



# Bedienungsanleitung Butler v1.1

Ausgeführt von: Johannes Rauer, BSc

Personenkennzeichen: 1710331019

Wien, 25.01.2019



# Inhaltsverzeichnis

1	Sicherheitshinweise .....	3
2	Installation des Industrie-PCs.....	5
3	Kontrolle der Hardware .....	6
3.1	Kontrolle der Anschlüsse MiR100 .....	7
3.2	Kontrolle der Anschlüsse UR5 .....	8
3.3	Kontrolle der Anschlüsse Industrie-PC.....	9
4	Inbetriebnahme.....	10
4.1	MiR100 .....	10
4.1.1	Einschalten .....	10
4.1.2	Netzwerkverbindung zum MiR100 herstellen .....	11
4.1.3	Anmeldung auf der Webplattform.....	11
4.1.4	Kontrollieren von Karte und Position .....	11
4.2	UR5 .....	12
4.2.1	Einschalten .....	12
4.2.2	Überprüfen der Netzwerkverbindung.....	14
4.2.3	Programm für Greiferkontrolle laden .....	15
4.2.4	Aktivieren des Greifers.....	16
4.3	Starten des Industrie-PCs .....	17
4.3.1	Überprüfen des Netzwerks.....	17
4.3.2	Uhren synchronisieren .....	17
4.3.3	Basic Nodes starten.....	17
4.4	Ziele anlegen bzw. überprüfen .....	18
4.5	Durchführen eines Transports.....	18
5	Ausschalten .....	19
5.1	Ausschalten des Industrie-PCs .....	19
5.2	Ausschalten des UR5 .....	19
5.3	Ausschalten des MiR100 .....	19
5.3.1	MiR zur Ladestation bringen (optional).....	19
5.3.2	Ausschalten des MiR100 .....	20
	Abbildungsverzeichnis.....	21

# 1 Sicherheitshinweise

## **Hindernisse am Weg:**

Vor der Inbetriebnahme muss der Pfad des mobilen Roboters auf Hindernisse überprüft werden. Darunter zählen diverse Kabel am Boden, als auch Sessel oder sonstige temporären, oder auch stationäre Hindernisse.

## **CE-Kennzeichnung:**

Um die CE-Kennzeichnungsanforderungen zu erfüllen, muss der Notaus-Schalter vor der Benutzung am MIR100 montiert werden.

## **Laden:**

Bitte verwenden sie zum Aufladen des MiR100 nur die originalen Ladekabel. Darunter fällt in der Digitalen Fabrik die montierte Ladestation und ein Kaltgerätestecker zum manuellen Laden

## **Aktualisierung der Karte:**

Falls sich das Layout der Digitalen Fabrik ändern sollte, dann ist eine eingeschulte Person zu kontaktieren, welche sich um die Aktualisierung der eingespeicherten Karte kümmert.

## **Manuelles Steuern:**

Der MiR100 darf nur in Ausnahmefällen manuell durch den Joystick bewegt werden. Falls dies aber der Fall sein sollte, darf der Operator den MiR100 jedoch nicht absichtlich zu Kollisionen mit sicherheitsrelevanten Objekten und Personen steuern.

## **Personenbeförderung:**

Der MiR100 ist nicht für den Personentransport ausgelegt. Durch einen unbefugten Personentransport könnten diese Personen verletzt oder der mobile Roboter beschädigt werden

## **Steile Rampen:**

Es sollten Rampen mit einer Steigung von über 5% vermieden werden, um den Roboter und Personen nicht in Gefahr zu bringen.

## **Ebenen und trockenen Boden:**

Der MiR100 darf nur auf trockenen und ebenen Böden bewegt werden. Das gilt auch, falls der Boden gerade aufgewischt wurde. Der Roboter könnte sonst rutschen und sich selbst oder Personen verletzen.

## **Überladung:**

Unter keinen Umständen darf der MiR100 überladen werden. Als maximal zulässiges Gesamtgewicht auf der Oberseite des mobilen Roboters wurden 100kg definiert. Ein sicherheitsgerechter Halt kann ab diesem Gewicht nicht mehr gewährleistet werden. Personen oder der MiR100 selbst könnten dabei verletzt beziehungsweise beschädigt werden.

## **Kurzschlussvermeidung:**

Sollte die obere Abdeckung des MiR100 entfernt werden, so ist umgehend die Hauptspannungsversorgung auszuschalten. Das Kurzschlussrisiko zur Verletzung von Menschen und Beschädigungen am Roboter wird damit gesenkt.

## **Verwendung nur im Innenbereich:**

Der MiR100 darf nur im Innenbereich und niemals im Außenbereich eingesetzt werden, um den Roboter vor Schäden zu schützen.

**Kleine Gegenstände im Fahrbereich:**

Gegenstände bis zu 50mm werden vom MiR100 erkannt. Alle kleineren Gegenstände könnten möglicherweise überfahren werden. Dies würde im schlimmsten Fall zu großen Schäden des mobilen Roboters führen.

**Temporäre oder stationäre Hindernisse:**

Es sollen immer alle Wege des MiR100 von diversen temporären und stationären Hindernissen freigehalten werden, da die Pfadplanung sonst nur ineffizient arbeiten kann und immer wieder ausweichen muss. Bei stationären Hindernissen könnte eine Aktualisierung der Karte vorgenommen werden.

**Vermeidung von zu hoher Temperatur:**

Bis zu einer Temperatur von 50°C wird eine einwandfreie Funktion des MiR100 gewährleistet. Temperaturen über dieser Grenze können zu Schäden am Roboter und seinen Komponenten führen.

**Hohe Luftfeuchtigkeit oder extreme Trockenheit:**

Die Komponenten des MiR100 können bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit oder extremer Trockenheit irreversibel beschädigt werden.

**Lithium-Ionen-Batterien:**

Als Hauptspannungsversorgung werden am MiR100 Lithium-Ionen-Batterien eingesetzt. Diese wurden nach den höchst möglichen Sicherheitsanforderungen konstruiert und gebaut. Trotzdem können potentielle Fehler im Umgang mit dieser Energiequelle auftreten. Die Batterien können durch elektrische Fehler oder mechanische Verformungen zu heiß werden, explodieren oder sich entzünden und damit zu Verletzungen führen. Um dies zu vermeiden gilt es folgende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten:

- Die Batterie immer abschalten, wenn sie nicht mehr benutzt wird
- Kurzschlüsse, das Laden und Verbinden mit falscher Polarität verhindern
- Die Batterie nur innerhalb der definierten Temperaturbereiche einsetzen
- Die Batterie nicht beschädigen oder auseinanderbauen
- Die Batterie vor Nässe schützen
- Falls die Batterie ausläuft und in ein Auge gelangt, ist dieses umgehend unter fließendes Wasser zu halten und medizinisch zu behandeln
- Nur mittels originalen Ladekabel und unter Befolgung der Anleitung laden.

## 2 Installation des Industrie-PCs

Am Industrie-PC sollte Ubuntu 16.04 und Cuda installiert werden.

Anschließend kann mittels Installations-Skript ROS und OpenCV installiert werden.

Die für die Ausführung von Transporten durch den Roboter notwendigen Packages und Programme können mittels eines weiteren zur Verfügung gestellten Installations-Skripts hinzugefügt werden. Dieses installiert:

- **butler**  
Erstelltes ROS-Package zur Ausführung der Basic nodes und der task-execution  
Enthält folgende leicht abgewandelte Packages:
  - **mir\_robot**  
Als Interface zum MiR
  - **universal\_robot**  
Für alle grundlegenden Dinge betreffend den UR
  - **ur\_modern\_driver**  
Zur Kommunikation mit dem UR
- **websocket** (python)  
Zur Kommunikation mit dem MiR
- **moveit**  
Als Interface zum UR
- **socket** (python)  
Zur Kommunikation mit dem Greifer
- **librealsense2** und **pyrealsense2** (python)  
Zur Kommunikation mit der Kamera
- **darknet\_ros**  
Zur Objekterkennung
- **ntpdate**  
Zur Synchronisierung der Zeiten der Computer

### 3 Kontrolle der Hardware

Die Hardware des Roboters muss, wie in Abbildung 1 ersichtlich, aufgebaut sein. Der Greifer ist über eine Zwischenplatte, an der die Kamera festgeschraubt ist, am Roboterflansch befestigt. Es ist auf ausreichend Kabelspiel zu achten!



Abbildung 1: Aufbau des Roboters

### 3.1 Kontrolle der Anschlüsse MiR100

Wie in Abbildung 2 ersichtlich müssen folgende Anschlüsse am MiR verbunden sein:

- Not-Aus-Schalter
- WLAN-Antenne
- LAN-Kabel vom UR5 (Anderes Ende: LAN-Buchse UR5)

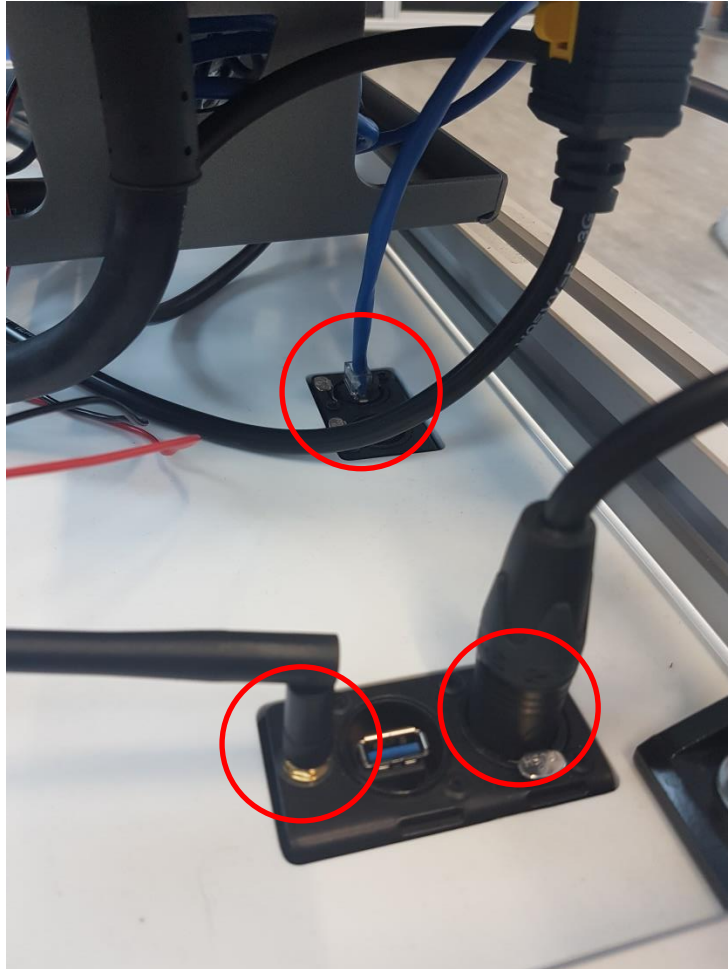


Abbildung 2: Notwendige Verbindungen am MiR100



### 3.2 Kontrolle der Anschlüsse UR5

Am Arm des UR5 müssen die Verbindungen in Abbildung 3 vorhanden sein:

- USB-Kabel an Kamera (Anderes Ende: Verlängerung)
- USB-Kabel an Verlängerung (Anderes Ende: Industrie PC)
- Kabel des Greifers (Anderes Ende: RS-485-USB-Converter)

Die Kabelschelle muss sich am vorderen Ende des Arms befinden (blau markiert)

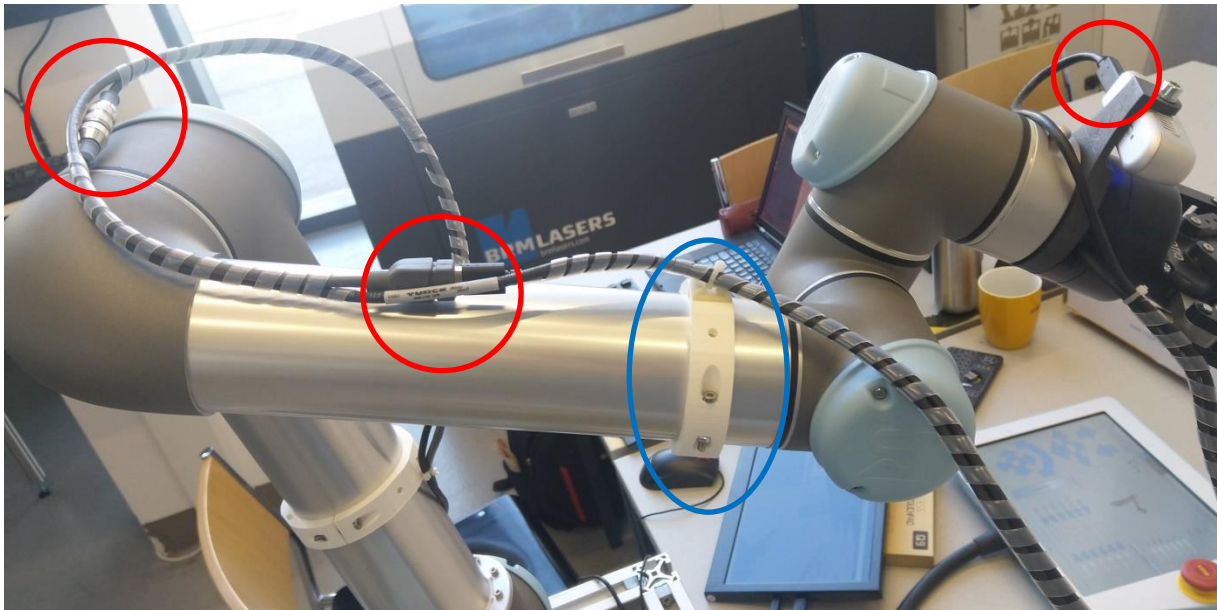


Abbildung 3: Notwendige Verbindungen am Arm des UR5

In der Steuerung des UR müssen die Verbindungen in Abbildung 4 hergestellt sein:

- RS-485-USB-Converter an 0 bzw. 24 V (Anderes Ende USB Anschluss von UR)
- DO2 und DO3 gebügelt auf DI2

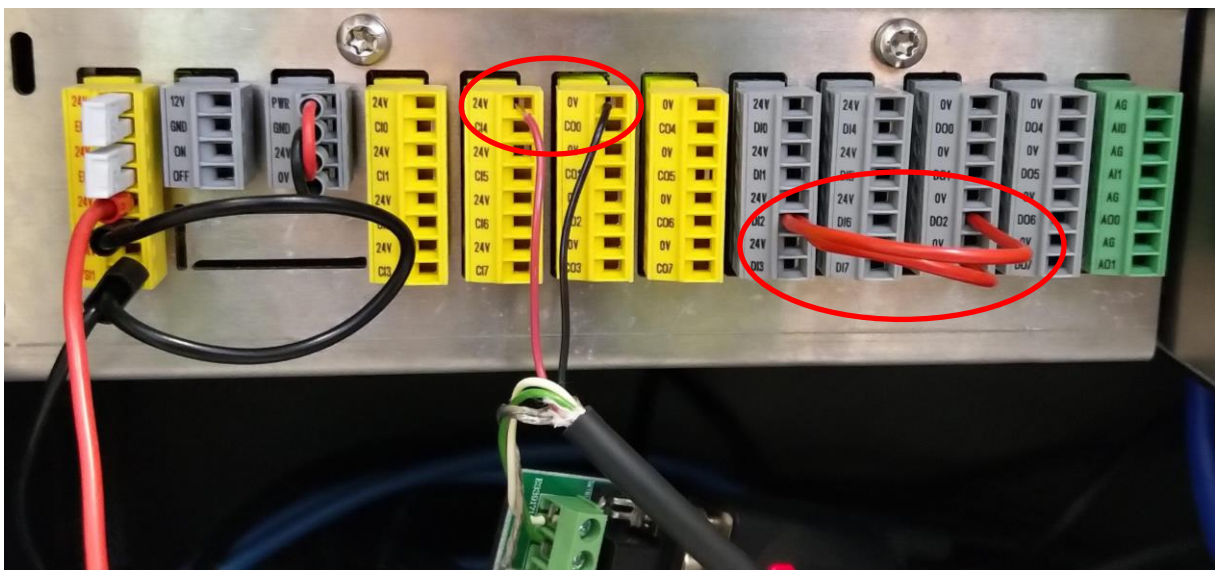


Abbildung 4: Notwendige Verbindungen in der Steuerung des UR5



### 3.3 Kontrolle der Anschlüsse Industrie-PC

Am Industrie-PC müssen die Verbindungen in Abbildung 5 hergestellt sein:

- LAN-Kabel an Buchse 2 (Anderes Ende: MiR-Switch)
- Stromversorgung (Anderes Ende: MiR Batterie)
- USB-Kabel zu Kamera
- USB-Kabel (Standard auf Mikro) zu Stromversorgung Bildschirm
- WLAN-Stick
- Empfänger Bluetooth-Tastatur
- HDMI-Kabel (Standard auf Mini) als Signalkabel zu Bildschirm

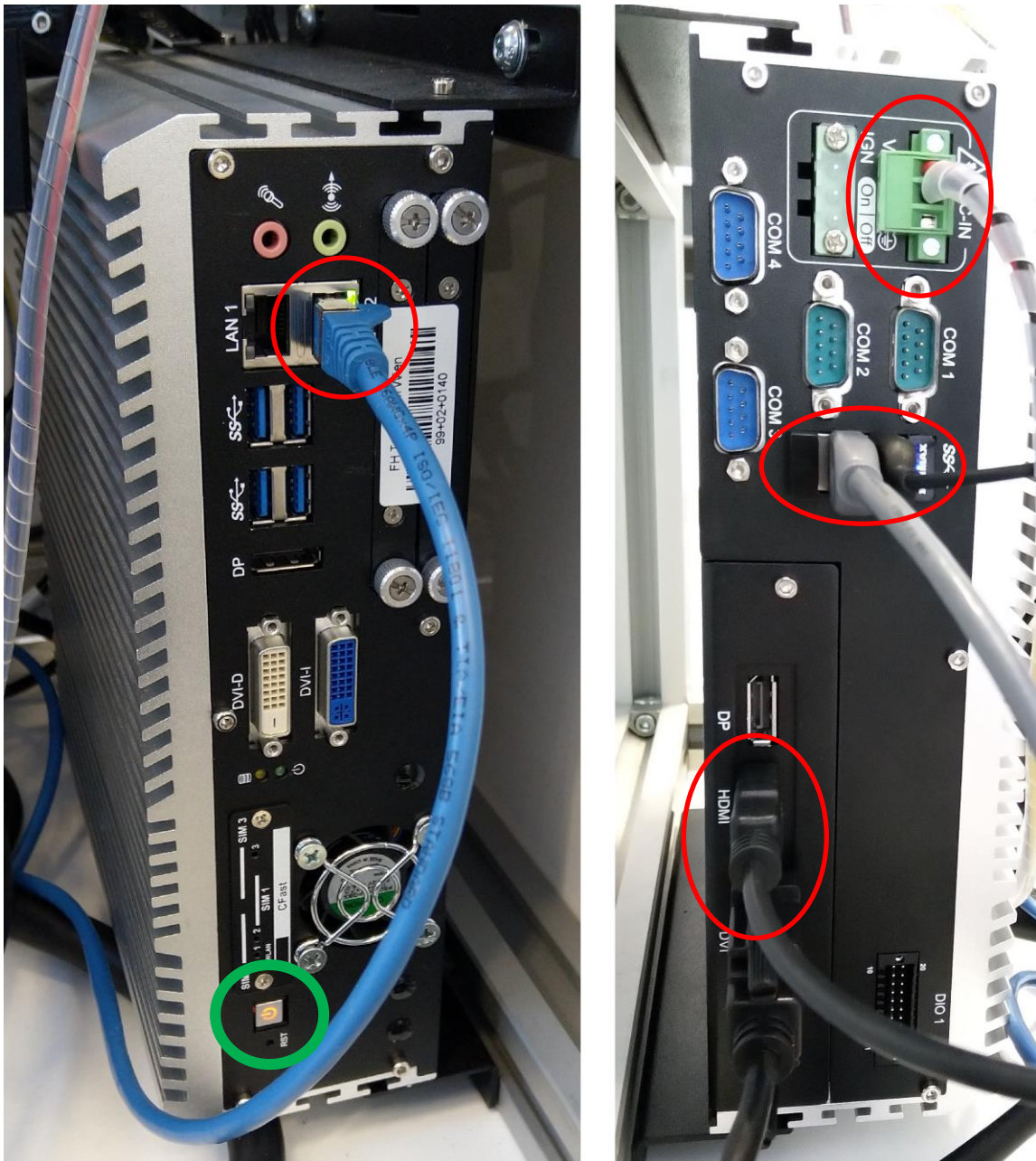


Abbildung 5: Notwendige Verbindungen am Industrie-PC

## 4 Inbetriebnahme

**Wichtig:** MiR100 und UR5 müssen für Inbetriebnahme in Not-Aus sein

### 4.1 MiR100

#### 4.1.1 Einschalten

Zum Einschalten des MiR100 den **blauen Schalter in der rechten vorderen Ecke drücken** (Abbildung 6). Während des Einschaltens leuchtet der LED-Signalring rund um den MiR100 gelb. Das vollständige Hochfahren wird bei vorher gedrücktem Not-Aus-Schalter durch die rote Signalfarbe des LED-Signalrings signalisiert.



Abbildung 6: Ein-/Ausschalter des MiR100

Zum Deaktivieren des Not-Halts den **Not-Aus-Schalter gegen den Uhrzeigersinn drehen**. Danach den **blau leuchtenden Knopf drücken**. Die Farbe des Knopfes erlischt und die Farbe des LED-Signalrings sollte sich in Gelb ändern.

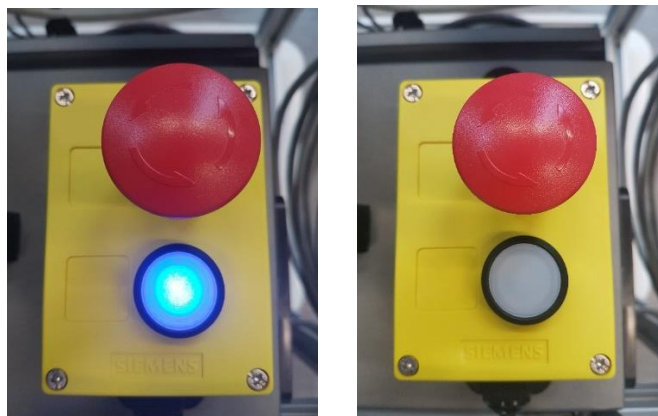


Abbildung 7: Not-Aus-Schalter des MiR100

#### 4.1.2 Netzwerkverbindung zum MiR100 herstellen

Die MiR-Webplattform kann über einen PC oder ein mobiles Gerät benutzt werden. Der MiR100 erstellt beim Hochfahren ein eigenes WLAN-Netzwerk:

- Name: **MiR\_R713**
- Passwort: **mirex4you**

#### 4.1.3 Anmeldung auf der Webplattform

Ist die WLAN-Verbindung hergestellt, im Browser „**mir.com**“ öffnen und anmelden:

- Benutzername: **distributor**
- Passwort: **distributor**

#### 4.1.4 Kontrollieren von Karte und Position

Die Karte kann kontrolliert bzw. geändert werden durch klicken auf **Setup → Karten**, wobei die Karte **Butler\_2019-01-15** eingestellt werden muss.

Nach dem hochfahren kann es passieren, dass sich der Roboter in der Karte **falsch lokalisiert**. In Abbildung 8 ist dieser Fehler exemplarisch dargestellt. Gelb markiert wurde die falsche Position des Roboters in der Karte, welche auch durch die fehlende Übereinstimmung von Laserpunkten und Wänden ersichtlich ist.



Abbildung 8: Falsche Positionierung des MiR100 im Raum

Die **Position** des MiR in der Karte kann mittels der **blau markierten Schaltfläche** aus Abbildung 9 geändert werden (Befindet sich am rechten oberen Rand der Karte). Der Cursor ändert sich dadurch in ein MiR-Symbol, welches in der Karte an die korrekte Position gesetzt werden soll. Durch anschließendes Drücken der **rot markierten Schaltfläche**, positioniert sich der Roboter **exakt** mithilfe der Laser-Sensoren.



Abbildung 9: Schaltfläche zum manuellen Positionieren des MiR100 in der Karte

## 4.2 UR5

### 4.2.1 Einschalten

**Wichtig:** Zuerst muss der MiR100 laut Kapitel 4.1 vollständig hochgefahren werden.

Wurde der MiR100 erfolgreich gestartet, kann der **Ein-/Ausschalter am Bedienpanel des UR5 gedrückt** werden. Dieser ist mit einer Eins in Abbildung 10 markiert.

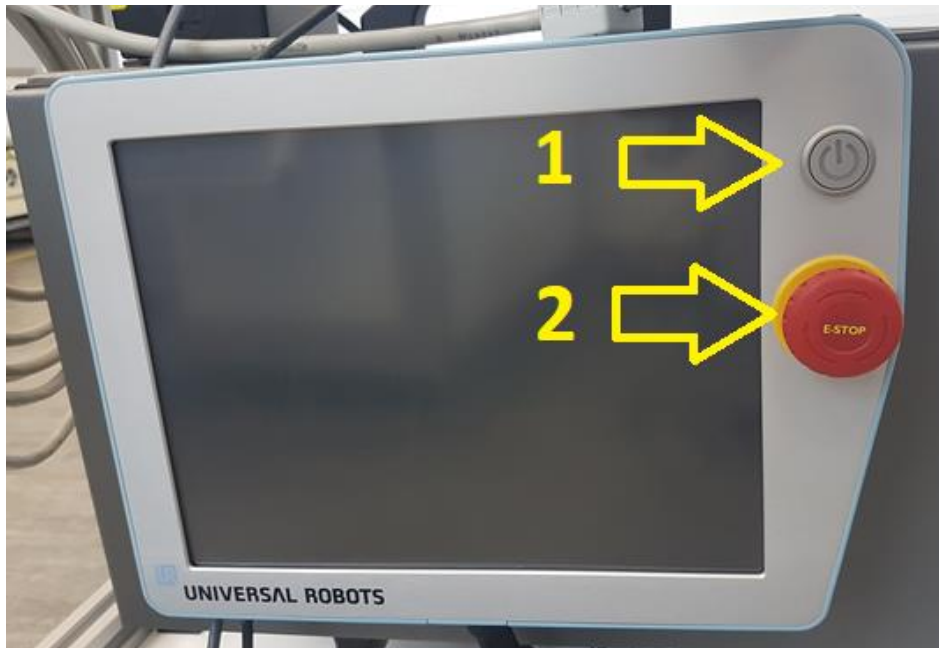


Abbildung 10: Ein-/Ausschalter und Not-Aus-Schalter am Bedienpanel des UR5

Nach dem Hochfahren erscheint die Fehlermeldung „Robot Emergency Stop“. Diese ist in Abbildung 11 zu sehen und durch **Drehen des Not-Aus-Schalters** und einem anschließenden **Klick auf „Go to initialization screen“** zu beheben.

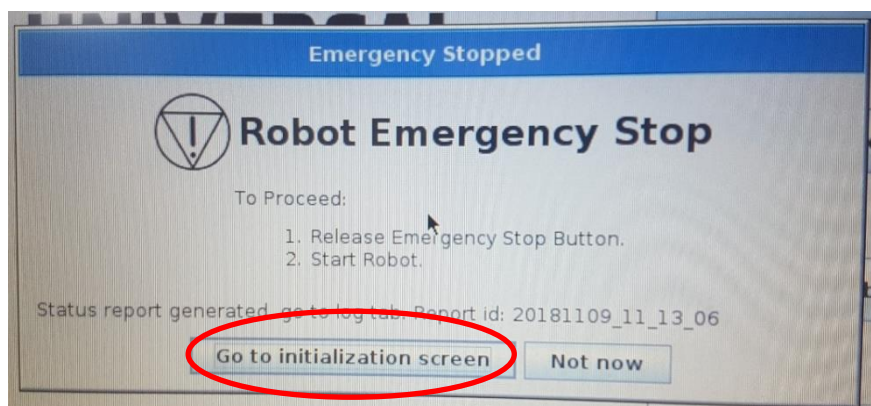


Abbildung 11: UR5 - Fehlermeldung: „Robot Emergency Stop“

Die Initialisierung des UR5 ist in Abbildung 12 zu sehen. Dort muss die **gelb markierte Schaltfläche gedrückt** werden.



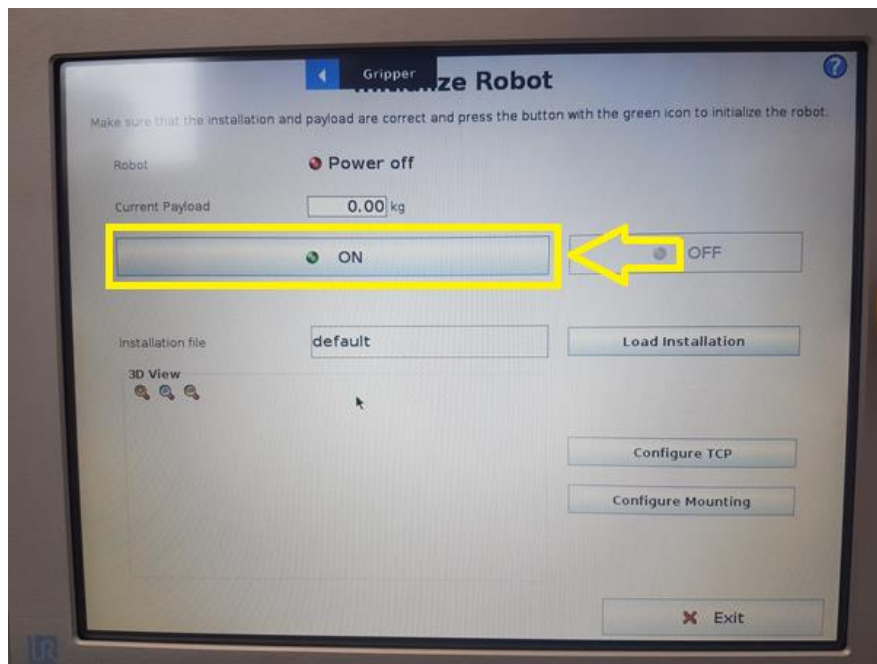


Abbildung 12: UR5 - Initialization Screen

Der Roboterzustand sollte sich nun von „Power off“ zu „Idle“ ändern. Anschließend ist ein **Klick auf die Schaltfläche „Start“** notwendig. Danach ändert sich der Roboterzustand von „Idle“ zu „Normal“ und das Fenster kann durch **klicken auf „Exit“** verlassen werden

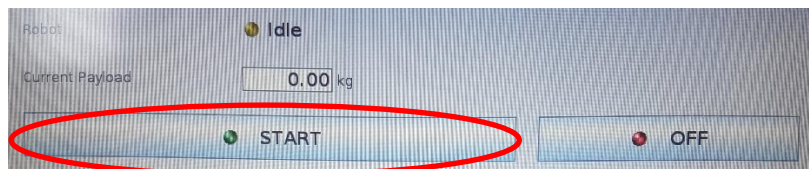


Abbildung 13: UR5 - Idle Robot

#### 4.2.2 Überprüfen der Netzwerkverbindung

Der MiR100 ist mit dem UR5 über ein Ethernet-Kabel verbunden. Die korrekten Einstellungen sind zu überprüfen. Dazu im Hauptmenü auf die Schaltfläche „**Setup Robot**“ klicken und anschließend auf „**Network**“.

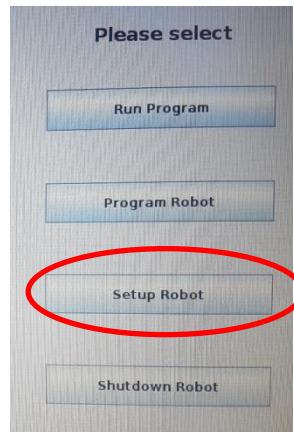


Abbildung 14: UR5 - Run Program

Die **gelb markierten Netzwerkeinstellungen** von Abbildung 15 müssen mit den Werten auf dem UR5 übereinstimmen.

Sollte das nicht der Fall sein, so ist die Verbindung des Netzkabels zu überprüfen. Ein möglicher Fehler könnte das Fehlen der Verbindung in Abbildung 2 sein.

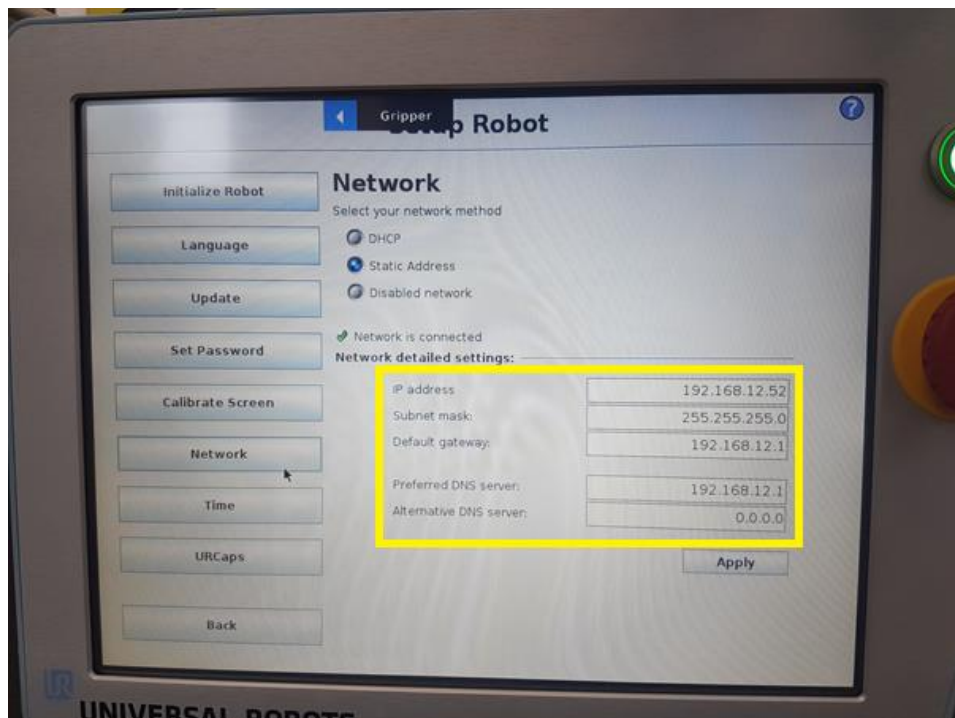


Abbildung 15: UR5 - Netzwerkeinstellungen

### 4.2.3 Programm für Greiferkontrolle laden

Mit einem Klick auf „Back“ in das Hauptmenü wechseln und auf „Run Program“ klicken.

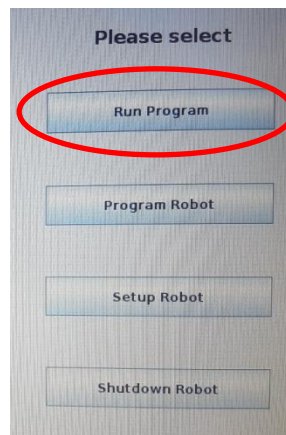


Abbildung 16: UR5 - Run Program

Im gelb markierten Bereich der Abbildung 17 auf „File“ und „Load“ klicken.

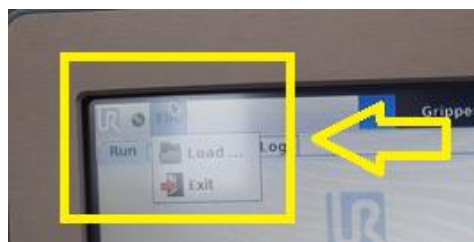


Abbildung 17: UR5 - Run Program Benutzeroberfläche

Das Programm „gripper\_DO\_control.urp“ auswählen und mittels „Open“ laden.

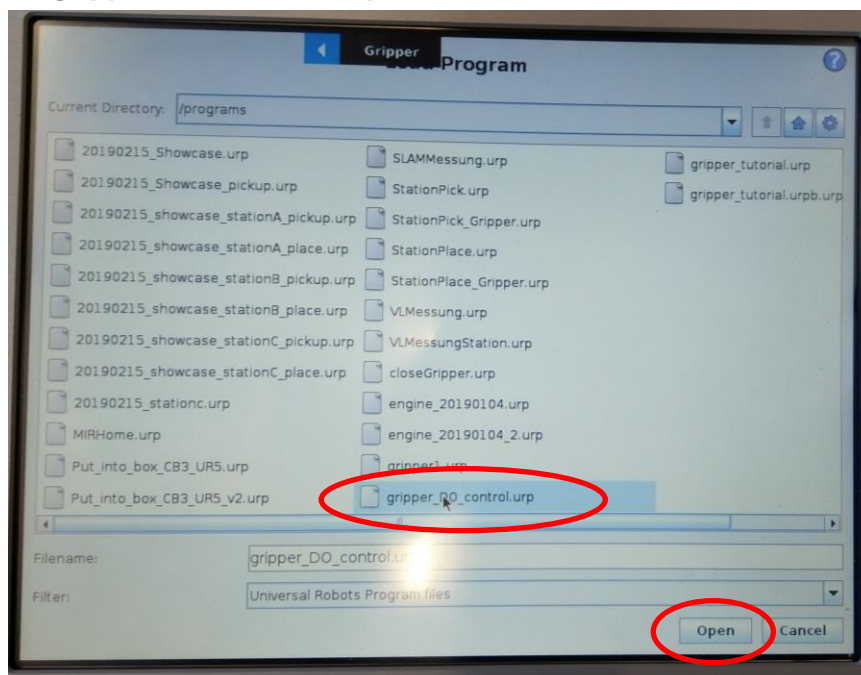


Abbildung 18: UR5 - Programm laden



#### 4.2.4 Aktivieren des Greifers

Zum Öffnen der Greifer-Einstellungen auf die „**Gripper**“-Schaltfläche am oberen Rand der Benutzeroberfläche des UR5 Bedienpanels klicken.

Sollte diese Schaltfläche ausgegraut sein, ist der Greifer nicht ordnungsgemäß mit dem UR5 verbunden. Die Steckverbindung aus Abbildung 3 und Abbildung 4 sollte überprüft werden.

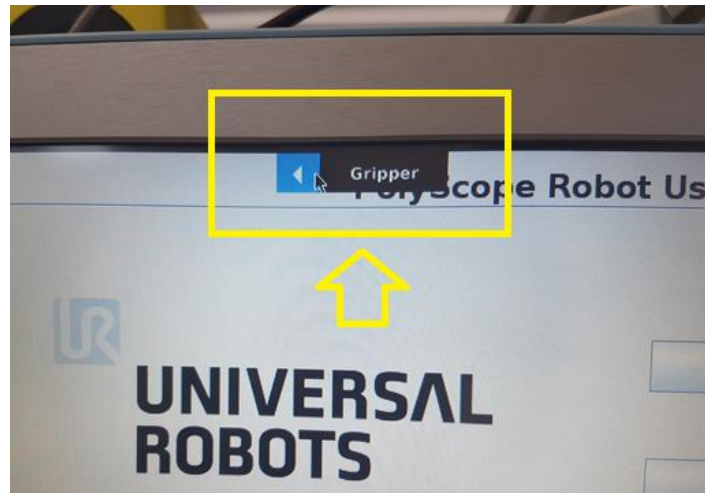


Abbildung 19: UR5 - Schaltfläche für den Greifer

Um den Greifer zu aktivieren auf die gelb markierte Schaltfläche „**Activate**“ klicken. Daraufhin schließt und öffnet sich der Greifer einmal.



Abbildung 20: UR5 - Greifer-Schnelleinstellungen

## 4.3 Starten des Industrie-PCs

Um den **Industrie-PC** zu starten zunächst den auf der Vorderseite befindlichen **Einschalt-Knopf drücken**, welcher in Abbildung 5 grün markiert ist.

Anschließend den **Bildschirm** durch **Drücken des Power-Knopfes auf der Rückseite** einschalten. Für die Bedienung das Wireless-Mini-Keyboard verwenden oder Maus und Tastatur anschließen.

Der PC fährt ohne Passwortabfrage hoch.

- Benutzername: **mluser**
- Passwort: **mlpw**

### 4.3.1 Überprüfen des Netzwerks

Soll eine **Verbindung zum Internet** erfolgen (z.B. um Dateien zu laden), das Netzkabel abschließen und eine WLAN-Verbindung mittels WLAN-Stick herstellen.

Soll eine **Verbindung zum MiR** erfolgen, muss das Netzkabel angeschlossen sein.

Wichtige IPs:

- **Industrie-PC**: 192.168.12.247
- **MiR**: 192.168.12.20
- **UR**: 192.168.12.52

### 4.3.2 Uhren synchronisieren

Damit die Transformationen von tf in ROS korrekt funktionieren, müssen die Uhrzeiten von Industrie-PC und MiR abgeglichen werden.

Hierzu ein **Terminal öffnen** und in den Ordner **~/catkin\_ws/src/butler** wechseln und das Time-Sync-Skript mittels ***bash syncTime.sh*** ausführen

### 4.3.3 Basic Nodes starten

In den Ordner **~/catkin\_ws/src/butler/launch** wechseln und die basic nodes mittels dem Befehl ***bash run\_real\_butler.bash*** starten.

Es öffnen sich mehrere Fenster, wobei zu **überprüfen** ist, dass **keine Errors auftreten** – Warnings sind aufgrund undefinierter Zustände während des Starts normal. Die Fenster sollten so angeordnet werden, dass RVIZ, YOLOnet und ein Terminal gleichzeitig dargestellt werden (siehe Abbildung 21).

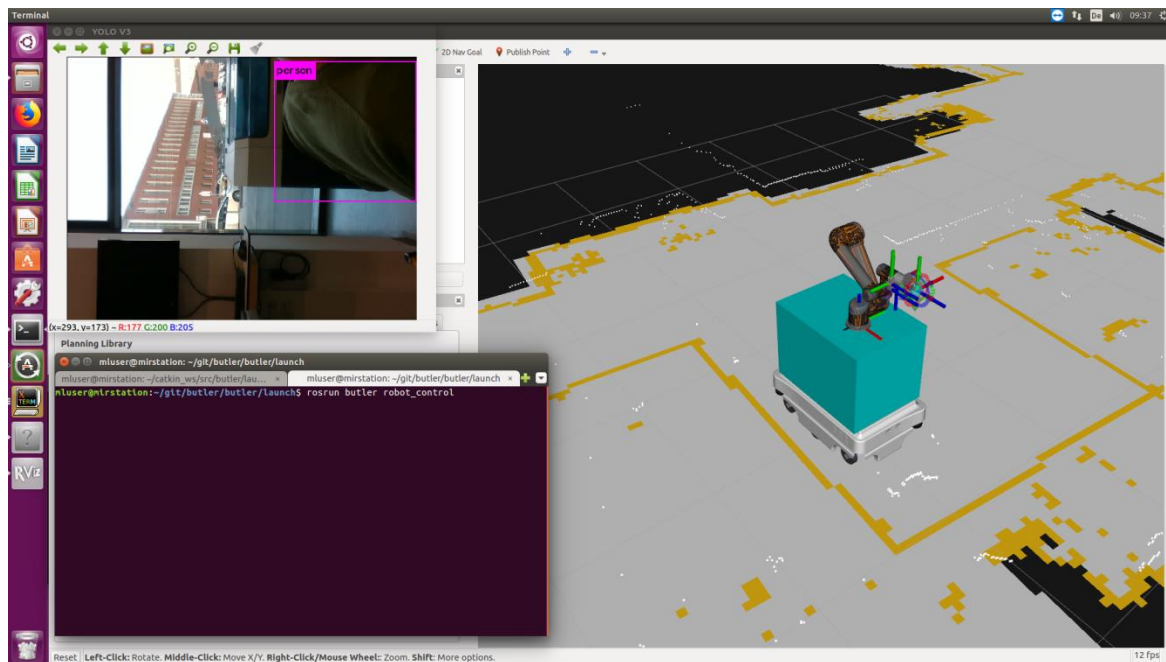


Abbildung 21: Anordnung der Fenster

#### 4.4 Ziele anlegen bzw. überprüfen

Dem Roboter müssen in der Datei **mission\_control.py** **Ziele vorgegeben** werden. Diese beinhalten das **Ziel für den MiR-Roboter** (x,y und Orientierung können im Web-Interface durch Vorgabe einer Zielpose in der Karte bestimmt werden), die **Höhe des Ziels** (Tischplatte bzw. Roboter-Plattform-Höhe) und die **Richtung, in die sich der UR ausrichten soll** (diese ist von der vorgegebenen MiR-Orientierung abhängig). Die hier bestimmten Ziele erhalten einen Namen, welcher dann beim Ausführen von robot\_control übergeben werden kann.

#### 4.5 Durchführen eines Transports

In einem weiteren Terminal den folgenden Befehl eingeben, um die Task-Ausführung zu starten: **roslaunch butler robot\_control [putUp] [putDown] [object]**

Für **putUp** bzw. **putDown** sind gültig: Namen, die in mission\_control angegeben sind

Für **object** sind gültig: „cup“, „bottle“

**Troubleshooting:** Sollte der **MiR nicht zur Zielposition fahren**, liegt dies daran, dass das vorgegebene Ziel zu nahe an einem Hindernis liegt und daher in mission\_control geändert werden muss.

## 5 Ausschalten

**Wichtig:** Der MiR100 muss als letztes abgeschaltet werden, wenn alle anderen Komponenten bereits heruntergefahren sind!

### 5.1 Ausschalten des Industrie-PCs

Die Ausführung der Task-Execution und der Basic-Nodes sollte in den Terminals durch **Drücken von Strg+C** beendet werden. Anschließend kann der Computer durch Eingabe von ***sudo shutdown now*** oder durch einen **Klick auf das entsprechende Symbol** rechts oben heruntergefahren werden.

### 5.2 Ausschalten des UR5

Zum Ausschalten des UR5 muss zunächst der **Not-Aus-Schalters** und anschließend der **Ein-/Ausschalter** aus Abbildung 10 gedrückt werden. Es öffnet sich ein Fenster in dem „Power Off“ gedrückt werden muss.



Abbildung 22: UR5 - Shutdown Meldung

### 5.3 Ausschalten des MiR100

**Wichtig:** Vor dem Abschalten wird empfohlen den MiR in die Ladestation zu bringen

#### 5.3.1 MiR zur Ladestation bringen (optional)

**Wichtig:** Wird der MiR manuell in die Ladestation geschoben, findet kein Ladevorgang statt. Ist die Batterie leer, kann der Roboter mit einem Kabel am Anschluss an der linken hinteren Ecke aufgeladen werden (Kabel anschließen und nebenliegenden Schalter umlegen).

Auf der MiR-Webplattform **auf die Ladestation in der Karte klicken**. In Abbildung 23 wurde die Ladestation blau markiert.



Abbildung 23: Ladestation in der virtuellen Karte der Fabrik

Durch einen **Klick auf „Fahre zu“** im geöffneten Fenster startet der MiR eine Mission um zur Ladestation zu fahren. Um die Mission durchzuführen ist **„Play“ am oberen Bildschirmrand zu drücken**, um die Missionswarteschlange abzuarbeiten.



Abbildung 24: Schnellmenü der Ladestation

### 5.3.2 Ausschalten des MiR100

Zum Ausschalten des MiR100 muss der **Not-Aus-Schalters** aus Abbildung 7 gedrückt werden. Anschließend den **blauen Ein-/Ausschalter** aus Abbildung 6 an der vorderen rechten Ecke drücken. Nach dem Herunterfahren erlischt die Farbe des LED-Signalrings. Ein eventueller Ladevorgang wird fortgesetzt.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau des Roboters .....	6
Abbildung 2: Notwendige Verbindungen am MiR100.....	7
Abbildung 3: Notwendige Verbindungen am Arm des UR5.....	8
Abbildung 4: Notwendige Verbindungen in der Steuerung des UR5.....	8
Abbildung 5: Notwendige Verbindungen am Industrie-PC .....	9
Abbildung 6: Ein-/Ausschalter des MiR100.....	10
Abbildung 7: Not-Aus-Schalter des MiR100.....	10
Abbildung 8: Falsche Positionierung des MiR100 im Raum.....	11
Abbildung 9: Schaltfläche zum manuellen Positionieren des MiR100 in der Karte.....	11
Abbildung 10: Ein-/Ausschalter und Not-Aus-Schalter am Bedienpanel des UR5.....	12
Abbildung 11: UR5 - Fehlermeldung: „Robot Emergency Stop“ .....	12
Abbildung 12: UR5 - Initialization Screen .....	13
Abbildung 13: UR5 - Idle Robot .....	13
Abbildung 14: UR5 - Run Program .....	14
Abbildung 15: UR5 - Netzwerkeinstellungen.....	14
Abbildung 16: UR5 - Run Program .....	15
Abbildung 17: UR5 - Run Program Benutzeroberfläche.....	15
Abbildung 18: UR5 - Programm laden .....	15
Abbildung 19: UR5 - Schaltfläche für den Greifer .....	16
Abbildung 20: UR5 - Greifer-Schnelleinstellungen.....	16
Abbildung 21: Anordnung der Fenster .....	18
Abbildung 22: UR5 - Shutdown Meldung .....	19
Abbildung 23: Ladestation in der virtuellen Karte der Fabrik.....	19
Abbildung 24: Schnellmenü der Ladestation.....	20