Fuß
Kommunikation	CAN bei 500 kBit/s
Reichweite	600 mm inkl. Greifer
Traglast	400 g
Ein / Ausgänge	An der Basis in der Standardversion: 3 digitale Ausgänge (5 V/100 mA) und 4 digitale Eingänge (5 V) über D-Sub 9-polig Female. Am Flansch: 2 digitale Ausgänge (5 V/25 mA) und 12 V/0,5 A Versorgungsspannung über JST XH 6-polig.
Kommunikation	Vorgabe von Positions- oder Geschwindigkeitswerten mit 50 Hz. Auslesen von aktueller Position und Motorstrom.

2.3 Systemvoraussetzungen

Zur Steuerung mit der Programmierumgebung CPRog ist ein PC mit Windows-Betriebssystem notwendig:

- Betriebssystem: Windows 7 oder 10 (64 oder 32 bit).
- .NET-Framework in Version 3,5 oder höher und DirectX in Version 9.0c müssen installiert sein.
- Prozessor: 1.6-GHz-Pentium- oder gleichwertiger Prozessor
- RAM: 1 GB
- Festplatte: Bis zu 50 MB (zuzüglich .NET-Framework und DirectX)
- 1 freier USB-Port für die Kommunikation mit dem Roboter, ein weiterer für Joypad-Steuerung

3. Installation

3.1 Aufstellen des Roboters

Der Roboter muss auf einem Standfuß oder einem anderen Gegenstand so festgeschraubt werden, dass er nicht umkippen kann.

3.2 Anschluss Netzteil und USB-Adapter



Abb. 2: Kabelbaum mit Netzteil und USB-Adapter

Der Kabelbaum verbindet Netzteil, USB-Adapter und Roboter wie oben dargestellt. Alle Stecker sind verpolungssicher.

Vor dem Einstecken des USB-Interfaces in den Steuerungsrechner soll der entsprechende Treiber installiert werden, siehe die folgenden Abschnitte.

3.3 Installation Software CPRog



Legen Sie die CPRog-CD in ein CD-Laufwerk ein.

Je nach Einstellungen öffnet sich automatisch das CD-Menü, oder Sie müssen es aufrufen:

D:\autorun\autorun.exe

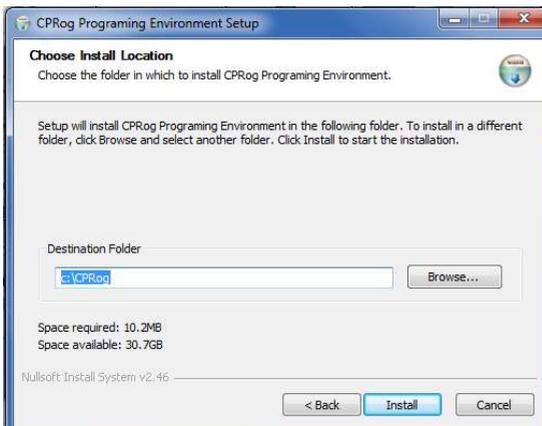
Wählen Sie den ersten Knopf „Install CPRog“ aus.



Eventuell müssen Sie bestätigen, dass Änderungen an Ihrem Computer vorgenommen werden dürfen.

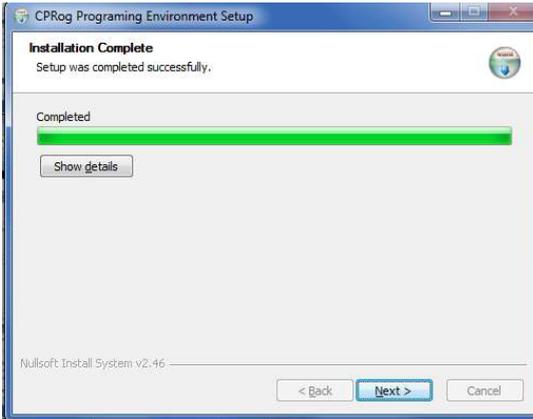
Sie können nun Englisch oder Deutsch als Sprache auswählen.

Nach dem Start des Installers wird das License Agreement angezeigt. Diesem müssen Sie zustimmen, um die Software zu installieren.



Im nächsten Schritt können Sie auswählen, wo CPRog installiert werden soll. Empfohlen ist die Installation direkt in **c:\CPRog**.

Bei einer Installation in einem Windows-Programmverzeichnis wie **c:\Programme** kann es sein, dass Administrator-Rechte zum Start von CPRog notwendig sind.



Der Fortschrittsbalken informiert Sie über den verbleibenden Zeitraum, typischerweise wenige Sekunden.

DirectX: Es wird geprüft, ob alle notwendigen DirectX-Komponenten vorhanden sind. Eventuell wird automatisch DirectX 9.0c von der CD installiert. Dies kann auch notwendig sein, wenn schon DirectX 11 installiert ist, aber trotzdem notwendige Dateien fehlen.



Am Ende können Sie wählen, ob CPRog direkt gestartet werden kann.

Sie können CPRog nun über einen Link auf dem Desktop oder über das Startmenü starten.

Im Fehlerfall: Der Assistent prüft, ob die notwendigen Erweiterungen installiert sind, insbesondere das .NET-Framework und DirectX. Wenn nicht, wird eine Fehlermeldung generiert. Das .NET-Framework muss dann von Ihnen installiert werden:

Im Internet nach „Microsoft .NET download“ suchen und installieren

Die DirectX-Installation wird automatisch vorgenommen.

3.4 Installation Treiber USB-Adapter

Unter Umständen müssen, um den USB-Adapter nutzen zu können, die entsprechenden Treiber von der Fa. PEAK-Systeme GmbH installiert werden. Diese finden Sie ebenfalls auf der CPRog-CD.



Legen Sie die CPRog-CD in ein CD-Laufwerk ein.

Je nach Einstellungen öffnet sich automatisch das CD-Menü, oder Sie müssen es aufrufen:
D:\autorun\autorun.exe

Wählen Sie den zweiten Knopf „Install USB Interface“ aus.



Folgen Sie dem Assistenten. Bei der Auswahl der Produkte wählen Sie den „PCAN-USB“-Adapter.

Wenn Sie nun den USB-CAN-Adapter einstecken, klicken sie noch auf „Automatisch installieren“.

4. Roboter

4.1 Geometrie Mover4

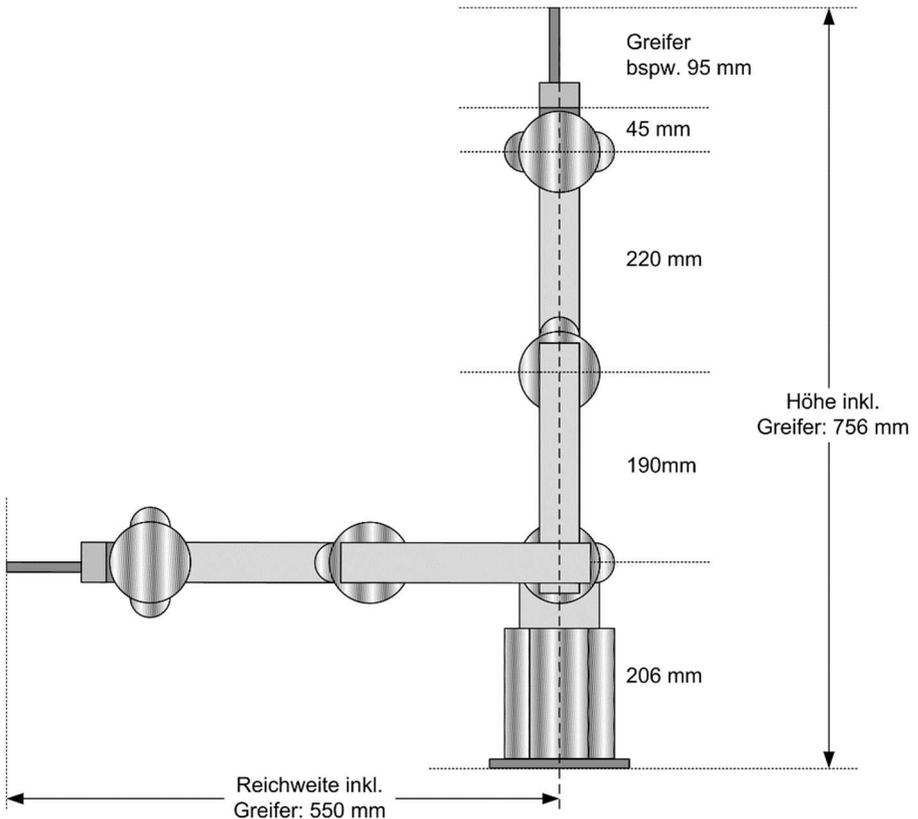


Abb. 3: Geometrie des Mover4

Die Abbildung zeigt die Achslängen des Mover4.
Inklusive Greifer erreicht er einen Arbeitsraum von 550 mm.

Der Arbeitsraum ist durch die Werkseinstellung der CPRog-Software begrenzt.
Diese Begrenzung kann in dem Konfigurationsfile des Roboters angepasst oder aufgehoben werden, siehe Abschnitt 7.2.

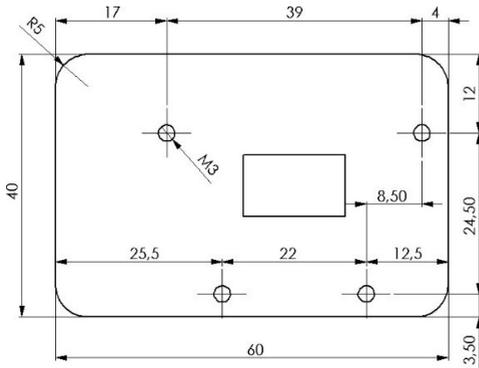


Abb. 4: Zeichnung des Mover4 Greiferflansch

Pinbelegung der Greiferbuchse

Pin1: 12V, max 0.5A

Pin2: GND

Pin3: DOut 11 (5V TTL)

Pin4: DOut 12 (5V TTL)

Pin5: nicht verwendet

Pin 6: nicht verwendet

4.2 Geometrie Mover5

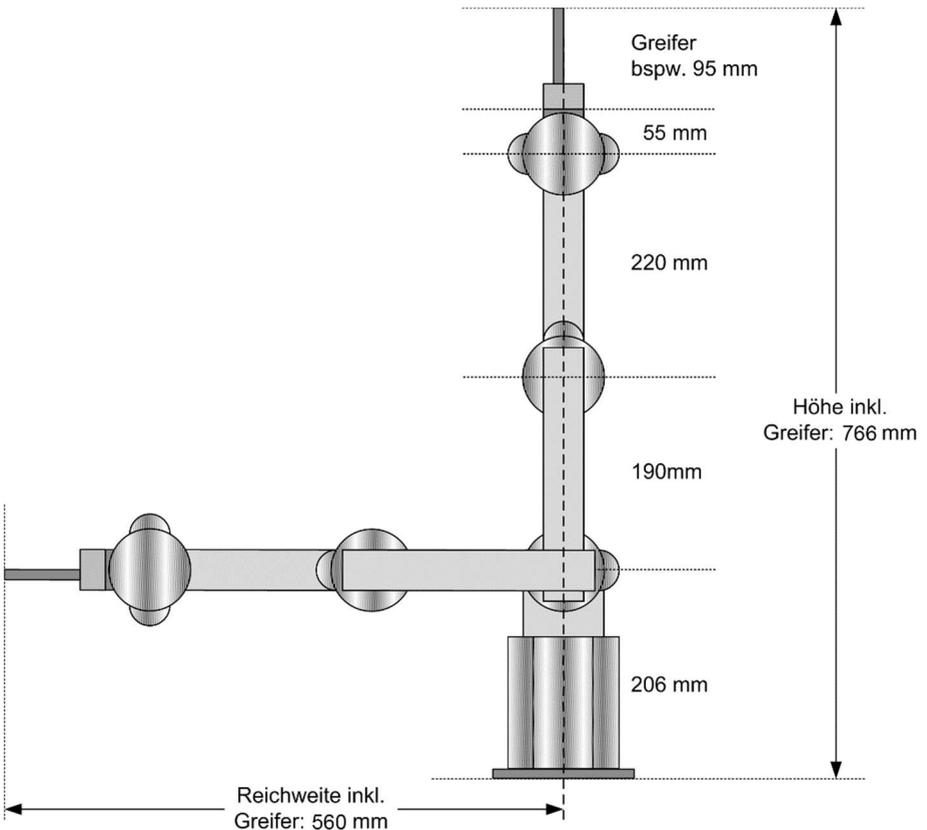
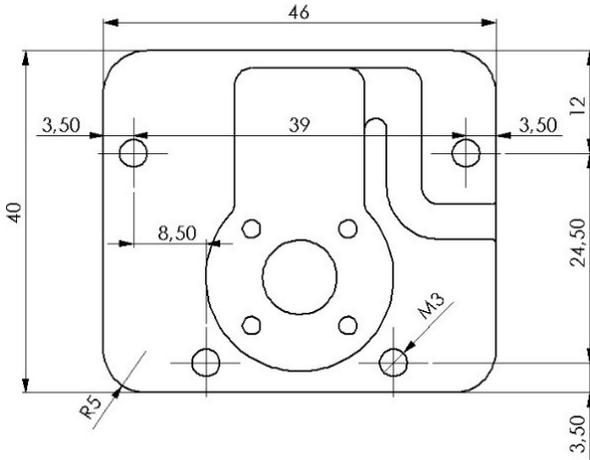


Abb. 5: Geometrie des Mover4

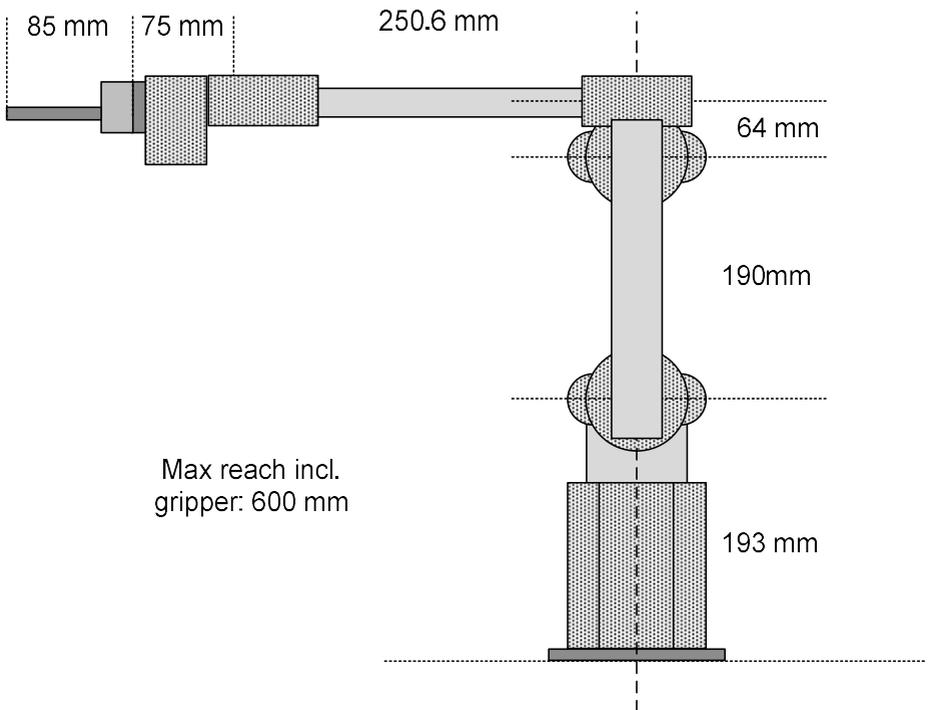


Pinbelegung der Greiferbuchse

- Pin1: 12V, max 0.5A
- Pin2: GND
- Pin3: DOut 11 (5V TTL)
- Pin4: DOut 12 (5V TTL)
- Pin5: nicht verwendet
- Pin6: nicht verwendet

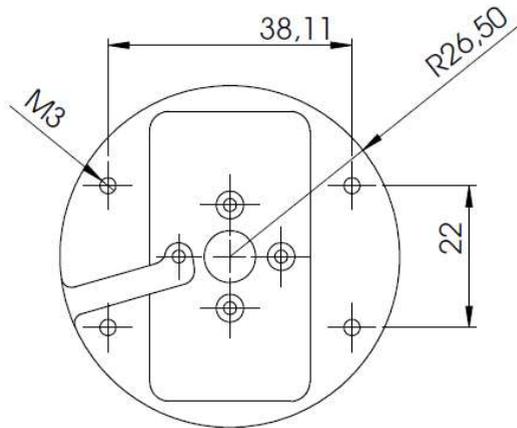
Abb. 6: Zeichnung des Mover5 Greiferflansch

4.3 Geometrie Mover6



Max reach incl.
gripper: 600 mm

Abb. 7: Geometrie des Mover6



Pinbelegung der Greiferbuchse

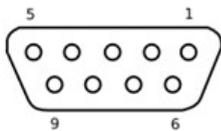
JST XH 6-pol Buchse

- Pin1: nicht verwendet
- Pin2: nicht verwendet
- Pin3: Digital Out 11 (5V TTL)
- Pin4: Digital Out 12 (5V TTL)
- Pin5: GND
- Pin6: 12V max. 250 mA
70 mA anhaltend

Abb. 8: Zeichnung des Mover6 Greiferflansch

4.4 Digitale Ein- und Ausgänge

An dem Sub-D Stecker im Fuß des Roboter sind mehrere digitale Ein- und Ausgänge zu finden. Die Steckerbelegung ist in Abb. 1 für die Robotertypen „Standard“ und „HD“ dargestellt.



Sub-D Female: Blick von aussen auf die Pins
Bei Male entsprechend gespiegelt.

Standard: 5V DIO

Typ: Female

Pin 1: 5V

Pin 2: In 3

Pin 3: In 1

Pin 4: Out 3

Pin 5: Out 1

Pin 6: GND

Pin 7: In 4

Pin 8: In 2

Pin 9: Out 4

HD: 24V DIO

Typ: Male

Pin 1: Out1 24V

Pin 2: Out2 24V

Pin 3: Out3 24V

Pin 4: Out4 24V

Pin 5: In1

Pin 6: In2

Pin 7: In3

Pin 8: GND

Pin 9: 24V Supply

Abb. 9: Steckerbelegung DIO-Stecker an der Basis

Die Standard-Variante ist für TTL-Kommunikation auf 5V-Level ausgelegt, die HD-Variante für die Kommunikation mit einer SPS auf 24V-Level. Die Ausgänge der HD-

Variante sind mit 1A belastbar, auf Pin 9 muss die dafür verwendete Versorgungsspannung von 24V zugeführt werden.

Zwei weitere Digitale Ausgänge befinden sich am Montageflansch des Roboters zur Ansteuerung eines Greifers, siehe den folgenden Abschnitt.

4.5 Lochbild Standfuß

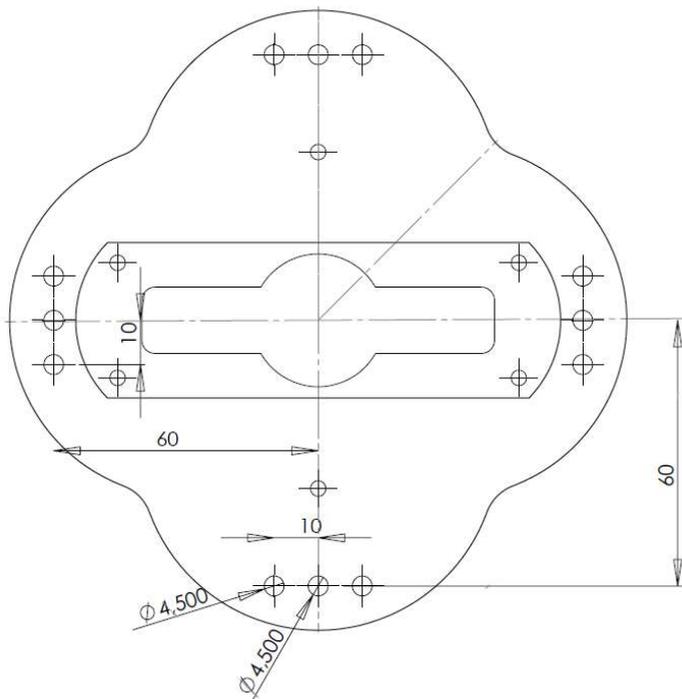


Abb. 10: Zeichnung des Standfußes

Der Roboter kann durch die M4-Durchgangsbohrungen befestigt werden.

5. Verfahren des Roboters mit CPRog

5.1 Einführung

Mit der Programmierumgebung CPRog kann der Mover gesteuert und programmiert werden. Es kann online mit Roboter oder offline in Simulation gearbeitet werden.

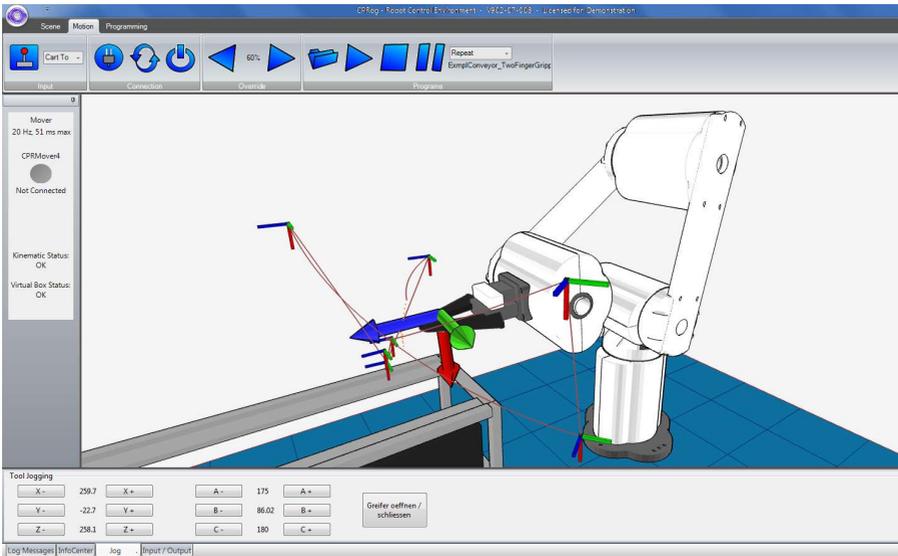


Abb. 11: Programmoberfläche von CPRog

Im oberen Bereich befinden sich die beiden Reiter „Motion“ und „Programming“, sie stellen Knöpfe für zum Bewegen und Programmieren zur Verfügung.

Auf der linken Seite werden Informationen über den Zustand des realen Roboters dargestellt.

Unten befinden sich vier Reiter:

- „Log Messages“: Hier finden sich Meldungen zum Zustand des Programmes
- „Info Center“: Stellt Achswinkel und kartesische Positionen dar
- „Jog“: Hier sind die Knöpfe zum Verfahren des Roboters
- „Input / Output“: Informationen und Stellmöglichkeiten zu den digitalen IOs

5.2 Auswählen des passenden Roboters in der Darstellung

CPRog verfügt über eine projektbezogene Konfiguration. Sie können das Projekt mit dem entsprechenden Roboterarm auswählen: Mover4, 5 oder 6. Klicken Sie dazu auf den Kreis in der linken oberen Ecke und wählen Sie "Projekt öffnen". Wählen Sie nun die Datei mit Ihrem Roboterarm aus. CPRog merkt sich Ihre Auswahl.

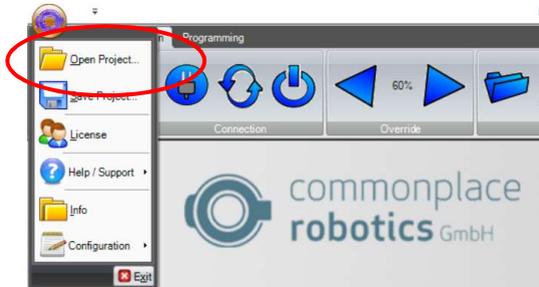


Abb. 12: "Open Project" Menüeintrag

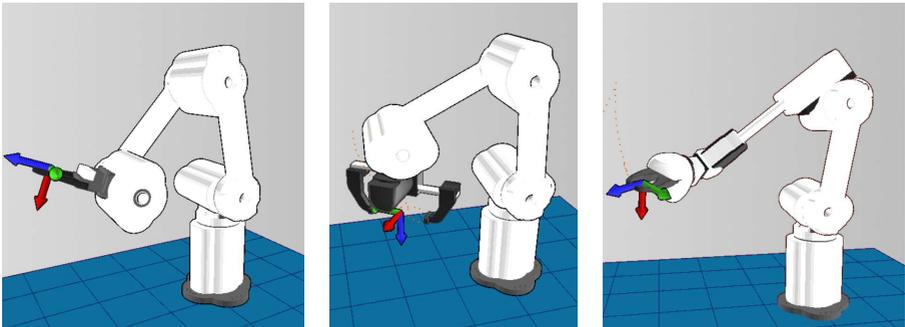


Abb. 13: Robotermodell Mover4 (links), Mover5 (Mitte) und Mover6 (rechts)

5.3 Navigation mit der Maus

Zur Navigation in CPRog wird eine Maus mit 3 Tasten benötigt. Die Funktionen sind:

- Linke Maustaste: Auswählen von Robotern oder anderen Objekten
- Mittlere Maustaste: Navigation in der 3D-Szene
 - Drehen der Darstellung: ziehen der Maus mit gedrückter mittlerer Maustaste

- Verschieben der Darstellung: Ziehen der Maus mit gedrückter mittlerer Maustaste und gedrückter **Strg-Taste**.
- Zoomen in bzw. aus der Darstellung: Bei gedrückter **Shift-Taste** die Maus mit gedrückter mittlerer Maustaste ziehen. (zoomt auf Mittelpunkt der Darstellung) bzw. Drehen des **Mausrades** (zoomt auf die aktuelle Cursorposition)
- Rechte Maustaste: Optionales Kontextmenü

Alternativ kann die Funktion der linken Maustaste im oberen Menübereich unter Szene/Navigation zwischen Objektauswahl, Drehen, Verschieben und Zoomen umgestellt werden.

5.4 Bewegen des Roboters mit Joypad und Buttons

Der Roboter kann manuell bewegt werden („jogging“), sofern er nicht gerade ein Programm abspielt. Die Hauptelemente sind der Button zum Verbinden des Joypads, die Auswahl der Bewegungsart und der Override.



Abb. 14: Elemente zur Bewegung des Roboters

Beim Druck auf den Joystick-Knopf wird ein Joypad verbunden. Das Gerät muss die Kennung „Joystick“ oder „Gamepad“ haben. Weitere Informationen werden im Log-Fenster angezeigt.

Im „Joint“-Modus lassen sich die einzelnen Achsen A1 bis A4 des Roboters bewegen, im „Cartesian“-Modus verfährt der Roboter entlang der X-, Y- und Z-Achsen. Die Rotation des Greifers erfolgt über B. Im „Cart-Tool“-Modus verfährt der Roboter im Werkzeug-Koordinatensystem.

Der Override skaliert die Verfahrgeschwindigkeit von 0 bis 100%.

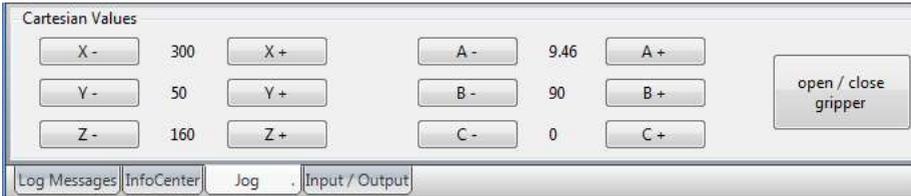


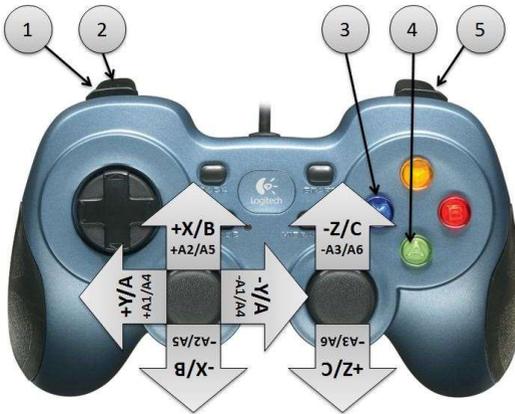
Abb. 15: Richtungsknöpfe im kartesischen Modus. Im Joint-Modus werden die Achsen A1 bis A4 dargestellt.

Im kartesischen Jog-Modus können Begrenzungen eingeschaltet werden, die Definition erfolgt in der Datei `\CPRog\Data\Robots\CPRFour\CPRFour.xml`



Wenn der Roboter über den Rand des erlaubten Bereiches hinauskommandiert wird, so blockiert er, der Rechner gibt Warntöne von sich. Im Joint-Modus gelten diese Beschränkungen nicht.

Wenn ein Joypad an den Computer angeschlossen ist, kann dieses mit dem „Connect Joypad“-Knopf eingebunden werden. Die Tastenbelegung ist wie unten dargestellt. Mit den Analogpads kann der Roboter mit variabler Geschwindigkeit verfahren werden.



Tastenbelegung:

1. Bewegungsmodus ändern
2. Aktiven Roboter ändern
3. Greifer öffnen/schließen
4. Bewegungspunkt aufnehmen
5. Ändern der Stickbelegung. Bei Tastendruck ist es nicht +X, sondern +B

Abb. 16: Belegung der Tasten eines Joypads. Oben im kartesischen Modus, darunter im Joint-Modus.

5.5 Bewegen des Roboters mit der Grafik

Eine Alternative zum Joypad ist das Ziehen des Roboters in der grafischen 3D-Umgebung. Bei Auswahl eines Gelenks des Roboters mit der linken Maustaste leuchten die Gelenkkonturen rot auf. Bei Auswahl des Gelenks und Bewegen der Maus mit gedrückter linker Maustaste dreht sich dieses Gelenk je nach Mausbewegung vorwärts oder rückwärts.

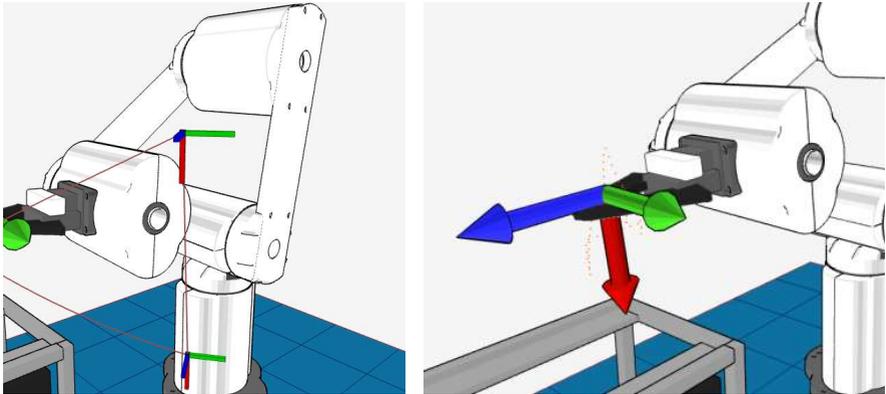


Abb. 17: Gelenk- und Koordinatensystemkonturen nach Auswahl mit der Maus.

Die Bewegungen sind in der Simulation und mit dem realen Roboter möglich. Sie werden von den Override-Tasten beeinflusst.

5.6 Virtual Box

Es ist möglich, eine virtuelle Box zu definieren, aus der der Roboter nicht herauskommt. Die Definition der xyz-Werte für die Wände erfolgt in einem Dialogfenster unter dem Menüpunkt "Configuration / Virtual Box Configuration". Die virtuelle Box arbeitet sowohl im Joint Modus als auch im kartesischen Modus. Der Status der virtuellen Box wird auf der linken Seite von CPRog angezeigt.

5.7 Verbinden der Hardware

Ebenso wie der simulierte Roboter kann auch der reale Roboter verfahren werden. Dazu wird in drei Schritten die Hardware initialisiert, quittiert und freigegeben.

Dazu muss der USB-CAN-Adapter angeschlossen sein, die Stromversorgung des Roboters muss angeschaltet sein.



Abb. 18: Knöpfe zum Verbinden, quittieren und freigegeben der Hardware

Schritt 1: Verbinden der Hardware. Hierdurch wird der USB-CAN-Controller initialisiert.

Die LED an der linken Seite wechselt von Grau auf Rot. Unter der LED werden mehrere Fehlermeldungen dargestellt.

Schritt 2: Quittieren der Fehler. Durch den Druck auf den Knopf werden die Fehlerspeicher der Achsmodule freigegeben. Außerdem werden die Achsstellungen des realen Roboters in die Software übernommen.



Die 3D-Darstellung des Roboters muss nun mit der Stellung des realen Roboters übereinstimmen! Dies muss bei jedem Quittieren geprüft werden!

Die LED an der linken Seite bleibt rot. Die Fehlermeldungen verschwinden bis auf die Meldung „Motors not enabled“. Wenn weitere Fehlermeldungen stehen bleiben finden Sie im Abschnitt 11.3 Lösungsansätze.

Schritt 3: Freigeben der Motoren. Nun kann der Roboter wie oben beschrieben bewegt werden.

Die LED auf der linken Seite zeigt nun Grün.

5.8 Setzen der Achsnullpunkte des Roboters

Die Achsmodule des Mover4 speichern auf im abgeschalteten Zustand die letzte Position. Wenn diese Position nicht mehr korrekt ist muss der Roboter neu kalibriert werden. Gründe hierfür sind u.a.:

- Bewegen der Achsen im Ausgeschalteten Zustand
- Ausschalten mit Nachlauf durch NotAus

Um den Roboter zu kalibrieren, muss er in die senkrechte Position gefahren werden. Dies wird im Joint-Modus gemacht.



Die Position, in der die Achsen genullt werden, beeinflusst die Positionen, die in gespeicherten Programmen angefahren werden. Der Roboter sollte möglichst exakt in die senkrechte Position gebracht werden. Vorher aufgenommene Programme sollten vorsichtig getestet werden.



Dann muss der Knopf „Nullstellen der Achsen“ gedrückt werden, der folgende Dialog muss mit OK bestätigt werden.

Da diese Funktion die Motorfreigabe zurücknimmt, müssen im Anschluss die Fehler quittiert und die Motoren freigegeben werden.

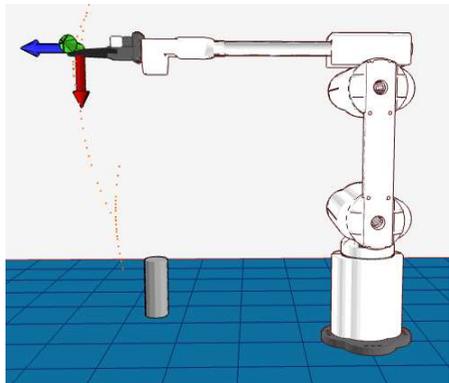
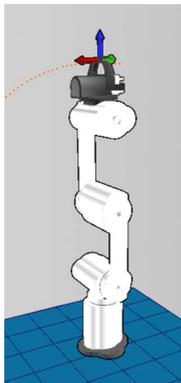
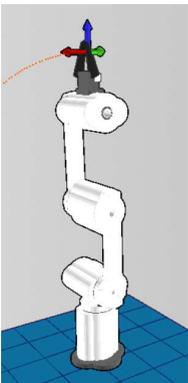


Abb. 19: Nullstellung des Mover4 (links), Mover5 mit Parallelgreifer (Mitte) und Mover6 (rechts).

6. Programmieren des Roboters mit CPRog

6.1 Programmelemente

Ein Programm des Mover4 besteht aus einer Kombination von 9 verschiedenen Kommandos:



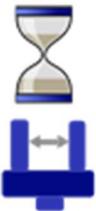
Lin Der Roboter bewegt sich auf einer geraden Linie von der aktuellen Position zum Zielpunkt. Die Geschwindigkeit wird in mm/s angegeben.



Joint Interpoliert die Achsen von der aktuellen Position zum zur Zielposition in Achskoordinaten. Die Geschwindigkeit ist in Prozent der maximalen Achsgeschwindigkeit angegeben.

Relative Eine Linearbewegung von der aktuellen Position um einen bestimmte Bewegung.

Wait Wartet einen Zeitraum in Sekunden ab.



DigitalOut Setzt einen digitalen Ausgang. Der links dargestellte Knopf auf der Programmoberfläche nimmt den aktuellen Zustand des Greifer-Ausgangs auf.

Loop Wiederholt die eingeschlossenen Kommandos bis ein digitaler Eingang gesetzt wird oder eine bestimmte Anzahl von Wiederholungen.

If-Then-Else Führt abhängig von einem digitalen Eingang zwei unterschiedliche Programmzweige aus.

ExternalMotion Übergibt die Steuerung an ein über Sockets verbundenes externes Programm, etwa eine Bildverarbeitung. Nähere Infos finden Sie in Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Die Programme werden als XML-Dateien gespeichert. Die Befehlsdefinitionen finden Sie im Anhang 12.

6.2 Aufnehmen eines Programmes in der 3D-Ansicht

In der 3D-Ansicht kann ein Programm entweder mit dem Joypad, oder über die Programmknöpfe aufgenommen werden.

Mit dem Joypad: Jeder Druck auf den Knopf X erzeugt einen Linearbefehl zur aktuellen Position. Bei Bedarf wird ebenfalls ein Befehl erzeugt, der den Greifer öffnet oder schließt. Ein Ton erklingt um dem Nutzer den Erfolg des Befehls zu signalisieren.

Mit der Programmoberfläche: Ein eventuell noch vorhandenes Programm kann mit dem Delete-Knopf gelöscht werden, dann können Linear- und Joint-Bewegungen, Greifer-Kommandos und Pausen aufgenommen werden.



Abb. 20: Buttons für die Programmerzeugung

6.3 Speichern und Laden eines Programmes

Programme können mit dem oben dargestellten Button „Speichere das Programm“ als XML-Datei gespeichert werden. Mit den Tasten im Bereich Motion/Programs kann ein Programm geladen werden.

6.4 Abspielen eines Programmes

Mit den Tasten im Bereich Motion/Programs kann ein Programm abgespielt, pausiert und gestoppt werden. Die Checkbox „Repeat“ lässt das Programm in einer Endlosschleife laufen.

6.5 Editieren eines Programms mit GraphEdit

Über die Taste Programming/Editor wird der grafische Programmierer geöffnet. Dieser erlaubt in einer Puzzle-Ansicht, Programme anzupassen und zu erstellen.



Abb. 21: Grafischer Programmierer

In der linken oberen Ecke sind allgemeine Bedienelemente zu finden. Neben Undo/Redo Knöpfen und den Buttons zum Laden und Speichern von Dateien finden sich zwei weitere Knöpfe:

- Der Mülleimer löscht das gerade selektierte Puzzleteil
- Die Glühbirne synchronisiert den Roboter mit dem Programm im Editor, lädt es also auf den Roboter herunter.

Neue Befehle können aus der rechten oberen Ecke hereingezogen werden, sie sind immer mit der aktuellen Roboterposition initialisiert.

Kommandos können kopiert werden, indem Sie mit gedrückter Steuerung-Taste weggezogen werden.

6.6 Editieren eines Programms mit TextEdit

Über die Schaltfläche neben GraphEdit wird der TextEdit-Programm-Editor geöffnet. Dieser Editor ist für größere Programme besser geeignet und bietet mehr Informationen. Der Editor enthält eine Syntaxprüfung. Ungültige Zellen sind rot markiert, die Syntax für den Befehl wird in der unteren Zeile als Hilfe angezeigt. Bei Fehlern im Programm kann es nicht gespeichert werden.

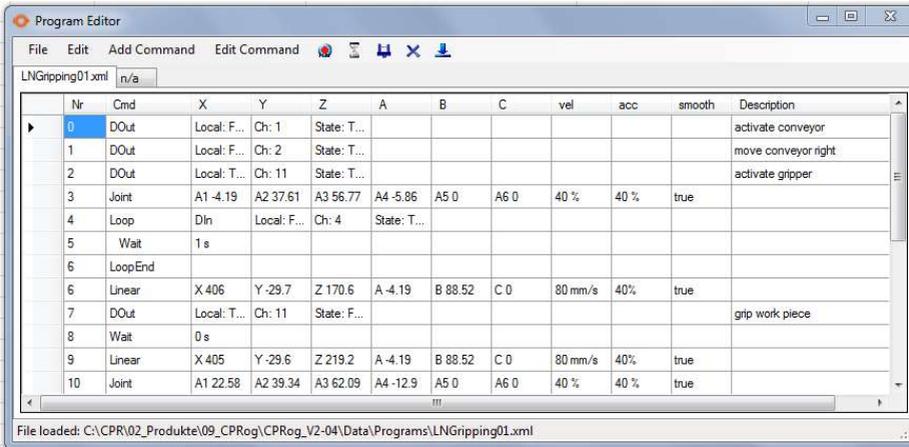


Abb. 22: TextEdit Programmeditor

Die fünf Buttons ermöglichen eine direkte Interaktion:

- Aufzeichnung eines Bewegungsbefehls (Linie oder Joint je nach aktueller Bewegungsart des Roboters) mit der aktuellen Roboterposition
- Pause aufnehmen
- Aufnahme eines Greiferbefehls
- Löschen der markierten Zeile
- Markierte Zeile als Startpunkt für den nächsten Programmstart setzen

Alle Zellen der Befehle können direkt editiert werden, um z.B. die Geschwindigkeit zu ändern. Änderungen werden übernommen, wenn Sie auf eine andere Zeile oder ein anderes Feld klicken. Eine Zeile kann mit Strg-C (oder im Menü Bearbeiten) kopiert werden, Strg-V fügt den Befehl wieder ein.

Alle neuen Befehle werden in die Zeile oberhalb der ausgewählten Zeile eingefügt.

Bei Auswahl von 'Speichern' aus dem Menü Datei wird das aktuelle Programm vom Roboter geschrieben und geladen. So ist der Roboter wieder mit dem Texteditor synchronisiert.

Bei Auswahl von 'Speichern unter' aus dem Menü Datei wird das aktuelle Programm unter einem anderen Namen gespeichert. Die neue Datei wird vom Roboter geladen.

7. Konfiguration

7.1 Anwendungskonfiguration: CPRFrontend.xml

Die Anwendungskonfiguration kann durch Anpassen der Parameter in verschiedenen XML-Dateien erfolgen.

CPRog merkt sich, welches Projekt beim Start geladen werden soll. Um ein bestimmtes Programm, einen Override oder eine Kameraposition beim Start festzulegen, kann die Projektdatei im Menüpunkt "Save Project" des Kreismenüs gespeichert werden.

7.1.1 Projektdatei

Die Projektdatei befindet sich unter `c:\CPRog\Data\Projects\`

Offset und Werkzeug des Roboters können geändert werden:

```
<Robot Name="Mover" Type="CPRMover4" Homepos="-5.0 10.0 130.0 -70.0 0.0 0.0"
OffsetX="0.0" OffsetY="0.0" OffsetZ="0.0" OffsetRX="0.0" OffsetRY="0.0"
OffsetRZ="0.0" Parent="-1" Tool="TwoFingerGripper.xml"/>
```

Eine virtuelle Box kann als Sicherheitsraum definiert werden, den der Roboter im kartesischen Modus nicht verlassen kann:

```
<VirtualBox active="false" xMin="50.0" xMax="400.0" yMin="-150.0" yMax="250.0"
zMin="10.0" zMax="300.0" />
```

Objekte in der virtuellen Umgebung können hinzugefügt werden, statisch oder aktiv:

```
<ActivePeripheral Name="Conveyor" Gravity="false" Sensable="false"
Geometry="LN_Conveyor.obj" OffsetX="535" OffsetY="-26" OffsetZ="0" OffsetRX="0"
OffsetRY="0" OffsetRZ="180" GeometryPlatform="LN_ConveyorPlatform.obj"
OffsetPlattformX="-240.0" OffsetPlattformY="0.0" OffsetPlattformZ="175.0"
TravelX="445.0" TravelY="0.0" TravelZ="0.0"/>
```

```
<StaticSceneObject Name="WorkPiece" Gravity="true" Sensable="false"
Geometry="LN_Workpiece.obj" OffsetX="780" OffsetY="-26" OffsetZ="240"
OffsetRX="0" OffsetRY="0" OffsetRZ="0.0"/>
```

Bitte orientieren Sie sich an den Beispielen, wenn Sie verschiedene Kombinationen ausprobieren möchten. Die CAD-Dateien müssen im Format .stl (nur ASCII) oder AliasWavefront.obj vorliegen, Einheiten sind in mm.

7.2 Roboterkonfiguration Software

Für jeden in der CPRog-Simulation dargestellten Roboter existiert ein Konfigurationsfile, etwa die Datei

```
C:\CPRog\Data\Robots\CPRFour\CPRFour.xml
```

In der folgenden Zeile werden Verfahrensgeschwindigkeiten im Jog-Modus definiert:

```
<Velocities JogCart="0.025" JogOri="0.005" JogJoint="0.007"/>
```

7.3 Konfiguration der Motor Controller

Auch die Regelparameter des Joint-Controllers können angepasst werden, z.B. die Positions- und Geschwindigkeits-PID-Einstellungen. Dies ist mit dem Konfigurationstool "CPR Module Control" möglich.

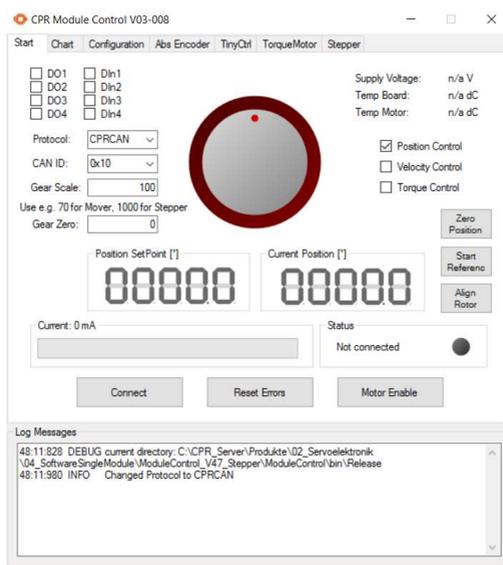


Abb. 23: Konfigurations Software Module Control

Die Software und ihre Dokumentation können Sie im Internet herunterladen unter <http://wiki.cpr-robots.com>

Sie ermöglicht es, einzelne Gelenke zu bewegen, die Parameter der Steuerplatine einzustellen oder den Roboter in einer Sinusbewegung zu bewegen.

Diese Funktionalität ist auch bei der Suche nach Problemen oder bei der Programmierung direkt am CAN-Bus hilfreich.

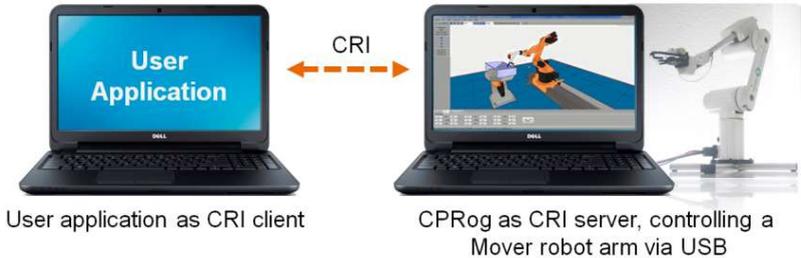


Die Änderung der Joint-Controller Konfiguration erfordert Systemkenntnisse. Der Roboter kann sich auf unerwartete Weise bewegen, wenn falsche Parameter hochgeladen werden. Der Roboter kann sich selbst und seine Umgebung beschädigen. Jegliche Garantie erlischt beim Hochladen von Parametern, die nicht von CPR generiert wurden!

8. Interfacing

8.1 CRI Interface

Die CRI-Schnittstelle ermöglicht die Verbindung über Ethernet und das Joggen des Roboters, das Senden von Bewegungsbefehlen und das Starten von Programmen.



Mit diesem Setup können Sie die CPRog-Funktionalitäten nutzen und eigene Algorithmen in einem CRI-Client, z.B. einem Vision-System, implementieren. Möglichkeiten sind dann z.B:

- Senden Sie eine Liste von Bewegungs- oder Digitalausgangsbefehlen an den Roboter und starten Sie dann das erstellte Programm.
- Joggen des Roboterarms durch Senden von Jog-Werten.
- Bewegungen sind im Joint- oder kartesischen Raum möglich.

Die CRI-Dokumentation und ein in C# geschriebener Beispiel-CRI-Client können in unserem Wiki im Bereich Interfacing heruntergeladen werden:

<http://wiki.cpr-robots.com>

8.2 ROS – Robot Operating System

Das Willow Garage Robot Operating System (www.ros.org) ist in der Forschung weit verbreitet, insbesondere im Bereich der Serviceroboter. Für den Mover stehen Pakete zur Verfügung, um sich mit der Hardware zu verbinden und den Roboter durch Joint- und Positionsmeldungen zu steuern. Ein RViz-Plugin und eine moveIt-Schnittstelle sind verfügbar.

Die Pakete können heruntergeladen werden unter

<https://www.github.com/CPR-Robots>

8.3 Direkter Zugriff über das CAN-Protokoll

Auch der direkte Zugriff auf den Mover auf CAN-Feldbusebene ist über eine eigene Steuerungssoftware möglich. Die erforderliche Protokollspezifikation finden Sie im folgenden Abschnitt.

Code-Beispiele finden Sie auf dem Wiki im Abschnitt Schnittstellen:

<http://wiki.cpr-robots.com>

9. CAN Protocol Spezifikation

Der Mover4 verwendet das CPR-CAN-Protokoll, ein eigenes CAN-Protokoll mit 16 Bit Positions-Datenbreite.

Der Mover5 und der Mover6 (ab 2016) verwenden das CPR-CAN-V2 Protokoll, ein eigenes CAN-Protokoll mit 32 Bit Positions-Datenbreite.

Die Protokollbeschreibung ist in unserem Wiki im Abschnitt Interfacing zu finden:

<http://wiki.cpr-robots.com>

Bitte beachten Sie auch die C++-Implementierungen auf www.github.com/CPR-Robots für Code-Beispiele. Der Mover4 hat die Standard-CAN-IDs 0x10, 0x20, 0x30, 0x40 für die vier Joint-Module. Beim Mover5 kommt 0x50, beim Mover6 0x60 hinzu.

10. Fehleranzeigen

Der Roboter bietet verschiedene Möglichkeiten der Fehleranzeige:

10.1 LED am Roboterfuß

Die LED am Sockel des Roboters gibt Auskunft über die Spannungsversorgung und die CAN-Kommunikation:

- LED ist aus: Kein Strom verfügbar. Prüfen Sie die Stromversorgung, den Not-Aus-Schalter, alle Anschlüsse und die Sicherung in der Roboterbasis.
- Die LED leuchtet: Stromversorgung ist vorhanden, aber keine CAN-Kommunikation.
- Die LED blinkt: CAN-Kommunikation aufgebaut

10.2 LED auf dem Steuermodul

Auf jeder Motorsteuerplatine befindet sich eine Status-LED. Bei den Gelenken 1, 2 und 3 kann diese durch ein Loch in der Kunststoffabdeckung beobachtet werden.

Aus:	Kein Strom
Blinkt:	Modul ist aktiv

10.3 Kinematischer Status auf der linken Seite des CPRog

Auf der linken Seite des CPRog-Fensters wird der kinematische Status und der Status der virtuellen Box angezeigt:

- Gelenksendschalter > Max oder < Min: Das Gelenk kann sich aufgrund eines Software-Endschalters nicht weiter bewegen.
- Reichweite: Der Roboter kann nicht in die gewünschte Position gelangen, weil sie außer Reichweite ist.
- Handgelenks Singularität (nur Mover6): Die Gelenke 4 und 6 sind kollinear.
- Mittelpunkt Singularität: Der Greifer ist zu nah an der Mittelachse.
- Virtuelle Box: Der Roboter verletzt die Einstellungen der virtuellen Box.

10.4 Hardware-Status über CAN-Bus

Der Hardware-Status des Roboters wird auf der linken Seite des CPRog-Fensters und im Log-Fenster angezeigt.

Fehler	Bit in Fehlerbyte	Bedeutung	Mögliches Vorgehen
Bus dead		Der CAN-Bus ist nicht erreichbar. Der Grund ist normalerweise fehlende Stromzufuhr.	Alle Stecker und den Not-Aus-Knopf überprüfen. Siehe wiki.cpr-robots.com , Abschnitt 'Fehlersuche'.
Brown Out or Watch Dog	Bit 1	Der Mikrocontroller wurde nach einem Spannungsabfall neu gestartet. Die Versorgungsspannung war zu niedrig oder μC ist abgestürzt.	Versorgungsspannung stabilisieren. Fehler zurücksetzen.
	Bit 2	Nicht verwendet	
MNE Motor not enabled	Bit 3	Kein Fehler. Der Motor muss durch einen eindeutigen Befehl aktiviert werden.	Aktivieren Sie den Motor, wenn dies erforderlich ist.
COM Comm Watch Dog	Bit 4	Zeitspanne ohne Befehl war zu lang	Die Positions- oder Geschwindigkeitsbefehle in einem zuverlässigen und kurzen Zeitintervall zur Verfügung stellen. Erhöhen von <code>maxMissedCom</code> .
LAG Position Lag	Bit 5	Die Position ist zu weit von der Sollposition entfernt.	Sollwertpositionen bereitstellen, die mit der aktuellen Motorposition erreicht werden können. Erhöhen von <code>maxLag</code> .
ENC Encoder Error	Bit 6	Die Abfolge der Quadratur-Encoder-Impulse war nicht korrekt.	Anschlusskabel Motor -> Motorsteuerung prüfen
OC Over Current	Bit 7	Stromwert ist zu hoch	Die auf den Motor ausgeübte Last verringern. Erhöhen von <code>maxCurrent</code> .
CAN CANError	Bit 8	CAN-Fehler ist aufgetreten	CAN-Bus überlastet? Alle Anschlüsse korrekt?

Ein normaler Zustand nach dem Einschalten der Steuerung ist ein Fehlercode von z.B. 0x1C (Motor nicht freigegeben, CommWatchDog, PositionLag)

Nach einem Fehlerreset ist der Normalzustand 0x04 (Motor nicht freigegeben).

Nach dem Freigeben des Motors lautet der Status 0x00, nun ist der Motor bereit zur Bewegung.

Um diesen Zustand zu erreichen, muss die Kommunikation schnell und zuverlässig Werte bereitstellen und, wenn sie sich in Positionssteuerung befindet, in der Reichweite des Motors sein. Diese Einschränkungen dienen der Verhinderung von unerwünschten Bewegungen, z.B. durch abstürzen des Steuerungs-PC, eine gestörte Kommunikation oder Programmierfehler.

11. Troubleshooting

Dieser Abschnitt bietet Lösungsansätze bei Problemen und ist in die Bereiche Installation, Software und Mechanik unterteilt. Wenn diese Ansätze nicht weiterhelfen kontaktieren Sie uns, wir helfen:

- Mail: service@commonplacrobotics.de
Wenn Sie uns eine Mail schicken fügen Sie bitte immer eine Beschreibung des Problems und die drei Dateien „install.log“, „startUpLog.txt“ und „logMessages.log“ hinzu. Diese finden Sie unter c:\CPRog\.
- Telefon: 05402 / 9689290. Rufen Sie uns an!

11.1 Installation und Programmstart

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Installation bricht ab mit Fehlermeldung: „Windows Version older than XP. Installation stops.“	Alte Windows Version? Die Software CPRog benötigt Windows XP oder neuer.	Installation auf anderem Rechner.
Programm startet nicht, Fehlermeldung: „Die Anwendung konnte nicht richtig initialisiert werden (0xc0000135). klicken Sie auf "OK" um die Anwendung zu beenden.“	Fehlt das Microsoft .NET-Framework?	Installieren Sie die aktuelle Version des .NET-Framework für Ihr System. Links finden Sie auf unserer Homepage unter „Ressourcen“.
Programm startet nicht, Fehlermeldung: "CPRog hat ein Problem festgestellt und muss beendet werden."	Fehlt eine DirectX-Datei? Diese werden für Joystick- und Audio-Funktionen benötigt.	Installieren Sie DirectX Version 9.0 oder höher für Ihr System. Links finden Sie auf unserer Homepage unter „Ressourcen“.
Programm startet nicht, Fehlermeldung: CPRog funktioniert nicht mehr.	Sofern Windows 7: Wenn das Programm unter c:\Programme oder c:\Programme (x86) installiert ist kann es nur mit Administratorrechten ausgeführt werden.	Rechtsklick auf den Link auf dem Desktop, auf „Als Administrator ausführen“ klicken.

11.2 Software CPRog

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Verbindungsabbruch	Der Roboter erwartet regelmäßig eine Nachricht vom Steuerrechner. Wenn dieser zu stark belastet ist kann die Pause zwischen zwei Nachrichten zu lang sein.	Reset der Fehler, Freigeben der Motoren, Programm wieder starten. Siehe Abschnitt 5.6. Vermeidung: Schließen von weiteren Programmen, eventuell Deaktivierung der Netzverbindung und des Virenschanners.
Bewegt sich nicht mehr – Warnton – Meldung „Virtual Box violated“	Im „Cartesian Mode“ kann man den Roboter nicht aus der virtuellen Schutzbox fahren, im „Joint-Mode“ schon. Wenn man dann in „Cartesian Mode“ wechselt bekommt man die Warnsignale.	Den Roboter im „Joint-Mode“ wieder in die virtuelle Schutzbox fahren, also in eine Standard-Position.
Es ist keine Verbindung mit dem Roboter möglich, der Connect-Knopf tut nichts.	Ist der USB-Adapter eingesteckt, sind die Treiber installiert? Ist das Netzteil eingesteckt und angestellt? Ist der NotAus-Knopf entriegelt? Blinken die Status-LEDs in den Modulen grün?	Nähere Infos finden Sie im Log-Fenster. Die LED des USB-Interfaces gibt Informationen: <ul style="list-style-type: none"> • LED an: Verbunden mit dem Windows-Treiber • LED blinkt langsam: Verbunden mit Anwendung • LED blinkt schnell: Daten werden übertragen
Roboter reagiert nicht mehr auf Joypad	Wurde es aktiviert? Ist der Mode-Knopf auf dem Joypad gedrückt?	Ob das Joypad korrekt aktiviert wurde ist dem Log-Fenster zu entnehmen. Wenn die rote Lampe neben dem Mode-Knopf des Joypads leuchtet muss der Mode-Knopf noch einmal gedrückt werden.
While-Schleife wird nicht abgearbeitet	Kein Befehl in der Schleife?	Wenn kein Befehl in der Schleife ist, wird sie übersprungen. Fügen Sie bspw. einen Warte-Befehl ein, wenn Sie auf einen Eingang oder etwas Ähnliches warten wollen.

11.3 Hardware

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Positionsfehler: der Roboter fährt nicht mehr exakt den gleichen Punkt an.	Durch unerwartete Stromausfälle oder Bewegungen der Achsen im ausgeschalteten Zustand können sich die Achsnullpunkte verfälschen.	Nullpunkte der Achsen neu setzen, siehe Abschnitt 5.8. Vermeidung: Achsen niemals im ausgeschalteten Zustand per Hand bewegen. Roboter nicht aus der Bewegung heraus durch NotAus oder Stecker ziehen abschalten.
Keine Bewegung, keine Verbindung möglich	Sicherung durchgebrannt?	An der Basis des Roboters befindet sich ein Schacht für eine 3,2A Feinsicherung 5 x 20mm. Die Ursache des Ausfalls sollte vor dem Wechsel der Sicherung bekannt und behoben sein.

12. Anhang: Befehlsdefinitionen

Die neun unten aufgeführten Befehle lassen sich im Programm kombinieren. Ein Programm startet mit den Zeilen

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!-- values in mm and degree -->
<Program>
<Header ProgramName ="CPRog recording" Author="nn" SetUpDate=""
        LastChangeDate="" Kinematic="CPRFour"/>
```

Es folgen die Kommandos, geschlossen wird es mit der Zeile

```
</Program>
```

Befehlsreferenz
<pre><Linear Nr="2" x="232.93" y="12.2" z="494.01" a="0.05" b="84.25" c="0" vel="70" s="" t="" Descr=""/></pre>
<pre><Joint Nr="1" a1="5.19" a2="-26.08" a3="124.72" a4="-14.39" a5="0" a6="0" velPercent="35" Descr=""/> /></pre>
<pre><Relative Nr="17" x="0" y="0" z="-20.0" a="0" b="0" c="0" vel="50" Descr=""/> /></pre>
<pre><Output Nr="6" DIO="5" State="True" Descr=""/> /></pre>
<pre><Wait Nr="4" Seconds="1" Descr=""/> /></pre>
<pre><Loop Nr="1" Mode="Count" Times="3" Descr=""/> /> ... Hier die zu wiederholenden Kommandos <EndLoop Nr="1" /></pre>
Alternativ: <pre><Loop Nr="1" Mode="DIn" Channel="0" State="True" Descr=""/> /></pre>
<pre><If Nr="15" Channel="0" Descr=""/> /> ... Hier die Then-Kommandos <Else/> ... Hier die Else-Kommandos <EndIf/></pre>
<pre><ExMotion Nr="14" IP="127.0.0.1" Port="1234" Scale="1" Descr=""/> /></pre>

