

FRANKA RESEARCH 3

Produkthandbuch

ORIGINAL PRODUKTHANDBUCH

© Copyright 2024
Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 München
Deutschland

Dieses Dokument und Auszüge daraus dürfen nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Franka Robotics GmbH vervielfältigt oder Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Inhalt dieses Dokuments wurde sorgfältig auf Übereinstimmung mit der beschriebenen Hard- und Software geprüft. Abweichungen können jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden, weshalb wir keine Haftung für die vollständige Übereinstimmung übernehmen.

Im Interesse unserer Kunden behalten wir uns vor, jederzeit und ohne Vorankündigung Verbesserungen und Korrekturen an Hardware, Software und Dokumentation vorzunehmen.

Für Ihre Anregungen und Kritik an documentation@franka.de sind wir immer dankbar.

Diese Ausführung ist das ORIGINALDOKUMENT. Andere Sprachen sind Übersetzungen dieses Originaldokuments.

Mitgeltende Unterlagen zu diesem Produkthandbuch sind:

- Datenblatt Franka Research 3 (Dok.-Nr.: R02212)
- Schnellanleitung zur Installation Franka Research 3 (Dok.-Nr.: R02040)

Dokument Name: Produkthandbuch Franka Research 3

Dokument-Nr.: R02210

Version: 1.0 (Feb. 2024), gültig für Franka Research 3 mit Systemversion 5.3.1

Änderungsliste:

Release Version	Release Datum	Änderungen
1.0	Feb. 2024	First Release in Franka Robotics branding



Das Handbuch und zusätzliche mitgeltende Unterlagen stehen Ihnen in Englisch und anderen Sprachen unter www.franka.de/documents zur Verfügung.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ÜBER FRANKA ROBOTICS	6
2	NUTZUNGS- UND EIGENTUMSRECHTE	7
2.1	Allgemeines	7
2.2	Identifikationskennzeichen	7
3	EINBAUERKLÄRUNG UND ZERTIFIKATE	8
3.1	Einbauerklärung	8
3.2	Zertifikate	10
3.3	Weitere Erklärungen	10
3.4	Kennzeichnung am Gerät	12
4	SICHERHEIT	15
4.1	Sicherheitshinweise und allgemeine Anmerkungen	15
4.2	Haftungshinweis	16
4.3	Bestimmungsgemäße Verwendung	16
4.4	Unsachgemäße Verwendung	16
4.5	Allgemeine mögliche Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit mit Robotern	18
4.6	Anwendungsbezogene mögliche Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen	21
4.7	Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen	23
4.8	Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem	24
4.9	Manuelles Bewegen des Arms	25
4.10	Sicherheitskonzept	27
4.11	Sicherheitsfunktionen	30
4.12	Hilfestellung zur Planung und Inbetriebnahme eines Robotersystems	34
5	ROLLEN UND PERSONAL	38
5.1	Personal	38
5.2	Benutzerrollen	39
6	GERÄTEÜBERSICHT	42
6.1	Arm	43
6.2	Steuerung	49
7	LIEFERUMFANG UND ZUSÄTZLICHE AUSRÜSTUNG	51
7.1	Im Lieferumfang enthalten	51
7.2	Nicht im Lieferumfang enthalten	52
7.3	Verfügbare Ersatzteile und Zubehör	52
8	TECHNISCHE DATEN	53
9	TRANSPORT UND HANDHABUNG	57
9.1	Umgebungsbedingungen für Lieferung und Transport	58
10	MONTAGE UND INSTALLATION	59
10.1	Auspacken der Ausrüstung	60
10.2	Geeigneter Aufstellungsort	64
10.3	Vorbereiten des Aufstellungsorts	67

10.4	Montieren des Arms	70
10.5	Platzieren der Steuerung	72
10.6	Verkabelung und elektrische Installation	73
10.7	Montieren von Endeffektoren	82
10.8	Praktische Tipps für die Verwendung und Aufstellung von Franka Research 3	84
10.9	Wiederverpacken des Arms	89
11	BETRIEB	92
11.1	Einschalten	92
11.2	Sicherheitsrelevante Tests von Franka Research 3	95
11.3	Erstkonfiguration	98
11.4	Einrichtung Franka Control Interface (FCI)	103
11.5	Normaler Gebrauch	112
11.6	Ausschalten und Wiedereinschalten	112
12	SICHERHEITSKONFIGURATION / WATCHMAN	114
12.1	Watchman	114
12.2	Übersicht	114
12.3	Editieren der Sicherheitskonfiguration	116
12.4	Safety Setup	117
12.5	Erstellen und Bearbeiten von Regeln	121
12.6	Validieren	125
13	ARBEITEN MIT FRANKA RESEARCH 3	129
13.1	Grundlagen der Robotik	129
13.2	Single Point of Control (SPoC)	130
13.3	Betriebsmodi	133
13.4	„Work“ (Arbeiten)	138
13.5	Assist	140
13.6	Franka UI	142
13.7	Franka Control Interface (FCI)	158
13.8	Fehlerbehebung	162
14	VERWALTEN VON FRANKA RESEARCH 3	170
14.1	Franka World	170
14.2	Verwalten von Apps und Features	170
14.3	Hub	171
14.4	Updates	171
14.5	Backup	172
15	WARTUNG UND ENTSORGUNG	176
15.1	Wartung	176
15.2	Reinigung	176
15.3	Entsorgung	177
16	SERVICE UND SUPPORT	178
16.1	Rescue System	178

16.2	Hardware Tausch	181
17	ANHANG	185
17.1	Anhaltezeiten und -wege	185
17.2	Stopp Kategorie 1	186
17.3	Stopp Kategorie 2	194
17.2	Reaktionszeiten	202
17.3	Sichere Positionsgenauigkeit	202
18	GLOSSAR	203
19	STICHWORTVERZEICHNIS	209
20	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	212

1 ÜBER FRANKA ROBOTICS



FRANKA ROBOTICS

Die Industrie automatisieren

Franka wurde 2016 gegründet und ist ein Unternehmen für Robotikplattformen mit Sitz in München und Produktionsstätten in Bayern.

Die Franka-Roboterplattform wird aufgrund ihrer einzigartigen Steuerungsschnittstelle, der Technologie mit menschenähnlichem Tastsinn und der großen Gemeinschaft von Robotik- und KI-Forschern und Disruptoren in der Forschung und darüber hinaus eingesetzt.

Seit November 2023 ist Franka Robotics ein Teil der Agile Robots AG, die eine starke Allianz von Experten in der Branche darstellt. Gemeinsam streben wir danach, Innovationen in der Forschung und industriellen Automatisierung voranzutreiben und die Zukunft der Robotik zu gestalten.

Entworfen, entwickelt, hergestellt und gewartet in Deutschland.

Franka World – eine Plattform für digitale Robotik

Nach der Neudefinition der Robotik und dem Aufbau einer Gemeinschaft haben wir eine neuartige digitale Robotikplattform ins Leben gerufen, um die digitale Welt mit der physischen Welt zu verbinden.

Franka World ermöglicht eine gemeinschaftliche Interaktion zwischen Forschern, Partnern, Kunden, Entwicklern, Lieferanten und Robotern. Darüber hinaus können alle Nutzer auf einfache Weise integrierten Zugang zu Produkten und Dienstleistungen erhalten und ihre gesamten Roboterflotten verwalten, unabhängig von ihrem physischen Standort. Franka World ermöglicht auch die einfache Bereitstellung und Aktualisierung von Robotern.

Wir streben eine Welt an, in der jeder einen Roboter benutzen kann, und das können wir erreichen, indem wir die Welt vernetzen. Wir schätzen unsere Gemeinschaft von Robotikexperten, Akademikern und Enthusiasten, von denen wir jeden Tag lernen.

Als Mitglieder der Gemeinschaft verpflichten wir uns, uns gegenseitig zu unterstützen und gemeinsam voranzukommen. Franka Robotics - eine zertifizierte Robotikplattform mit taktilem Intelligenz.

2 NUTZUNGS- UND EIGENTUMSRECHTE

2.1 Allgemeines

Geschützte Marken

Dieses Produkthandbuch nennt geschützte Marken, die im fortlaufenden Text nicht ausdrücklich als solche gekennzeichnet sind. Das Fehlen eines solchen Hinweises darf nicht so ausgelegt werden, dass der entsprechende Produktname frei von Rechten Dritter ist. Die folgenden Marken sind geschützt:

Franka und Franka Robotics sind eingetragene Marken.

Microsoft ist eine eingetragene Marke und Windows ein Markenzeichen der Microsoft Corporation in den USA und anderen Ländern.

GOOGLE, Mozilla, Firefox, CHROME und ITEM sind eingetragene Marken.

Markenrechte

Dem Betreiber werden keine Rechte oder Ansprüche an der Marke, dem Logo oder dem Handelsnamen von Franka Robotics eingeräumt.

Verwendung von offenen Quellcodes (Open Source)

Eine vollständige Liste aller Open-Source-Lizenzen, die von Franka Research 3 verwendet werden, kann über die Settings-Schnittstelle der Franka UI abgerufen werden.

2.2 Identifikationskennzeichen

Entfernen von Identifikationskennzeichen

Urheberrechtsvermerke, Seriennummern sowie jede andere Art der Kennzeichnung, die der Identifizierung des Produkts oder der Betriebssoftware dienen, dürfen weder entfernt noch verändert werden.

3 EINBAUERKLÄRUNG UND ZERTIFIKATE

3.1 Einbauerklärung

Declaration of Incorporation according to directive 2006/42/EC on machinery (Annex II B) for partly completed machinery		
--	--	--

Description of the partly completed machinery:

Product identification: Franka Production 3 / Research 3 components: *Control, Arm*

Model/Type:

Control (#295341) in combination with *Arm FP3* (#290101) or *FR3* (#290102), each with running number starting from 2320001.

We declare that the product complies with the following essential safety and health requirements set out in Annex I of the Machinery Directive 2006/42/EC:

1.1.2; 1.1.3; 1.1.5; 1.1.6; 1.2.1; 1.2.2; 1.2.3; 1.2.4.1; 1.2.4.2; 1.2.4.3; 1.2.4.4; 1.2.5; 1.2.6; 1.3.1; 1.3.2; 1.3.3; 1.3.4; 1.3.6; 1.3.7; 1.3.8; 1.3.8.1; 1.3.8.2; 1.3.9; 1.4.1; 1.4.2.1; 1.4.2.2; 1.4.3; 1.5.1; 1.5.2; 1.5.3; 1.5.4; 1.5.5; 1.5.6; 1.5.8; 1.5.9; 1.5.10; 1.5.11; 1.5.13; 1.5.14; 1.6.1; 1.6.3; 1.6.4; 1.7.1; 1.7.1.1; 1.7.1.2; 1.7.2; 1.7.3; 1.7.4; 1.7.4.1; 1.7.4.2; 2; 2.2.1; 2.2.1.1; 4; 4.1.2.3; 4.2.1; 4.3.3; 4.4.2

In addition, the partly complete machinery is in conformity with the following EU Directives:

- Directive 2014/35/EU relating to electrical equipment (LVD)
- Directive 2014/30/EU relating to electromagnetic compatibility (EMC)
- Directive 2011/65/EU relating to hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS)
- Directive 94/62/EC relating to packaging and packaging waste

We declare that the relevant technical documentation is compiled in accordance with part B of Annex VII.

Applied harmonized standards:

Electrical safety

Standard	Name
EN 60204-1:2018 IEC 60204-1:2016	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
EN 60664-1:2007 IEC 60664-1:2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests
EN 60664-4:2006 IEC 60664-4:2005	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress
EN 60529:1991/A1:2000/A2:2013 IEC 60529:1989/AMD1:1999/A2:2013	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
EN 61010-1:2010/A1:2019/AC:2019-04 IEC 61010-1:2010/AMD1:2016/COR1:2019	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements
EN IEC 61010-2-201:2018 IEC 61010-2-201:2017	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 2-201: Particular requirements for control equipment
EN 61800-5-1:2007/A1:2017-04 IEC 61800-5-1:2007 /AMD1:2016	Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy

Machinery safety

Standard	Name
EN ISO 10218-1:2011 ISO 10218-1:2011	Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots
EN ISO 12100:2010 ISO 12100:2010	Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

EN ISO 13849-1:2015 ISO 13849-1:2015	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design
EN ISO 13849-2:2012 ISO 13849-2:2012	Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation
EN ISO 13850:2015 ISO 13850:2015	Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design
EN ISO 14118:2018 ISO 14118:2017	Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up
EN 61310-1:2008 IEC 61310-1:2007	Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals
EN 61310-2:2008 IEC 61310-2:2007	Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 2: Requirements for marking

EMC

Standard	Name
EN IEC 61000-6-1:2019 IEC 61000-6-1:2016	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
EN IEC 61000-6-2:2019 IEC 61000-6-2:2016	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments
EN 61000-6-3:2007 /A1:2011/AC:2012-08 IEC 61000-6-3:2020	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
EN IEC 61000-6-4:2019 IEC 61000-6-4:2018	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
EN 61000-6-7:2015 IEC 61000-6-7:2014	Electrical compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations
EN 61326-3-1:2017 IEC 61326-3-1:2017	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) – General industrial applications
CISPR 11:2015+AMD1:2016 +AMD2:2019 CSV	Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement

We commit to transmit, in response to a reasoned request by the market surveillance authorities, relevant documents on the partly completed machinery. The industrial property rights remain unaffected!

Important note!

The partly completed machinery must not be put into service until the final machinery into which it is to be incorporated has been declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC on Machinery, where appropriate, and until the CE Declaration of Conformity according to Annex II A is issued.

Representative in EU, authorized to compile the relevant technical documentation:

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 München
Germany

Manufacturer:

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Straße 20
80797 München
Germany

Date, location

25.01.2024
Munich, Germany

Jin Zhengxun, CEO

3.2 Zertifikate

Zertifikate von TÜV SÜD Rail und TÜV SÜD PS sind unter dem folgenden Link abrufbar:
www.franka.de/documents

3.3 Weitere Erklärungen

3.3.1 RoHS / REACH / WEEE / Batterierichtlinie

<p>Weitere Information Status: 01.04.2022 Franka Research 3</p>
<p>RoHS Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS):</p> <p>Die Komponenten <i>Steuerung</i> und <i>Arm</i> fallen nicht in den Anwendungsbereich der RoHS-Richtlinie 2011/65/EU, erfüllen aber dennoch die Anforderungen an beschränkte Stoffe und an maximale Konzentrationswerte, die in homogenen Materialien zulässig sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blei (0,1 %) • Quecksilber (0,1 %) • Cadmium (0,01 %) • Hexavalentes Chrom (0,1 %) • Polybromierte Biphenyle (PBB) (0,1 %) • Polybromierte Diphenylether (PBDE) (0,1 %) <p>Außerdem gelten die folgenden Ausnahmen: 6a: Blei als Legierungselement in Stahl für Bearbeitungszwecke und in verzinktem Stahl mit einem Massenanteil von höchstens 0,35 % Blei 6b: Blei als Legierungselement in Aluminium mit einem Massenanteil von höchstens 0,4 % Blei 6c: Kupferlegierung mit einem Massenanteil von bis zu 4 % Blei 7a: Blei in hochschmelzenden Loten (d. h. Lötlegierungen auf Bleibasis mit einem Massenanteil von mindestens 85 % Blei) 7c-l: Blei enthaltende elektrische und elektronische Bauteile in Glas oder Keramikwerkstoffen außer dielektrischer Keramik in Kondensatoren, z. B. piezoelektronische Geräte, oder in einer Glas- oder Keramikmatrixverbindung</p>
<p>REACH:</p> <p>Die <i>FRANKA ROBOTICS GmbH</i> ist ein „nachgeschalteter Anwender“ im Sinne der REACH-Verordnung. Bei unseren Erzeugnissen handelt es sich ausschließlich um nicht-chemische Erzeugnisse (Fertigprodukte). Außerdem werden unter normalen oder vernünftigerweise vorhersehbaren Verwendungsbedingungen keine Stoffe freigesetzt (REACH Art. 7). Wir bestätigen, dass unsere Erzeugnisse nicht mehr als 0,1 Massenprozent (w/w) eines der in der veröffentlichten ECHA-Kandidatenliste aufgeführten besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHC) enthalten, sofern sie nicht unter die RoHS-Ausnahmen fallen (siehe oben). Die in der ECHA-Kandidatenliste veröffentlichten Erweiterungen werden mit unseren Erzeugnissen abgeglichen. Wenn festgestellt wird, dass einer dieser neu hinzugefügten Stoffe in unseren Erzeugnissen enthalten ist, setzen wir Sie darüber umgehend in Kenntnis. Diese Erklärung wurde auf Grundlage der derzeit verfügbaren Informationen unserer Lieferanten erstellt.</p>
<p>WEEE-Richtlinie:</p> <p>Die Komponenten <i>Steuerung</i> und <i>Arm</i> fallen nicht unter die WEEE-Richtlinie 2002/96/EG für die Sammlung, das Recycling und die Verwertung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten.</p>
<p>Batterierichtlinie:</p> <p>Das Produkt <i>Steuerung</i> enthält eine BIOS-Batterie.</p> <p>Entsorgung von Batterien: Gemäß Batterierichtlinie 2006/66/EG besteht für wiederaufladbare und nicht wiederaufladbare Batterien eine Rückgabepflicht; sie dürfen nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden. Entsorgen Sie die Batterien gemäß den gesetzlichen Vorschriften und bringen Sie sie zur Wiederverwertung zu einer Sammelstelle. Die Batterien werden recycelt. Die Buchstaben unter dem durchgestrichenen Mülleimer weisen auf die Stoffe Blei (Pb), Cadmium (Cd) oder Quecksilber (Hg) hin.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

3.3.2 China RoHS 2



Part Name 部件名称	Toxic and Hazardous Substances and Elements / 有毒和有害的物质和元素					
	Lead 铅 (Pb)	Mercury 汞 (Hg)	Cadmium 镉 (Cd)	Hexavalent Chromium 六价铬 (Cr (VI))	Polybrominate d biphenyls 多溴联苯 (PBB)	Polybrominated diphenyl ethers 多溴二苯醚 (PBDE)
Control 控制器	X	O	O	O	O	O
Arm FP3 臂架 FP3	X	O	O	O	O	O
Robot Connecting Cable 连接线 2,5m / 5m /10m	O	O	O	O	O	O
Emergency Stop Device 紧急停止装置	O	O	O	O	O	O
External Enabling Device 外部支持设备	O	O	O	O	O	O

This Table is prepared in accordance with the provisions of SJ/T 11364-2006.
 本表根据SJ/T 11364-2006的规定编制。

O: Indicates that said hazardous substance contained in all of the homogeneous materials for this part is below the limit requirement of GB/T 26572-2011.
 O: 表示该部分所有均质材料中的所述有害物质低于GB/T 26572-2011的限量要求。

X: indicates that said hazardous substance contained in at least one of the homogenous materials used for this part is above the limit requirement of GB/T 26572-2011
 X: 表示本试验用同质材料中至少有一种所含的有害物质高于GB/T 26572-2011的限量要求。

(Enterprises may further provide in this box technical explanation for marking "X" based on their actual circumstances)
 (企业可根据自己的实际情况，在此框中进一步提供标示 "X" 的技术解释)

3.4 Kennzeichnung am Gerät

Arm

Typenschild



Abb.3.1 Typenschild Arm

Notentriegelungskennzeichnung

Drei Notentriegelungskennzeichnungen auf dem Arm weisen auf die Stellen hin, an denen das Notentriegelungswerkzeug eingeführt werden muss, um das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem im Notfall manuell zu entriegeln.



Abb.3.2 Notentriegelungskennzeichnung

⚠️ WARNUNG

Herabfallender schwerer Arm bei Verwendung des Notentriegelungswerkzeugs

Gefahr des Einklemmens durch den Arm beim Entriegeln der Gelenke

- Achten Sie darauf, dass der Arm beim Entriegeln nicht herabfällt.
- Halten Sie Ihren Kopf oder andere Körperteile nicht zwischen oder unter Armsegmente.
- Bringen Sie Körperteile (insbesondere Hände, Finger) nicht zwischen Arm oder Endeffektor und andere feststehende Objekte.
- Verwenden Sie das Notentriegelungswerkzeug nicht, solange der Arm mit Strom versorgt wird.
- Setzen Sie nur das mitgelieferte Notentriegelungswerkzeug ein.
- Bewahren Sie das Notentriegelungswerkzeug in der Nähe des Arms auf.

Kennzeichnung „Heiße Oberflächen“



Abb.3.3 Kennzeichnung „Heiße Oberflächen“

! WARNUNG

Heiße Oberflächen und Handführung

Bei Umgebungstemperaturen über 30 °C kann die Oberfläche zu heiß zum Anfassen werden. Daher ist die Verwendung der Funktion „Assist“ (Assistieren) im automatischen Modus bei Temperaturen über 30 °C nicht erlaubt.

Funktionserdekennzeichnung

Die Funktionserdekennzeichnung weist auf die Stelle hin, an der die Funktionserde mit dem Roboterfuß verbunden werden kann.

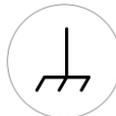


Abb.3.4 Kennzeichnung Funktionserdung

Greifpositionskennzeichnung

Die Greifpositionskennzeichnung weist auf die Stellen hin, an der der Arm angehoben werden darf.



Abb.3.5 Kennzeichnung Greifposition

Steuerung

Typenschild

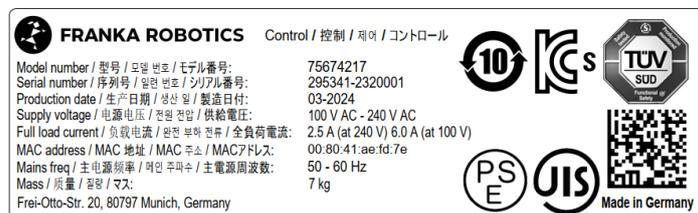


Abb.3.6 Typenschild Steuerung

Externe Zustimmungsrückmeldung

Typenschild



Abb.3.7 Typenschild Externe Zustimmungsrückmeldung

Not-Halt-Einrichtung

Typenschild



Abb.3.8 Not-Halt-Einrichtung

4 SICHERHEIT

4.1 Sicherheitshinweise und allgemeine Anmerkungen

Warnhinweise

Lesen Sie vor Installation, Inbetriebnahme und Betrieb des Geräts dieses Handbuch und alle mitgeltenden Unterlagen sorgfältig durch. Beachten Sie die Sicherheitshinweise sowie die allgemeinen Anmerkungen.

Warnhinweise werden in diesem Handbuch beispielhaft wie folgt dargestellt:

VORSICHT

Art der Gefahr
Mögliche Folgen der Gefahr
Erforderliche Maßnahmen zur Gefahrenvermeidung

In diesem Handbuch werden folgende Warnhinweise verwendet:

GEFAHR

GEFAHR weist auf eine Gefahrensituation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu schweren Verletzungen bis hin zum Tod führt.

WARNUNG

WARNUNG weist auf eine Gefahrensituation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu schweren Verletzungen bis hin zum Tod führen kann.

VORSICHT

VORSICHT weist auf eine Gefahrensituation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu leichten bis mittelschweren Verletzungen führen kann.

HINWEIS

HINWEIS weist auf wichtige Informationen hin, die jedoch nicht in Verbindung mit einer Gefährdung stehen.

SICHERHEITSANWEISUNG

SICHERHEITSANWEISUNG weist auf Verfahren hin, die strikt eingehalten werden müssen.

Anmerkungen



Gibt an, wo Sie weitere Informationen erhalten können.

4.2 Haftungshinweis

Franka Research 3 wurde nach einschlägigen Qualitätsstandards entwickelt. Eine Gefährdungs- und Risikobeurteilung nach EN ISO 12100 wurde im Laufe der Entwicklung durchgeführt und bildet die Grundlage für Franka Research 3 und dieses Handbuch.

Der Arm ist mit einem ISO-Endeffektorflansch nach DIN ISO 9409-1-A50 ausgestattet.

Da es sich bei Franka Research 3 um eine unvollständige Maschine handelt, enthält das vorliegende Dokument eine Montageanleitung. Sie beschreibt die Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit der Einbau in die endgültige Maschine die Sicherheit und den Gesundheitsschutz nicht beeinträchtigt (z. B. Anhang I der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG).

4.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der Franka Research 3 ist ausschließlich für die Verwendung zur Forschung und Entwicklung im akademischen und industriellen Umfeld bestimmt. Das System darf nur in einwandfreiem technischem Zustand, für den vorgesehenen Verwendungszweck, innerhalb der technischen Spezifikationen und Betriebsbedingungen sowie unter Berücksichtigung der Sicherheit und möglicher Gefahren verwendet werden.

Das vorliegende Franka Research 3 System ist ausschließlich für die in diesem Handbuch beschriebene Verwendung bestimmt.

Die normalen und erweiterten Arbeitsbedingungen, unter denen der Roboter betrieben werden sollte, können dem Kapitel 8 „TECHNISCHE DATEN“ sowie dem Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“ entnommen werden.

4.4 Unsachgemäße Verwendung

GEFAHR

Unsachgemäße Verwendung von Franka Research 3

Lebensgefahr und Verletzungsgefahr sowie Gefahr für Beeinträchtigungen und Schäden am Roboter und anderen Sachwerten.

- Franka Research 3 darf nur in technisch einwandfreiem Zustand verwendet werden.
- Verwenden Sie Franka Research 3 nur unter den in diesem Dokument beschriebenen Umgebungs- und Betriebsbedingungen.

Bei unsachgemäßer Verwendung von Franka Research 3 erlischt die Garantie und Haftung des Herstellers. Jede Verwendung, die von der bestimmungsgemäßen Verwendung abweicht, gilt als unsachgemäße Verwendung und ist unzulässig.

Als unsachgemäß gilt jede Verwendung, die von den Warnhinweisen, Hinweisen und Anweisungen in diesem Handbuch und der Kurzanleitung abweicht. Darunter fallen insbesondere die folgenden Verwendungen:

- Transport von Menschen und Tieren
- Transport des Armes außerhalb der Packpose und ohne Originalverpackung
- Verwendung als Aufstiegshilfe
- Anlehnen gegen den Arm
- Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- Verwendung unter Tage
- Umgang mit radioaktiven Gegenständen
- Verwendung im Freien
- Verwendung als Medizinprodukt

- Verwendung als Servicearm z. B. in der Altenpflege
- Verwendung in der Nähe von Kindern
- Umgang mit Flüssigkeiten
- Verwendung in jeder nicht aufrechten Montageposition
- Verwendung außerhalb der angegebenen Betriebsgrenzen

Änderungen oder Einsatzbereiche, des Franka Research 3, die Franka Robotics nicht ausdrücklich erlaubt, sind unzulässig und führen zum Verlust von Garantie- und Haftungsansprüchen. Zu den unzulässigen Änderungen gehört unter anderem Folgendes:

- Jede Anpassung der mechanischen Struktur
- Lackierung
- Einhüllen der Roboterstruktur, sofern keine FE-zertifizierte Ausrüstung verwendet wird.

Franka Robotics erlaubt nur die folgenden Änderungen an Franka Research 3:

- Anbau eines Kabelführungssystems (kann das Bewegungs- und Steuerungsverhalten des Systems beeinflussen)
- Montage von Geräten am Flansch
- Abdecken von Schraubenlöchern

Arm und Steuerungsgehäuse sowie andere Geräte dürfen nicht geöffnet werden.

Der Roboter darf nur an Orten eingesetzt werden, an denen ausreichend Platz und eine sichere Nutzung gewährleistet werden können.

Franka Robotics haftet nicht für Schäden, die durch montierte Geräte oder durch unsachgemäße Verwendung entstehen.

4.5 Allgemeine mögliche Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen bei der Arbeit mit Robotern

Zusammenfassung möglicher Gefahren

Eine ausführliche, aber nicht erschöpfende Liste der signifikanten Gefahren, die üblicherweise von einem Robotersystem ausgehen können, finden Sie in DIN EN ISO 10218-1:2011, ANHANG A.

Im vorliegenden Dokument wird besonders auf die folgenden Gefahren hingewiesen, die von der Franka Research 3 ausgehen können:

GEFAHR

Elektrische Gefahren oder Brandgefahr und gefährliche Dämpfe

Feuer und Dämpfe können Atembeschwerden, Augenreizungen, Lungenschäden und Vergiftungen verursachen und zum Tod führen.

- Verwenden Sie Franka Research 3 nicht außerhalb der angegebenen Spezifikationen.

GEFAHR

Beschädigte Drähte oder unzureichende elektrische Installation

Gefahr von Personenschäden durch Stromschlag sowie Gefahr von Sachschäden.

- Franka Research 3 darf nur in technisch einwandfreiem Zustand verwendet werden.
- Das Not-Halt-System darf nur durch qualifiziertes Personal installiert werden.
- Prüfen Sie Kabel und elektrische Installationen.

GEFAHR

Gefahr von Schwelbränden

Zu viele an die gleiche Stromversorgung angeschlossene Geräte können zu einer Überlastung der Elektroinstallation führen und Schwelbrände verursachen, die zum Tod oder zu schweren Personenschäden führen können.

- Schließen Sie Franka Research 3 so an, dass eine Überlastung der Elektroinstallation vermieden wird.
- Installieren Sie die Überlastungsschutzeinrichtungen entsprechend.

 **WARNUNG**

Aus Endeffektoren fallende Gegenstände aufgrund einer Unterbrechung der Stromversorgung

Vom Greifer herabfallende Gegenstände können zu Verletzungen an Händen, Fingern, Füßen und Zehen führen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Verwenden Sie geeignete Greifer, um das Herabfallen von Gegenständen zu vermeiden.

 **WARNUNG**

Herabfallen und unerwartete Bewegungen des Roboters, insbesondere in erdbebengefährdeten Gebieten

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen.

- Nivellieren Sie die Plattform.
- Montieren Sie den Arm nur auf ebenen, unbeweglichen und stabilen Untergründen. Beschleunigungen und Erschütterungen sind unzulässig.
- Installieren Sie den Arm nicht auf hängenden, geneigten oder unebenen Plattformen.
- Richten Sie die Plattform aufrecht aus.
- Achten Sie auf eine korrekt ausgelegte und feste Verschraubung.
- Bei Betrieb in einem erdbebengefährdeten Gebiet sind die entsprechenden Gefährdungs- und Risikobeurteilungen zu berücksichtigen.

 **WARNUNG**

Gefährliche und unkontrollierte Bewegungen des Arms

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Stellen Sie sicher, dass der Endeffektor und/oder die Masse des gegriffenen Gegenstands sowie der Massenmittelpunkt (CoM) korrekt parametrisiert sind.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des Arbeitsraums auf.

 **VORSICHT**

Beschädigte Kabel, Stecker, mechanische Gehäuse oder Ölleckagen

Kontakt mit austretendem Öl kann zu Augen- oder Hautreizungen führen.

Elektrische Risiken können schwere Verletzungen zur Folge haben.

- Franka Research 3 darf nur in technisch einwandfreiem Zustand verwendet werden.
- Verwenden Sie für den Betrieb nur unbeschädigte Kabel, Stecker und mechanische Gehäuse. Wenden Sie sich im Zweifelsfall an Franka Robotics.

Einwandfreier Zustand

 **VORSICHT**

Durch Lücken in Strukturelementen des Roboters austretendes Fett oder Öl

Reizung von Haut und Augen.

- Stellen Sie den Betrieb der Maschine ein.
- Nehmen Sie Kontakt zum Hersteller auf.
- Tragen Sie Handschuhe.
- Suchen Sie bei Kontakt mit den Augen oder der Haut einen Arzt auf.

Unterbrechungen

HINWEIS

Der Bediener wird durch Desk über mögliche Störungen informiert. Störungen müssen vor der Wiederaufnahme des Betriebs behoben werden.

- Um mögliche Störungen zu beheben, folgen Sie den Anweisungen in der Franka UI. Ein Neustart des Systems kann erforderlich sein.

Überlastung der Gelenke

HINWEIS

Eine Überlastung in einem der Gelenke des Roboters im ausgeschalteten Zustand kann zu Sachschäden am Roboter führen.

- Führen Sie eine Risikobeurteilung unter Berücksichtigung vorhersehbarer unsachgemäßer Verwendung durch.
- Befolgen Sie Systemwarnungen, um den Roboter gegebenenfalls außer Betrieb zu nehmen.

4.6 Anwendungsbezogene mögliche Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen

Die folgenden möglicherweise sicherheitsrelevanten Aspekte sind bei der Planung und Konstruktion der Anwendung und der Durchführung der Gefährdungs- und Risikobeurteilung für eine vollständige Maschine zu berücksichtigen. Der Integrator ist verpflichtet, eine Risikoanalyse durchzuführen.

Funktionen und Features unterschiedlicher Sicherheitsstufen

Franka Research 3 bietet Funktionen und Features unterschiedlicher Sicherheitsstufen. Alle Sicherheitsfunktionen und die entsprechenden Sicherheitseinstufungen sind im Abschnitt „Sicherheitsfunktionen“ im Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ beschrieben. Alle anderen in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen sind nicht als sicherheitsbewertet nach EN ISO 13849-1 oder EN 62061 eingestuft. Sie können sich daher nicht auf die Verfügbarkeit dieser Features verlassen.

Der Integrator ist verpflichtet, eine Risikoanalyse durchzuführen.

Unerwartete Bewegung

VORSICHT

Unerwartetes Bewegen des Arms

Verschiedene Anwendungen, die verwendeten Endeffektoren und Gegenstände in der Umgebung können zu Quetschungen zwischen den Armsegmenten und zu Stößen und Kollisionen führen.

- Stellen Sie sicher, dass der Endeffektor und/oder die Masse des Gegenstands sowie der Massenmittelpunkt (CoM) korrekt parametrisiert sind.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des maximalen Raums auf.

Einklemmen in einer vollständigen Maschine

WARNUNG

Gefahr des Einklemmens von Körperteilen oder Personen

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Bringen Sie keine Körperteile zwischen die Armsegmente.
- Im Falle akuter Lebensgefahr:
 1. Drücken Sie die Not-Halt-Einrichtung, um den Roboter außer Betrieb zu setzen.
 2. Ziehen oder schieben Sie den Arm manuell aus der gefährlichen Position.

Weitere Informationen können Sie dem Abschnitt „Notentriegelung“ im Kapitel 4.9 „Manuelles Bewegen des Arms“ entnehmen.

Verkabelung der Endeffektoren

HINWEIS

Wenn ein Endeffektor mit Franka Research 3 verwendet wird, reduziert sich die maximale Nutzlast um das Gewicht des Endeffektors und seiner externen Verkabelung.

HINWEIS

Durch die externe Verkabelung wirken zusätzliche Lasten und Drehmomente auf den Arm, die das Steuerungsverhalten von Franka Research 3 beeinflussen können.

Auslösung einer Bewegung extern verkabelter Endeffektoren und zugehöriger Geräte**HINWEIS**

Aufgrund verschiedener Konfigurationen, installierter Apps und Dienste ist Franka Research 3 in der Lage, Protokolle an eventuell angeschlossene Maschinen (inkl. Starten der Bewegung), extern verkabelte Endeffektoren und andere zugehörige Geräte zu senden. Bitte beachten Sie die möglichen Risiken, die mit der Verwendung externer Geräte einhergehen.

Weitere Informationen können Sie dem Abschnitt „Einleiten einer Bewegung“ im Kapitel 13.6.11 „Testen und Tippbetrieb“ entnehmen.

Single Point of Control (SPoC)

Franka Research 3 kann über eine einzige Franka UI-Verbindung oder einen Feldbus gesteuert werden. „Single Point of Control“-Mechanismen (SPoC) gewährleisten die Steuerung durch nur eine Quelle. Feldbusse sind ebenfalls durch SPoC abgedeckt. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 13.6.2 „Single Point of Control (SPoC)“.

⚠️ WARNUNG**Unerwartetes Bewegen des Arms**

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Stellen Sie sicher, dass der Endeffektor und/oder die Masse des Gegenstands sowie der Massenmittelpunkt (CoM) korrekt parametrisiert sind.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des Arbeitsraums auf.
- Im Falle akuter Lebensgefahr:
 1. Drücken Sie die Not-Halt-Einrichtung, um den Roboter außer Betrieb zu setzen.
 2. Ziehen oder schieben Sie den Arm manuell aus der gefährlichen Position.
- Im Falle einer nicht lebensbedrohlichen Gefahr:
 1. Verwenden Sie das Notentriegelungswerkzeug, um den Arm zu bewegen.

Oberflächentemperatur des Arms (vom Roboterfuß bis Achse 7, ohne Flansch)**⚠️ WARNUNG****Heiße Oberflächen**

Wenn Sie die Metall- oder Kunststoffsegmente des Arms nach einer intensiven Task-Ausführung längere Zeit berühren, können Verbrennungen die Folge sein.

- Berühren Sie die Armsegmente nicht länger als 60 Sekunden, nachdem Sie Franka Research 3 nach einer intensiven Task-Ausführung bei maximaler Nutzlast und hoher Temperatur angehalten haben.

⚠️ WARNUNG**Heiße Oberflächen und Handführung**

Bei Umgebungstemperaturen über 30 °C kann die Oberfläche zu heiß zum Anfassen werden. Daher ist die Verwendung der Funktion „Assist“ (Assistieren) im automatischen Modus bei Temperaturen über 30 °C nicht erlaubt.

Vom Task und der Umgebung abhängige Effekte:

Die erforderliche Sicherheitsanweisung hängt von der Risikobeurteilung (in Bezug auf heiße Oberflächen) ab.

SICHERHEITSANWEISUNG

Bei anhaltenden Umgebungstemperaturen von 25 °C bis 45 °C (nach intensiver Task-Ausführung und nachdem Franka Research 3 in den Zustand „Monitored Stop“ (Überwachter Halt) versetzt wurde) muss der Integrator die Risiken einer Berührung des Arms über einen längeren Zeitraum (< 60 s) bewerten und ggf. Risikominderungsmaßnahmen ergreifen, um so thermische Verbrennungen zu vermeiden (EN ISO 13732-1:2006). Die Maßnahmen umfassen insbesondere:

- Abkühlzeit für den Roboter.
- Ausschalten des Roboters für eine bestimmte Zeit.
- Benachrichtigung des Bedieners.
- Kennzeichnung der Stellen, die mit größerer Wahrscheinlichkeit heiß werden.
- Verbot des Zugriffs auf den Roboter.

SICHERHEITSANWEISUNG

Der Integrator muss angesichts einer möglichen Erwärmung Maßnahmen für den Fall einer Berührung der Oberflächen von Arm, Endeffektor und Endeffektorflansch ergreifen, um thermische Verbrennungen zu vermeiden (EN ISO 13732-1:2006). Die Maßnahmen umfassen insbesondere:

- Abkühlzeit für den Roboter.
- Ausschalten des Roboters für eine bestimmte Zeit.
- Benachrichtigung des Bedieners.
- Kennzeichnung der Stellen, die mit größerer Wahrscheinlichkeit heiß werden.
- Verbot des Zugriffs auf den Roboter.

4.7 Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen

Not-Halt-Installation

Die Not-Halt-Einrichtung muss gemäß den allgemein gültigen und anerkannten Regeln der Technik (z. B. der Europäischen Norm EN 60204 sowie zugehörigen Normen) installiert werden.

Die von Franka Robotics bereitgestellte Not-Halt-Einrichtung muss an den Anschluss X3.1 angeschlossen werden. An den Anschluss X3 können auch andere Einrichtungen als die von Franka Robotics gelieferte Not-Halt-Einrichtung angeschlossen werden.

Die an das Not-Halt-Signal angeschlossenen Einrichtungen müssen EN 60947-5-5 oder EN 62061 entsprechen.

Bewahren Sie nicht mehr angeschlossene Einrichtungen, die keine Sicherheitsfunktion mehr erfüllen, abseits vom Gerät auf, um Missverständnisse und eine vergebliche Aktivierung zu verhindern.

HINWEIS

Platzieren Sie die angeschlossene Not-Halt-Einrichtung so, dass sie im Notfall immer erreichbar ist, aber eine versehentliche Betätigung verhindert wird.

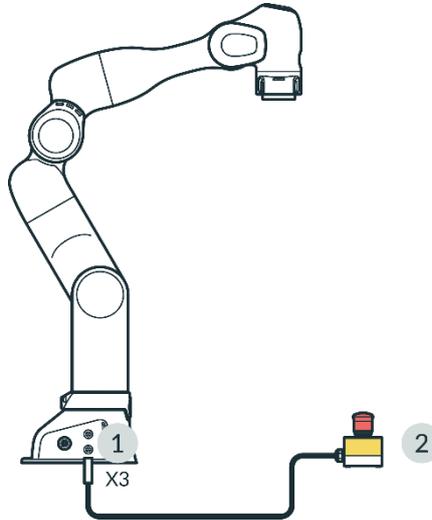


Abb.4.1 Anschluss Not-Halt-Einrichtung

1	X3 – Anschluss für sichere Eingänge	2	Not-Halt-Einrichtung
---	-------------------------------------	---	----------------------

Anhaltezeit und -weg

Die Anhaltezeit (d. h. die Zeit zwischen der Aktivierung des Not-Halts und dem vollständigen Halt des Arms) und der Anhalteweg (d. h. die Strecke, die der Arm nach der Aktivierung des Not-Halts bis zum vollständigen Halt zurücklegt) wurden gemäß EN ISO 10218-1, Anhang B, gemessen. Sie können dem Anhang dieses Dokumentes entnommen werden.

4.8 Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem

Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem

Wenn der Arm von der Stromversorgung getrennt wird, verriegeln die Verriegelungsbolzen automatisch alle sieben Gelenke. Die Verriegelungsbolzen sperren mechanisch jede Bewegung der Gelenke, sodass der Arm in seiner Position verharrt, auch wenn er nicht mit Strom versorgt wird.

Technisch bedingt kann die Position des Arms beim Ausfall der Stromversorgung durch die Verriegelungsbolzen nicht exakt gehalten werden. Die Verriegelungsbolzen rasten mit einem hörbaren Klick ein. Der Arm sinkt anschließend wenige Zentimeter ab. Insbesondere in den Gelenken, die aufgrund Ihrer Ausrichtung und Lage durch die Schwerkraft besonders beeinflusst werden.

Entriegeln des Sicherheitsblockiersystems

Jede Achse bewegt sich leicht, sobald das Sicherheitsblockiersystem entriegelt ist.

4.9 Manuelles Bewegen des Arms

Bewegen des Arms ohne Stromversorgung

VORSICHT

Sich bewegender Arm

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille).
- Der Integrator muss eine Risikoanalyse für alle angeschlossenen Endeffektoren durchführen.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des maximalen Raums auf.

HINWEIS

Der Integrator muss das Risiko beurteilen, dass ein Mensch eingeklemmt werden kann.

Wenn eine Person durch den Arm eingeklemmt wird, befolgen Sie eine der drei nachstehenden Optionen, um die Person auch bei unterbrochener Stromversorgung zu befreien.

- Führen Sie das Notentriegelungswerkzeug in die entsprechenden Öffnungen des zu entriegelnden Gelenkes ein, um den Roboter zu entriegeln und von Hand zu bewegen.
- Schrauben Sie den Roboterfuß vom Montageort ab.
- Bewegen Sie den Arm manuell.

Im Falle einer nicht akuten Gefahr und einer Armblockade verwenden Sie das Notentriegelungswerkzeug.

WARNUNG

Herabfallender schwerer Arm bei Verwendung des Notentriegelungswerkzeugs

Gefahr des Einklemmens durch den Arm beim Entriegeln der Gelenke

- Achten Sie darauf, dass der Arm beim Entriegeln nicht herabfällt.
- Halten Sie Ihren Kopf oder andere Körperteile nicht zwischen oder unter Armsegmente.
- Bringen Sie Körperteile (insbesondere Hände, Finger) nicht zwischen Arm oder Endeffektor und andere feststehende Objekte.
- Verwenden Sie das Notentriegelungswerkzeug nicht, solange der Arm mit Strom versorgt wird.
- Bewahren Sie das Notentriegelungswerkzeug stets in der Nähe des Arms auf.

Maßnahme: Notentriegelung

SICHERHEITSANWEISUNG

1. Drücken Sie die Not-Halt-Einrichtung, um den Roboter außer Betrieb zu setzen.
2. Nehmen Sie das Notentriegelungswerkzeug aus dem Roboterfuß.
3. Halten Sie die Armsegmente.
4. Stecken Sie das Notentriegelungswerkzeug in die verschiedenen trapezförmigen Öffnungen und entriegeln Sie nacheinander eines oder mehrere Gelenke.

Die Öffnungen sind mit der Notentriegelungskennzeichnung markiert.

Das Armsegment kann nun manuell bewegt werden.

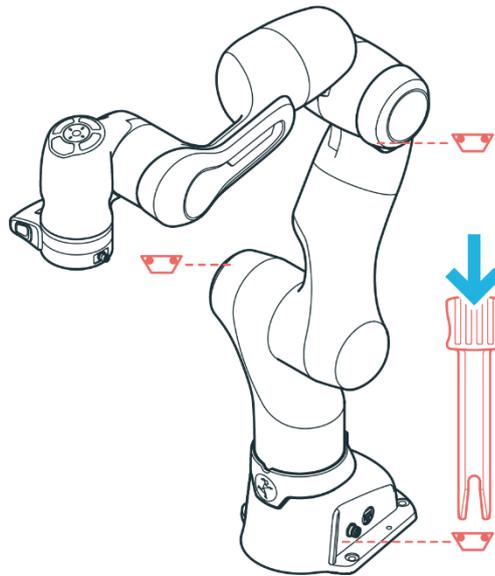


Abb.4.2 Not-Entriegelung

HINWEIS

Das vordere Armsegment kann durch die Schwerkraft nach unten fallen, sobald das Notentriegelungswerkzeug eingeführt wird.

HINWEIS

- Der Integrator muss dafür sorgen, dass das Notentriegelungswerkzeug in einer Halterung am Roboterfuß aufbewahrt wird.
- Nehmen Sie das Notentriegelungswerkzeug nur in Notfällen heraus.
- Das Notentriegelungswerkzeug muss immer in Reichweite sein.
- Verwenden Sie nur das Original-Notentriegelungswerkzeug.
- Das Notentriegelungswerkzeug sollte nur in Notfällen verwendet werden.

Maßnahme: Manuell wegschieben

Abb.4.3 manuelles Wegschieben

SICHERHEITSANWEISUNG

Im Falle akuter Lebensgefahr:

1. Drücken Sie die Not-Halt-Einrichtung, um den Roboter außer Betrieb zu setzen.
2. Ziehen oder schieben Sie den Arm manuell aus der gefährlichen Position.
3. Sichern Sie den Roboterarm gegen Herunterfallen.

HINWEIS

Manuelles Ziehen oder Drücken des Arms verursacht Schäden am Arm, da die Gelenke überlastet werden.

- Der Arm sollte daher nur in sicherheitskritischen Situationen manuell gezogen oder gedrückt werden.

4.10 Sicherheitskonzept

Das Sicherheitskonzept von Franka Research 3 verfolgt einen einfachen Ansatz, um das Robotersystem innerhalb seiner Zielanwendung sicher zu machen. Das System stellt eine Reihe von Sicherheitsfunktionen gemäß EN ISO 13849-1 bereit. Weitere Informationen zu den Sicherheitsfunktionen finden Sie im Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“.

Mit dem Franka UI-Tool Watchman kann der Sicherheitsinbetriebnehmer diese Sicherheitsfunktionen in sogenannten Sicherheitsregeln und -szenarien nutzen, um die Risiken abzudecken, die in der für die Roboterzelle und -anwendung durchgeführten Risikoanalyse ermittelt wurden.

Die Konfiguration des Sicherheitssystems durch Watchman erfolgt in zwei Teilen:

Allgemeine sicherheitsrelevante Einstellungen werden in der Sicherheitskonfiguration eingestellt (z. B. das Definieren des Verhaltens sicherer Eingänge).

Sicherheitsszenarien erlauben es, verschiedene Situationen mit geeigneten Sicherheitsmaßnahmen abzudecken.

Jedes Sicherheitsszenario kann eine oder mehrere Sicherheitsregeln definieren, um eine bestimmte Situation/einen bestimmten Zustand abzudecken, in dem sich der Roboter befinden kann.

Jede Sicherheitsregel besteht aus einer Sicherheitsfunktion, optional wählbaren Bedingungen (die festlegen, wann die Regel aktiv ist) und einer Reaktion, die erfolgt, wenn die Sicherheitsfunktion verletzt wird.

Mit der Sicherheitskonfiguration und Sicherheitsszenarien kann der Sicherheitsinbetriebnehmer das Sicherheitssystem entsprechend den durch die Risikoanalyse ermittelten Anforderungen einrichten. Franka Research 3 verfügt über einen vordefinierten und vorgefertigten Szenariensatz. Wenn sie sich für den durch die Risikoanalyse ermittelten Bedarf eignen, können sie sofort verwendet werden.

Wenn spezifischere Sicherheitsregeln und -szenarien erforderlich sind, kann der Sicherheitsinbetriebnehmer vordefinierte Szenarien und Regeln mit Watchman anpassen. Einige Sicherheitsszenarien sind schreibgeschützt oder enthalten feste Regeln, um einen Mindestumfang an Sicherheitsmaßnahmen zu gewährleisten, die für die meisten Anwendungen geeignet sind. Im Allgemeinen richten sich diese Voreinstellungen nach ISO 10218-1.

Der Sicherheitsinbetriebnehmer muss alle benutzerdefinierten Sicherheitseinstellungen und -szenarien validieren, bevor sie auf dem Roboter bestätigt und aktiviert werden dürfen.

Die vordefinierten Sicherheitsszenarien decken die möglichen Betriebszustände des Systems ab.

HINWEIS

Bei der Wiederherstellung nach einem Auslösen von Sicherheitsfunktionen schaltet das System auf das vordefinierte Wiederherstellungsszenario um, um eine sichere Wiederherstellung zu gewährleisten. Das ursprüngliche Szenario (z. B. „Work“ (Arbeiten)), in dem es zum Sicherheitsverstoß gekommen ist, seine Regeln und insbesondere die ausgelöste Sicherheitsfunktion sind während der Wiederherstellung nicht aktiv. Sobald die Wiederherstellung abgeschlossen ist, schaltet das System auf das ursprüngliche Szenario zurück. Der Integrator muss die vordefinierten Wiederherstellungsszenarien berücksichtigen, wenn er die anwendungsspezifische Gefährdungs- und Risikobeurteilung für die vollständige Maschine durchführt.

Szenarien für Zustände im Modus „Programming“ (Programmierung)

Idle (Ruhe) (nur Lesezugriff)

Der Benutzer kann sich in der Nähe des Roboters aufhalten, aber nicht mit ihm interagieren. Der Roboter befindet sich in einem sicher überwachten Stillstand (SMSS).

Dies ist der Standardzustand im Modus „Programming“ (Programmierung), wenn kein anderer Modus aktiv ist oder wenn widersprüchliche Eingänge vorhanden sind.

Teach (Teachen) (anpassbar)

Der Benutzer kann den Roboter von Hand führen.

Sicheres Aktivierungssignal: Drücken Sie die Zustimmungstaste auf dem Pilot-Griff.

Der Sicherheitsinbetriebnehmer kann die vordefinierte Geschwindigkeitsgrenze individuell anpassen.

Test & Jog (Testen und Tippbetrieb) (anpassbar)

Der Benutzer beobachtet und prüft die Ausführung eines erstellten Tasks und steuert den Roboter über die Franka UI.

Sicheres Aktivierungssignal: Externe Zustimmungseinrichtung (X4).

Der Sicherheitsinbetriebnehmer kann die vordefinierte Geschwindigkeitsgrenze individuell anpassen.

Opening/closing brakes (Bremsen lösen/einlegen) (schreibgeschützt)

Aktiv, wenn die Bremsen gelöst oder eingelegt sind.

Bewegungsspanne und Geschwindigkeit sind sicher begrenzt.

Szenarien für Zustände im Modus „Execution“ (Ausführung)

Work (Arbeiten) (anpassbar)

Der Roboter arbeitet selbstständig und führt einen Task aus.

Dieses Szenario wird mit Regeln vordefiniert, welche die Sicherheitsfunktion „Sicher überwachter Stillstand“ (SMSS) aktivieren, sodass der Roboter angehalten wird, wenn der Eingang X3.2 oder X3.3 geöffnet ist. Es muss eine Regel zum Auslösen des sicher überwachten Stillstands (SMSS) innerhalb von „Work“ (Arbeiten) festgelegt werden, um einen Wechsel zu „Assist“ (Assistieren) zu ermöglichen.

Der Sicherheitsinbetriebnehmer kann alle Regeln innerhalb dieses Szenarios individuell anpassen.

Assist (Assistieren) (anpassbar)

Kollaborativer Betrieb mit „Handführung“ gemäß ISO 10218-1 im Modus „Execution“ (Ausführung).

Sicheres Aktivierungssignal: Drücken der Zustimmungstaste auf dem Pilot-Griff, während sich der Roboter im sicher überwachten Stillstand (SMSS) befindet.

Der Sicherheitsinbetriebnehmer kann die Geschwindigkeitsgrenze für diesen Modus anpassen und/oder benutzerdefinierte Regeln hinzufügen.

Opening/closing brakes (Bremsen lösen/einlegen) (schreibgeschützt)

Aktiv, wenn die Bremsen gelöst oder eingelegt sind.

Bewegungsspanne und Geschwindigkeit sind sicher begrenzt.

Fehler/Verstoßzustände

Die folgenden Zustände sind im Normalbetrieb des Roboters nicht aktiv. Sie werden erst aktiv, wenn Sicherheitsfunktionen in den anderen Zuständen ausgelöst werden oder sicherheitsrelevante Fehler auftreten.

Work invalid (Arbeiten ungültig) (schreibgeschützt)

Wenn kein gültiges Sicherheitsszenario für den Modus „Work“ (Arbeiten) verfügbar ist, wird das Szenario „Work invalid“ (Arbeiten ungültig) als Backup aktiviert, um den Roboter an der Bewegung zu hindern.

Violation idle (Verstoß Ruhe) (schreibgeschützt)

Dieser Zustand ist aktiv, nachdem eine Sicherheitsfunktion ausgelöst wurde und die entsprechende Reaktion erfolgt ist.

Recovery (Wiederherstellung) (Positionsfehler, Verstoß gegen die Gelenkbegrenzung oder Raumverstoß) (schreibgeschützt)

Dieser Zustand ist aktiv, während der Roboter aus einer ausgelösten Sicherheitsfunktion oder einem Fehler wiederhergestellt wird.

Sicheres Aktivierungssignal: Abhängig von dem Verstoß oder dem Fehler.

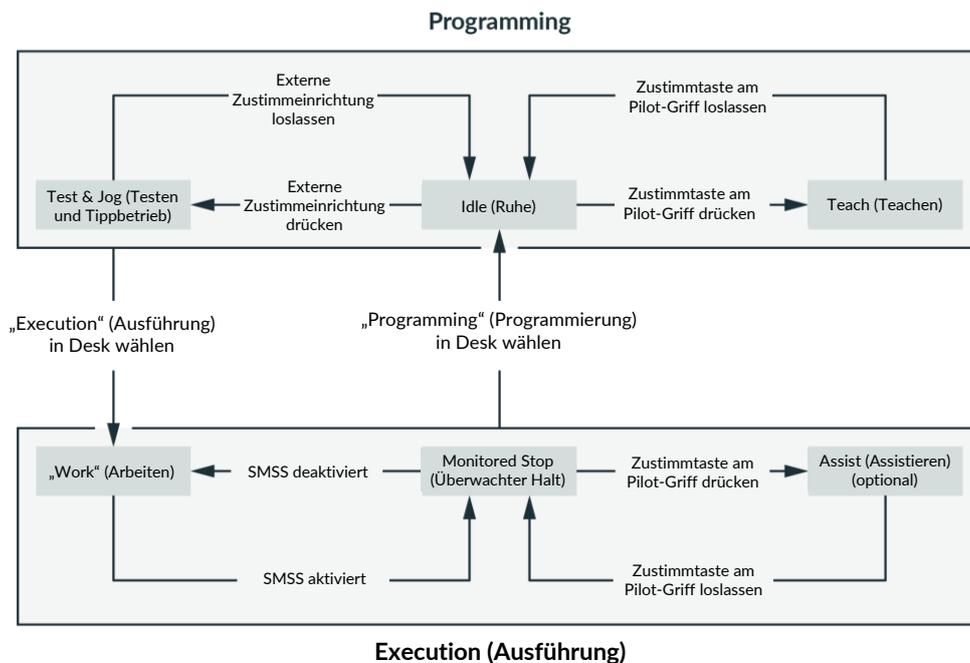


Abb.4.4 Zustände im Normalbetrieb

4.11 Sicherheitsfunktionen

⚠️ WARNUNG

Heiße Oberflächen und Handführung während der Wiederherstellung

Bei Umgebungstemperaturen über 30 °C kann die Oberfläche zu heiß zum Anfassen werden. Wenn eine Sicherheitsfunktion ausgelöst wird und es für die Wiederherstellung erforderlich ist, den Roboter von Hand zu führen, ist daher Folgendes zu beachten:

- Die Wiederherstellung darf nur durch speziell für diese Situation geschulte Personen durchgeführt werden.
- Vor der Wiederherstellung ist zu prüfen, ob die Temperaturen soweit gesunken sind, dass ein Berühren wieder möglich ist. Wie schnell die Oberflächen abkühlen, hängt von der zuvor ausgeführten Bewegung und den Umgebungstemperaturen ab.
- Tragen Sie für dieses Verfahren möglichst Hitzeschutzhandschuhe.

HINWEIS

Franka Production 3 unterscheidet zwischen zwei Arten von Sicherheitsfunktionen: Überwachungsfunktionen und Stoppfunktionen.

Überwachungsfunktionen garantieren, dass Grenzen nicht überschritten werden, z. B. Geschwindigkeiten (SLS-J), Positionen (SLP-C) etc.

Stoppfunktionen werden bei einem Überwachungsverstoß oder durch einen Sicherheitseingang ausgelöst. Der Sicherheitsintegrator ist verpflichtet, die Anhaltezeiten und Anhaltewege bei der Gestaltung der Grenzwerte zu berücksichtigen.

HINWEIS

Der Anschluss von externen Geräten mit separater Stromversorgung kann die Sicherheitsfunktion des Systems beeinträchtigen, wenn die elektrischen Nennwerte nicht eingehalten werden.

Außerdem müssen die Spannungen in den angeschlossenen Geräten entweder als Sicherheitskleinspannung (SELV) ausgelegt oder in geeigneter Weise von den Signalen im Netz getrennt sein.

Sichere Eingänge

Name	Beschreibung	Sicherheitseinstufung	Halt-Reaktion
X3.1 - Not-Halt	Anschluss X3 im Roboterfuß stellt einen sicheren Eingang für den Anschluss einer Not-Halt-Einrichtung bereit.	PLd / Kat. 3	Stopp der Kategorie 1
X4 - Externe Zustimmungseinrichtung	Anschluss X4 im Roboterfuß stellt einen sicheren Eingang für eine externe 3-Positionen-Zustimmungseinrichtung bereit.	PLd / Kat. 3	Durch Loslassen oder vollständiges Drücken der Zustimmungstaste wird die Sicherheitsfunktion SMSS aktiviert. Die Reaktion im Falle des Auslösens des SMSS hängt vom aktiven Sicherheitsszenario ab.
Zustimmungstaste	In der Nähe des Flansches am Pilot-Griff des Roboters befindet sich eine 3-Stufen-Zustimmungstaste.	PLd / Kat. 3	Betriebsmodus „Programming“ (Programmierung): Stopp der Kategorie 1 (siehe vordefiniertes Szenario „Idle“ (Ruhe)) Betriebsmodus „Execution“ (Ausführung): Die Reaktion hängt von der SMSS-Konfiguration im Szenario „Work“ (Arbeiten) ab.

			Während der Wiederherstellung nach einem Auslösen einer Sicherheitsfunktion oder einem Fehler wird durch vollständiges Drücken oder Loslassen der Zustimmungstaste ein Stopp der Kategorie 1 ausgelöst.
X3.2 – Sicherheitseingang 1 X3.3 – Sicherheitseingang 2	Anschluss X3 am Roboterfuß stellt zwei zusätzliche sichere Eingänge bereit. Das Verhalten dieser beiden Eingänge kann in der Sicherheitskonfiguration eingestellt werden.	PLd / Kat. 3	Hängt von der Konfiguration in den Sicherheitsszenarien ab.

Überwachungsfunktionen

Name	Abkürzung	Beschreibung	Sicherheitseinstufung	Wiederherstellung nach Verstoß
 Bei aktiviertem SLP-C kann der Roboter nicht durch FCI gesteuert werden!				
Sicher begrenzte kartesische Position	SLP-C	Überwachung der kartesischen Position bestimmter Punkte am Roboter. Die Position wird anhand benutzerdefinierter kartesischer Räume überprüft. Folgende Punkte werden überwacht: <ul style="list-style-type: none"> • Flansch • Ellbogen • Handgelenk • Kundendefinierte Werkzeugkugeln Die Überwachung kann so konfiguriert werden, dass sie entweder einen Verstoß meldet, wenn ein oder mehrere Punkte innerhalb des definierten Raums liegen, oder wenn ein oder mehrere Punkte außerhalb der definierten Grenzen liegen. <p>Parametrierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endeffektor modell (bis zu fünf Sphären) <ul style="list-style-type: none"> ○ Radius der einzelnen Sphären ○ Position jedes Sphärenmittelpunkts relativ zum Flansch Tipp: Dies ist eine allgemeine Einstellung, die sich auf alle Sicherheitsfunktionen dieses Werkzeugmodells auswirkt. <ul style="list-style-type: none"> • Überwacher kartesischer Raum (Kasten) • Löst aus, wenn innerhalb/außerhalb 	PLd / Kat. 3	Verstöße gegen Positions- oder Orientierungsgrenzen werden in der Franka UI im Desk angezeigt. <ul style="list-style-type: none"> • Entriegeln Sie die Bremsen des Roboters. • Führen Sie den Roboter aus der kartesischen Positionsgrenze heraus. Franka UI zeigt an, ob die Positionsgrenzen nicht mehr verletzt werden. • Schließen Sie die Wiederherstellung durch Betätigen von „Confirm“ (Bestätigen) in Desk ab.
 Bei aktiviertem SLS-C kann der Roboter nicht durch FCI gesteuert werden!				
Sicher reduzierte kartesische Geschwindigkeit	SLS-C	Überwachung der kartesischen Geschwindigkeit bestimmter Punkte am Arm. Folgende Punkte werden überwacht: <ul style="list-style-type: none"> • Flansch • Ellbogen • Handgelenk 	PLd / Kat. 3	Ein Verstoß gegen die Geschwindigkeitsbegrenzung wird in einem Dialog in der Franka UI angezeigt. <ul style="list-style-type: none"> • Betätigen Sie die Schaltfläche, um den Verstoß zu bestätigen. Es sind keine weiteren Wiederherstellungsschritte erforderlich.

Name	Abkürzung	Beschreibung	Sicherheitseinstufung	Wiederherstellung nach Verstoß
		<ul style="list-style-type: none"> Mittelpunkte der vom Kunden definierten Werkzeugsphären Parametrierung: <ul style="list-style-type: none"> Grenzwert für die kartesische Geschwindigkeit 		Anmerkung: Der betriebsbereite Zustand kann durch den Bediener aus allen Verstoßzuständen wiederhergestellt werden.
Sicherer überwachter Stillstand	SMSS	Überwachung des Stillstands bestimmter Punkte am Arm im kartesischen Raum. Folgende Punkte werden überwacht: <ul style="list-style-type: none"> Flansch Ellbogen Handgelenk Mittelpunkte der vom Kunden definierten Werkzeugsphären Der Benutzer kann die Parameter dieser Sicherheitsfunktion nicht ändern.	PLd / Kat. 3	In der Franka UI wird eine Meldung zum erfolgten Verstoß angezeigt. <ul style="list-style-type: none"> Betätigen Sie die Schaltfläche, um den Verstoß zu bestätigen. Es sind keine weiteren Wiederherstellungsschritte erforderlich.
Sichere Endeffektor-Ausschaltung	SEEPO	Sichere Ausschaltung der Stromversorgung des Endeffektors (48-V-Stromleitung). Das Verhalten von SEEPO kann in der Sicherheitskonfiguration eingestellt werden. So kann z. B. konfiguriert werden, dass SEEPO den Strom abschaltet, wenn ein Not-Halt ausgelöst wird. Parametrierung: <ul style="list-style-type: none"> Allgemeine Konfiguration, ob SEEPO aktiv ist oder nicht Ausschalt-Auslöser von SEEPO 	PLb / Kat. b	Die Stromversorgung des Endeffektors kann in der Settings-Schnittstelle oder in der Seitenleiste von Desk wieder eingeschaltet werden.

Interne Überwachungsfunktionen (nicht parametrierbar und in Sicherheitsregeln konfigurierbar)

Name	Abkürzung	Beschreibung	Sicherheitseinstufung	Reaktion	Wiederherstellung nach Verstoß
 Bei aktiviertem SLP-J kann der Roboter nicht durch FCI gesteuert werden!					
Sicher begrenzter Gelenkwinkel	SLP-J	Überwachung der Position der einzelnen Gelenke im Gelenkraum. Diese Sicherheitsfunktion wird nur intern verwendet, um die Gelenkgrenzen des Armes zu schützen und Selbstkollisionen sowie lokale Verklemmungen zu verhindern. Sie ist in benutzerdefinierten Szenarien nicht verfügbar.	PLd / Kat. 3	-	Ein Dialog in der Franka UI im Desk informiert den Benutzer über den Verstoß und erlaubt die Wiederherstellung. <ul style="list-style-type: none"> Um die Wiederherstellungsbewegung zu aktivieren, betätigen Sie die externe Zustimmungsrückmeldung. Entriegeln Sie das zu bewegende Gelenk, indem Sie das Entriegelungssymbol im Wiederherstellungsdialog betätigen. Bewegen Sie das Gelenk durch Betätigen der Schaltflächen „+“ oder „-“ im Wiederherstellungsdialog. Tipp: Gelenke im Verstoßzustand können nur in die Richtung bewegt werden, die nicht vom Verstoß betroffen ist. Alle anderen Gelenke lassen

					sich in beide Richtungen bewegen, um den Roboter in eine günstigere Pose zu bringen.
Sicher begrenzte Gelenkgeschwindigkeit	SLS-J	Überwachung der Geschwindigkeit eines einzelnen Gelenks im Gelenkraum. Diese interne Sicherheitsfunktion dient z. B. dazu, schnelle Bewegungen bei der Wiederherstellung der Gelenkposition zu verhindern	PLd / Kat. 3	Stopp der Kategorie 1	In der Franka UI wird eine Meldung zum erfolgten Verstoß angezeigt. 1. Betätigen Sie die Schaltfläche, um den Verstoß zu bestätigen. Es sind keine weiteren Wiederherstellungsschritte erforderlich.
Sicher begrenzte Entfernung	SLD	SLD überwacht, ob ein einzelnes Gelenk innerhalb eines zulässigen Positionsfensters bleibt. Diese interne Sicherheitsfunktion dient z. B. dazu, übermäßige Bewegungen beim Lösen der Bremsen zu verhindern.	PLd / Kat. 3	Stopp der Kategorie 1	In der Franka UI wird eine Meldung zum erfolgten Sicherheitsfehler angezeigt. 1. Betätigen Sie die Schaltfläche, um den Sicherheitsfehler zu bestätigen. Es sind keine weiteren Wiederherstellungsschritte erforderlich.

Stoppfunktionen

Name	Beschreibung	Sicherheitseinstufung
Stopp der Kategorie 0	Der Arm wird sofort angehalten, indem die Stromversorgung der Motoren unterbrochen und die Bremsen betätigt werden.	PLd / Kat. 3
Stopp der Kategorie 1	Der Arm wird über die normale Motorsteuerung bis zum Stillstand jedes Gelenks kontrolliert angehalten. Die Bremsen werden betätigt, und die Motoren werden bei Stillstand von der Stromversorgung getrennt. Die Verzögerung der kartesischen Geschwindigkeit wird überwacht.	PLd / Kat. 3
Stopp der Kategorie 2	Der Arm wird über die normale Motorsteuerung bis zum Stillstand jedes Gelenks kontrolliert angehalten. Bei Stillstand wird dieser sicher überwacht. Die Verzögerung der kartesischen Geschwindigkeit wird überwacht.	PLd / Kat. 3

Sichere Ausgänge

Name	Beschreibung	Sicherheitseinstufung
Sichere Endeffektor-Ausschaltung	Schaltet die Stromversorgung des Endeffektors (48-V-Stromleitung) aus.	PLb / Kat. b

Weitere Sicherheitseinstufungen

Die 3-stufige Zustimmaste in der Nähe des Roboterflansches ist in Übereinstimmung mit IEC 60204-1:2016 und IEC 60947-5-8:2006 ausgeführt.

Die von Franka Robotics bereitgestellte externe 3-stufige Zustimmungseinrichtung ist in Übereinstimmung mit IEC 60204-1:2016 und IEC 60947-5-8 ausgeführt.

Der von Franka Robotics bereitgestellte Not-Halt entspricht IEC 60204-1:2016 und EN ISO 13850:2015.

Sonstige sicherheitsrelevante Wiederherstellungen (im Falle von Sicherheitsfehlern)

Wiederherstellung aus Gelenkpositionsfehlern

Nur Sicherheitsinbetriebnehmer können eine Wiederherstellung aus einem Gelenkpositionsfehler durchführen.

Ein Dialog in der Franka UI informiert den Benutzer über den Fehler und erlaubt die Wiederherstellung der Position.

Eine ausführliche Anleitung zur Behebung des Fehlers ist in Kapitel 13.8 „Fehlerbehebung“ zu finden.

Wiederherstellung aus Fehlern mit sicheren Eingängen

Eine Wiederherstellung aus einem Fehler mit sicheren Eingängen ist durch Bestätigen des jeweiligen Dialogs in der Franka UI möglich, wenn die Bestätigung für diese Eingänge in Watchman konfiguriert ist.

Andere Sicherheitsfehler

Eine Wiederherstellung aus anderen Sicherheitsfehlern ist in der Regel nicht möglich. Versuchen Sie bitte, das System neu zu starten, um eine Wiederherstellung aus solchen Fehlern durchzuführen. Wenn der Fehler weiterhin besteht, wenden Sie sich an Ihren Händler oder an Franka Robotics.

Allgemeiner Hinweis – alle Fälle

Bei einem Sicherheitsverstoß lässt der Arm erst dann eine Bewegung zu, wenn die Wiederherstellung abgeschlossen ist.

Bei einem Sicherheitsverstoß blinkt der Roboterfuß langsam rot.

Falls erforderlich, zeigt die Franka UI einen Wiederherstellungsassistenten an, um den Wiederherstellungsvorgang durchzuführen.

Nur der Sicherheitsinbetriebnehmer kann eine Wiederherstellung aus einem Gelenkpositionsfehler durchführen.

Alle anderen Wiederherstellungen können von jeder Benutzerrolle durchgeführt werden.

Weitere Maßnahmen zu möglichen Fehlerbehebungen sind in Kapitel 13.8 „Fehlerbehebung“ beschrieben.

4.12 Hilfestellung zur Planung und Inbetriebnahme eines Robotersystems

Als Robotersystem wird entsprechend der Normen EN ISO 10218-2 und EN ISO 8373 ein Roboter verstanden, der mit Peripheriegeräten wie z.B. Roboterwerkzeuge, Werkstücke, Fördertechnik sowie allen beteiligten Vorrichtungen und Schutzeinrichtungen als ein zusammenhängendes System aufgebaut wird. Ein Robotersystem stellt aufgrund der möglichen Bewegungen und der integrierten Applikationen eine potenzielle Gefahr für diejenigen Personen dar, die mit den Lebenszyklen Betrieb, Montage oder Wartung des Systems involviert sind. Die Aufgabe des Erstellers / Inverkehrbringers eines Robotersystems ist es, diese Gefahren zu analysieren, zu bewerten und entsprechende Schutzmaßnahmen zu gewährleisten.

Diese Vorgabe basiert auf der Grundlage von Gesetzen, Reglementierungen und Richtlinien, die länderspezifisch und somit abhängig vom jeweiligen Standort (Betriebsort) des Robotersystems sind.

Im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) gelten übergreifende Regularien, die durch jeweilige landesspezifische Gesetzgebungen, branchenabhängige Vorschriften und firmeninterne Regularien ergänzt werden können.

Für die Planung eines Robotersystems ist es somit erforderlich, sich über die Regularien am Aufstellort zu informieren und diese entsprechend zu berücksichtigen.

Auch die Art der Branche kann zu unterschiedlichen Vorgaben führen. Wird das Robotersystem zum Beispiel in der industriellen Produktion oder in der Forschung verwendet? Auch für die Verwendung in der Forschung kann eine Erstellung einer CE erforderlich sein.

Wie zuvor bereits erwähnt, bestimmt der Standort des Robotersystems, welche Regularien, Vorschriften und Gesetze zu beachten sind. Im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) gilt länderübergreifend die Maschinenrichtlinie sowie harmonisierte Europäische Normen. Weiterhin müssen die örtlichen Gesetzgebungen wie z.B. in Deutschland das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), das Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG) und die Betriebssicherheitsverordnung berücksichtigt werden.

Nachfolgend sind die wichtigsten Regularien und Vorschriften für den Aufbau eines Robotersystems aufgelistet.

Norm / Richtlinie	Beschreibung
RL 2006/42/EG	Maschinenrichtlinie des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates
DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung

DIN EN ISO 10218-2	Robotik – Sicherheitsanforderung für Robotersysteme in industrieller Umgebung Teil 2: Robotersysteme, Roboteranwendungen und Integration von Roboterzellen
DIN ISO/TS 15066	Roboter und Robotikgeräte – Kollaborierende Roboter
DIN EN ISO 13854	Sicherheit von Maschinen - Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen
DIN EN ISO 13855	Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherung des menschlichen Körpers
DIN EN ISO 13850	Sicherheit von Maschinen - Not-Halt-Funktion- Gestaltungsleitsätze
DIN EN ISO 11161	Sicherheit von Maschinen - Integrierte Fertigungssysteme - Grundlegende Anforderungen
DIN EN ISO 60204-1	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN ISO 13849-1	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
DIN EN ISO 13849-2	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung
ISO 13482	Roboter und Robotikgeräte - Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter

Grundsätzlich gilt immer die gleiche Zielvorgabe:

Die Minderung des Risikos von Verletzungen von Personen.

Somit kann die Aussage getroffen werden, dass kein Robotersystem ohne entsprechende Schutzmaßnahmen betrieben werden darf.

Schutzmaßnahmen können zum Beispiel sein:

- Trennende Schutzeinrichtungen
- Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen
- Umzäunungen und/ oder physische Barrieren
- Markierte Bereiche
- Hinweisschilder
- Not-Halt-Taster
- Anzeigeelemente
- Steuerungstechnische Schutzeinrichtungen
- Roboter interne Sicherheitsfunktionen (siehe Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“)

Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten eines Roboters kann Franka Robotics keinen einheitlichen Leitfaden zur Ermittlung der erforderlichen Schutzeinrichtungen bei der Integration eines Robotersystems vorgeben. Die Verantwortung für die sichere Realisierung des Robotersystems hat der Integrator / Betreiber.

Eine sehr gute und ausführliche Hilfestellung zum Aufbau von Robotersystemen ist auf der Seite der DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) beschrieben => [DGUV Information 209-074](#)

In den nachfolgenden Erläuterungen werden Maßnahmen beschrieben, die wesentlicher Bestandteil bei der Planung eines Robotersystems sind. Diese Maßnahmen müssen dann um die erforderlichen Details aus den Regularien und Vorgaben des Anwendungsfalles ergänzt werden.

I. Analyse:

Die Analyse beinhaltet die Beschreibung der Automationslösung und gleichzeitig eine Eingrenzung der Funktion des geplanten Systems. Dieser Teil wird als bestimmungsgemäße Verwendung bezeichnet. Zu dokumentieren ist auch die nicht bestimmungsgemäße Verwendung, d.h. die Zustände und Tätigkeiten, die mit diesem System nicht durchgeführt werden dürfen. Eine ausführliche Beschreibung der Aufgabe ist ein Teil der nachfolgenden Risikobeurteilung und vereinfacht im weiteren Verlauf der Planung die Risikoermittlung für die jeweiligen Gefahren.

Das Erstellen eines Konzeptlayouts erleichtert die Übersicht über das geplante System. Hierin sollten alle Komponenten inkl. der dazugehörigen Peripherie dargestellt werden.

Der nächste Schritt ist die Analyse der Gefahrenquellen des Robotersystems. Es bringt Klarheit in die nachfolgende Risikobeurteilung, wenn aufgelistet wird, von welcher Komponente welche Gefahr ausgeht. Dies lässt ggf. auch Auswirkungen von Gefahren in Gruppen zusammenfassen. Alle zu integrierenden Komponenten des Robotersystems sind als mögliche Gefahrenquellen zu betrachten. Dazu zählen neben dem Roboter u.a. alle zu integrierenden Komponenten wie Werkzeuge, Vorrichtungen, Fördertechniken, Schaltschränke und Schutzeinrichtungen, aber auch die Gefahren, die aus der Kombination der Komponenten miteinander resultieren können.

II. Risikobeurteilung:

Die Risikobeurteilung dient zur Analyse und Bewertung der Gefahrenquellen und der Höhe der daraus resultierenden Risiken für Personenschäden sowie zur Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen zur Risikominderung.

Die Vorgehensweise der geforderten Risikobeurteilung entsprechend der Maschinenrichtlinie wird in der Norm DIN EN ISO 12100 beschrieben. Es existieren diverse Tabellen und Tools, die eine strukturierte Durchführung ermöglichen (siehe Verweis oberhalb der Aufzählung). Die grundsätzliche Struktur einer Risikobeurteilung besteht aus den folgenden Elementen:

- Daten (Maschinenbezeichnung, Seriennummer etc.) zum geplanten System
- Grenzen des Robotersystems
- Ermittlung der erforderlichen Regularien und Normen
- Layout des Robotersystems
- Markierung der Gefahrenquellen im Layout
- Beurteilung der Gefahrenquellen bezüglich der jeweiligen Lebenszyklen und Betriebsarten. Hierzu können verschiedene Bewertungsverfahren angewandt werden. Die Vorgehensweise ist in der Norm im Detail erläutert.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Maßnahmen zur Risikominderung ist ebenfalls in der Norm bzw. den Leitfäden und Literaturhinweisen beschrieben.

Grundsätzlich gilt für die Risikominderung folgende Priorisierung der Maßnahmen:

- Vermeiden der Gefährdung
- Minderung durch inhärent sichere Konstruktion
- Minderung durch mechanische Schutzeinrichtungen
- Minderung durch steuerungstechnische Schutzeinrichtungen
- Minderung durch organisatorische Maßnahmen

Bei der Auswahl der Maßnahmen sollten immer Vorgaben aus den harmonisierten Normen berücksichtigt werden. Dies reduziert die Nachweispflicht aufgrund der Konformitätsvermutung entsprechend der Norm.

III. Layout:

Im finalen Layout des Robotersystems werden alle Schutzmaßnahmen maßstabsgerecht eingezeichnet. Es sollte eine eindeutige Zuordnung zu den in der Risikobeurteilung ermittelten Schutzmaßnahmen erfolgen.

IV. Realisierungsphase:

Aufbau des Systems und Umsetzung der definierten Schutzmaßnahmen.

V. Nachweisprüfung:

Nach dem Aufbau des Systems inkl. aller Schutzmaßnahmen muss eine Nachweisprüfung der Schutzmaßnahmen entsprechend der jeweiligen Normen durchgeführt werden. Zum Beispiel wird die Prüfung der steuerungstechnischen Schutzmaßnahmen in der Norm 13849-2 als „Prüfung der funktionalen Sicherheit“ bezeichnet und die Anforderungen an die Validierungen werden darin geregelt. Dieses Protokoll zur Nachweisprüfung ist ein wesentlicher Bestandteil zur Abnahme eines Robotersystems.

VI. Abnahme:

Zur finalen Abnahme eines Robotersystems gehört eine ausführliche Protokollierung aller oben genannten Einzelschritte. In industriellen Einsatzgebieten wird nach Maschinenrichtlinie eine Konformitätserklärung (CE) vom Inverkehrbringer verlangt. Auch wenn ein Robotersystem für den „Eigenbedarf“ in der hausinternen Produktion aufgebaut wird, ist eine Konformitätserklärung (CE) erforderlich. Auch für Robotersysteme in der Forschung und im Labor gilt es, den Betrieb des Roboters personensicher zu gestalten und entsprechende Schutzmaßnahmen durchzuführen. Die Maschinenrichtlinie definiert Robotersysteme für Forschungszwecke als Systeme, die für einen speziellen Forschungszweck konzipiert und nur zur vorübergehenden Verwendung gebaut wurden. Es kommt also maßgeblich darauf an, ob das System eine vorübergehende Verwendung (ein einmaliges Experiment, das danach abgebaut wird – *keine CE* - oder eine dauerhafte Verwendung als Einrichtung im Labor – *CE erforderlich*) findet.

5 ROLLEN UND PERSONAL

WARNUNG

Unzureichend qualifiziertes Personal

Unzureichend qualifiziertes Personal kann sich selbst oder andere schwer verletzen.

- Lesen Sie das Handbuch sorgfältig durch und klären Sie alle Fragen. Alle Personen, die den Roboterarbeitsraum betreten, müssen über ausreichendes Wissen und Erfahrung verfügen, sich der potenziellen Risiken des Robotersystems bewusst sein und sich entsprechend umsichtig verhalten.
- Der Betreiber muss die Benutzer ausdrücklich über die Grenzen und Einschränkungen von Franka Research 3 informieren.

WARNUNG

Unter Einfluss von Rauschmitteln stehendes Personal

Unter Einfluss von Rauschmitteln stehendes Personal kann sich selbst oder andere schwer verletzen oder Sachschäden an Maschinen und Geräten verursachen.

- Betreiben Sie Franka Research 3 nicht unter dem Einfluss von Drogen, Alkohol oder Medikamenten, die Ihre Reaktionen beeinflussen.

5.1 Personal

Betreiber

Der Betreiber ist für die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften und der Betriebssicherheitsverordnung verantwortlich. Der Betreiber von Franka Production 3 kann insbesondere der Unternehmer, der Institutsleiter, der Arbeitgeber oder ein für die Verwendung von Franka Production 3 verantwortlicher Delegierter sein.

Der Betreiber ist für Folgendes verantwortlich:

- Der Betreiber muss Überwachungspflichten nachkommen.
- Der Betreiber muss sicherstellen, dass alle Mitarbeiter, die mit Franka Production 3 arbeiten, entsprechend qualifiziert sind und über die möglichen Gefahren, die von Franka Production 3 ausgehen können, informiert wurden.
- Der Betreiber muss in bestimmten Abständen Schulungen und Einweisungen durchführen, um ein Risikobewusstsein zu schaffen und zu festigen.

Benutzer

Benutzer des Systems sind die Personen, die unmittelbar mit dem Betrieb des Systems zu tun haben. Der Betrieb des Systems ist in verschiedenen Aufgaben unterteilt, die die unterschiedlichen Betriebsphasen des Systems abdecken:

- Administrative Aufgaben
- Sicherheitsrelevante Aufgaben
- Bedienung des Systems

Entsprechend der zugeordneten Aufgaben müssen Benutzer über qualifizierte Kenntnisse zum Fachbereich der Aufgabe, Sicherheitsunterweisungen und Schulungen zum Robotersystem verfügen. Die erforderlichen Qualifikationen werden nachfolgend bei der Beschreibung der Benutzerrollen beschrieben.

Integrator

Der Integrator ist für den Zusammenbau der unvollständigen Maschine zur endgültigen Maschine verantwortlich, indem er den Roboter mit anderen Geräten oder einer anderen Maschine, einschließlich anderer Roboter, zu einem Maschinensystem kombiniert.

Der Integrator führt auch eine angemessene Risikobeurteilung durch, um Restrisiken zu ermitteln und diese zu beseitigen oder zu mindern.

Der Integrator ist für die Sicherheit der endgültigen Anwendung verantwortlich.

Weitere Informationen zu haftungsrelevanten Themen finden Sie im Kapitel 4.2 „Haftungshinweis“.

HINWEIS

Nur qualifiziertes oder ausreichend geschultes Personal, das über ausreichende technische Kenntnisse verfügt, darf den Roboter bedienen. Die Qualifikation dieses Personals umfasst insbesondere eine technische Berufsausbildung, einen Hochschulabschluss in Ingenieurwissenschaften oder Berufserfahrung im Bereich Robotik oder Automatisierung.

Franka Robotics schlägt eine produktspezifische Schulung vor, die von Franka Robotics, Partnern und verbundenen Unternehmen durchgeführt wird.

5.2 Benutzerrollen

Bediener

Ein Bediener kann auf Franka Research 3 zugreifen und die Benutzerschnittstelle Franka UI verwenden, um Franka Research 3 innerhalb der vom Betreiber, dem Administrator und dem Sicherheitsinbetriebnehmern festgelegten Grenzen zu nutzen. Der Bediener kann die Benutzerschnittstelle Franka UI für Folgendes nutzen:

- Vorgesehenen Betrieb von Franka Research 3 starten, überwachen und beenden
- Tasks herunterladen und auswählen
- Task- und App- Einstellungen anzeigen
- Systemzustände einsehen (Netzwerk, Roboter, Endeffektor)
- Sicherheitseinstellungen einsehen
- Gelenke sperren und entriegeln
- Task starten und stoppen
- Handführung (ohne Speichern von Posen)
- Pilot-Modus-Taste schalten
- Fürs Verpacken in die Packpose bewegen
- Logdateien vom System herunterladen
- System herunterfahren und neu starten

Der Bediener hat nur begrenzten Zugriff auf die Franka UI.

Administrator

Der Administrator hat sämtliche Rechte des Bedieners. Der Administrator ist eine Person, die vom Betreiber autorisiert wurde, das Robotersystem einzurichten, auf dieses zuzugreifen und die Benutzerschnittstelle Franka UI für Folgendes zu nutzen:

- Benutzermanagement (Erstellen, Ändern und Löschen von Benutzern; Zuordnen von Rollen und Ändern von Passwörtern)
- Nicht sicherheitsrelevante Systemparameter festlegen und ändern (z. B. Ändern von Endeffektoreinstellungen)
- Robotersystem programmieren und teachen
- System-Updates, Funktionen und Apps installieren
- Systemkonfiguration bearbeiten
- Parameter für Tasks erstellen, bearbeiten und festlegen

Sicherheitsinbetriebnehmer

Der Sicherheitsinbetriebnehmer hat die gleichen Rechte wie ein Bediener und zusätzlich das Recht, Sicherheitseinstellungen vorzunehmen und zu bestätigen. Der Sicherheitsinbetriebnehmer kann die Franka UI für Folgendes nutzen:

- Sicherheitskonfigurationen bearbeiten
- Robotersystem programmieren und teachen
- Parameter für Tasks erstellen, bearbeiten und festlegen
- Spezifische Sicherheitsfehler beheben

HINWEIS

Die Benutzerrollen dürfen nur von qualifiziertem oder ausreichend geschultem Personal übernommen werden. Sie müssen eingewiesen sein, wie sie sich in Notfällen oder außergewöhnlichen Situationen zu verhalten haben. Der Betreiber muss das Personal auf der Grundlage von Erfahrung, Ausbildung oder ähnlichen bestehenden Aufgaben in den Bereichen Robotik, Automatisierung, Sicherheit oder Arbeitsschutz auswählen.

Zuordnen von Benutzerrollen

Anlegen eines Administrators

Wenn Sie sich zum ersten Mal anmelden, müssen Sie einen Administrator-Benutzer anlegen.

1. Geben Sie einen Benutzernamen ein.
2. Geben Sie ein Passwort ein.
3. Bestätigen Sie das Passwort.

Die Anmeldeinformationen für den Administrator sollten sicher aufbewahrt werden. Die einzige Möglichkeit, ohne Passwort auf die Rolle eines Administrators zuzugreifen, besteht darin, einen Werksreset durchzuführen, bei dem alle vorherigen Informationen gelöscht werden.

HINWEIS

Verwenden Sie stets sichere Passwörter, um den Zugriff Unbefugter auf das System zu verhindern.

Anlegen und Bearbeiten von Benutzern

Es muss immer mindestens ein Benutzer mit einer Administratorrolle definiert sein. Das bedeutet, dass der letzte Administrator nicht gelöscht werden kann. Jedem Benutzer muss eine Rolle zugewiesen werden. Gleichzeitig können mehrere Benutzer die gleiche Rolle haben. Franka Research 3 unterstützt die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Rollen.

Vorgehensweise

1. Melden Sie sich an der Franka UI an. Informationen zur Franka UI finden Sie im Kapitel 13.6 „Franka UI“
2. Rufen Sie die Settings-Schnittstelle auf.
3. Klicken Sie auf den Tab „Users“ (Benutzer).
4. Fügen Sie neue Benutzer hinzu oder bearbeiten Sie bestehende Benutzer.

6 GERÄTEÜBERSICHT

Die folgende Abbildung zeigt die minimale Konfiguration des Systems und zeigt exemplarisch die Verkabelung.

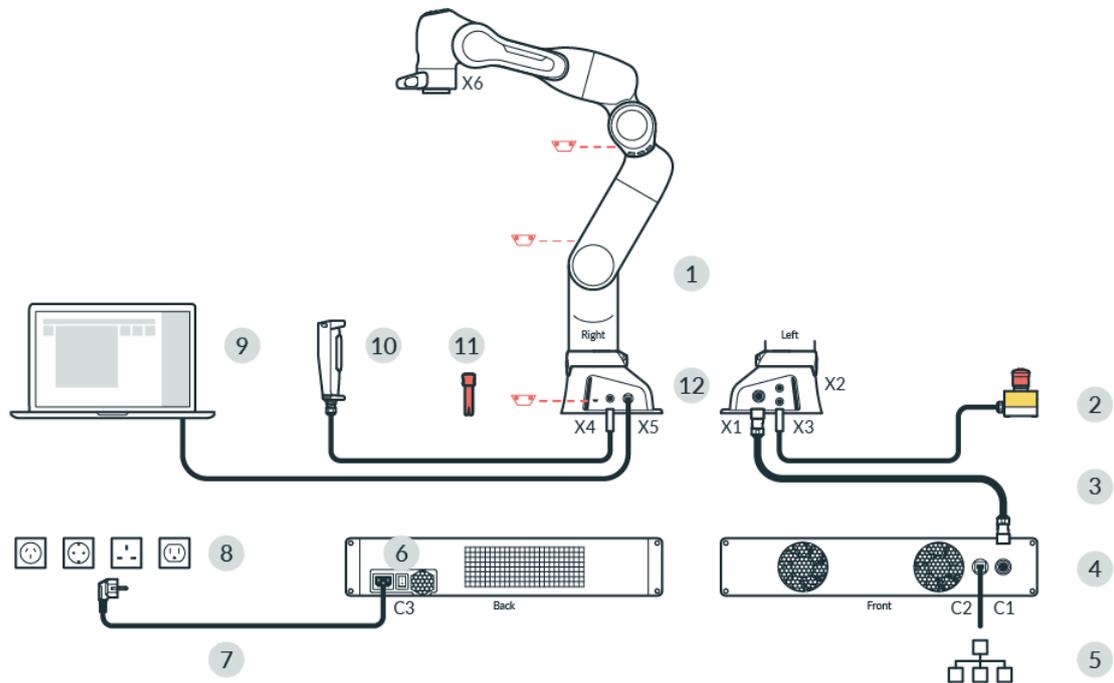


Abb.6.1 Geräteübersicht

1	Arm	7	Netzkabel
2	Not-Halt-Einrichtung	8	Netzsteckdose
3	Verbindungskabel	9	Bediengerät (nicht enthalten) mit Franka UI
4	Steuerung	10	Externe Zustimmungseinrichtung
5	Ethernet (Netzwerk)	11	Notentriegelungssystem
6	Netzschalter	12	Anschluss zur Funktionserde

6.1 Arm

Der Arm hat folgende Komponenten:

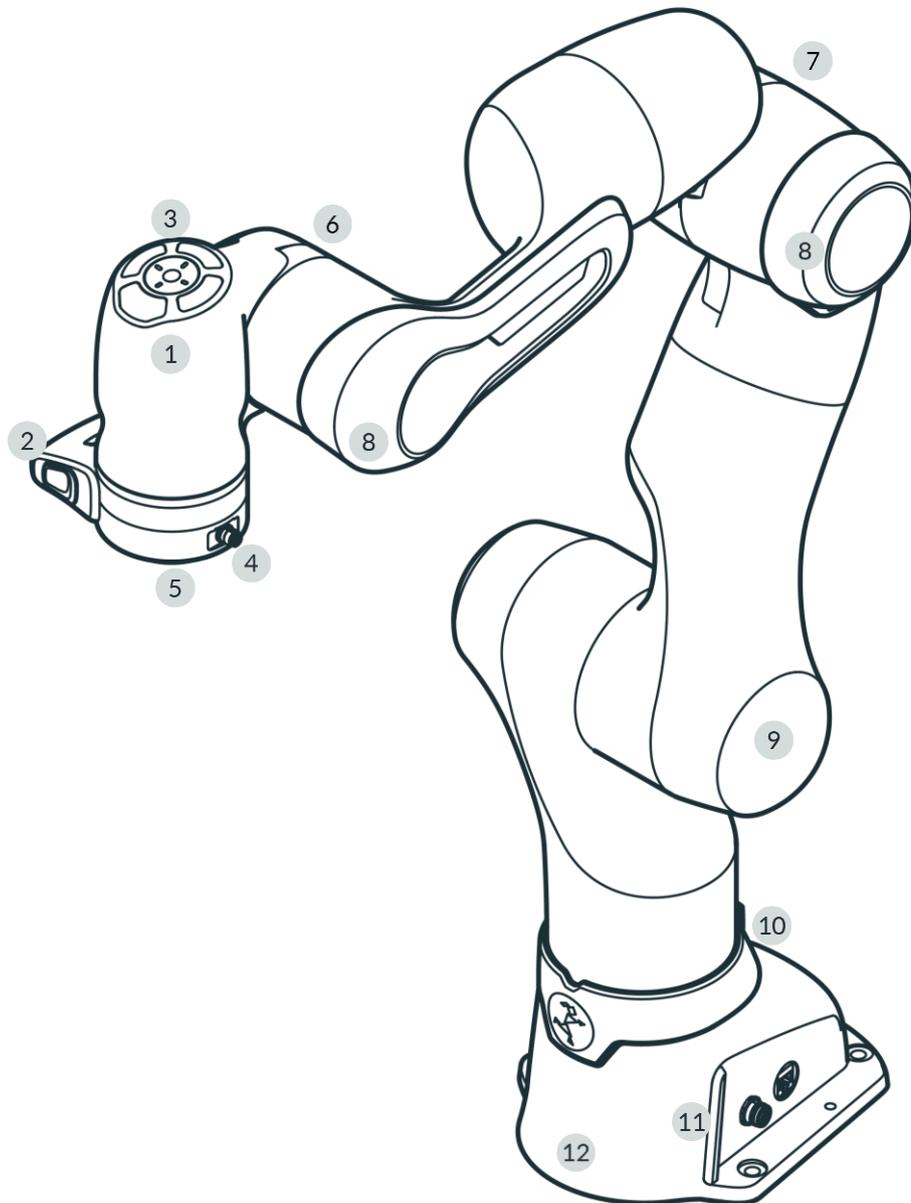


Abb.6.2 Übersicht Arm

1	Pilot	7	Ellbogen
2	Pilot-Griff	8	Prellschutz
3	Pilot-Bedienfeld	9	Schulter
4	X6 - Endeffektoranschluss	10	Halter für Notentriegelungswerkzeug
5	Roboterflansch für Endeffektoren	11	Statusanzeige
6	Handgelenk	12	Roboterfuß

Pilot – Draufsicht

Teile der Benutzerschnittstelle Desk und die integrierten Endeffektoren können direkt vom Roboterarm aus über das Pilot-Bedienfeld bedient werden.

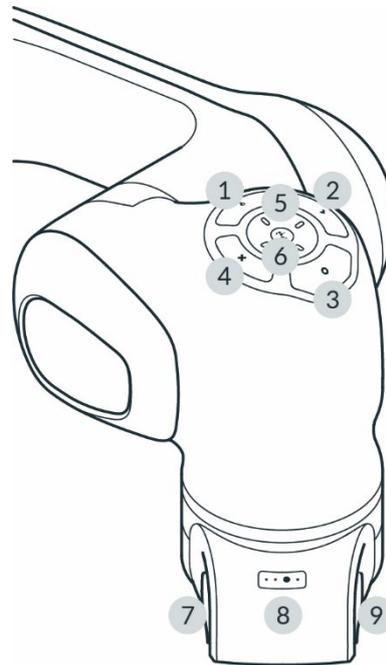


Abb.6.3 Pilot

1	Pilot-Modus-Taste	6	Statusanzeige
2	Bestätigungstaste	7	Zustimmtaste
3	Teachtaste	8	Handführ-Modus-Taste
4	Löschtaste	9	Handführ-Taste
5	Pfeiltasten		

Pilot

Der Pilot ist die direkt in den Arm integrierte Benutzerschnittstelle für die Handführung (auch Guiding genannt) des Roboters und die einfache Interaktion mit Endeffektoren und Desk. Der Pilot besteht aus Pilot-Bedienfeld (1-6) und Pilot-Griff (7-9).

Weitere Informationen zu Desk finden Sie im Abschnitt „Desk“ im Kapitel 13.6 „Franka UI“

Pilot-Bedienfeld (1-6)

Das Pilot-Bedienfeld ist Teil des Pilot's und wird zur Interaktion mit dem Robotersystem verwendet. Sie können zwischen der Steuerung des Arms oder des Endeffektors umschalten, indem Sie die Pilot-Mode-Taste (1) auf der Pilot-Disc drücken. Wählen Sie einzelne Apps aus, parametrieren Sie diese oder geben Sie Posen ein, indem Sie den Arm manuell in die gewünschte Pose führen und die Teachtaste (3) drücken.

Pilot-Griff (7-9)

Der Pilot-Griff befindet sich in der Nähe der Spitze des Roboters und ist Teil der Roboterstruktur. Am Pilot-Griff finden Sie eine Handführ-Taste, eine Zustimmtaste und eine Handführ-Modus-Taste.

Pilot-Modus-Taste (1)

Durch Drücken der Pilot-Modus-Taste (1) schaltet der Benutzer zwischen der Verwendung der Pfeiltasten des Pilot-Bedienfelds zur Navigation auf Desk und der Steuerung der integrierten Endeffektoren (z. B. Franka Hand) hin und her.

Bestätigungstaste (2)

Wenn die Bestätigungstaste leuchtet, werden alle Änderungen in einem Kontextmenü bestätigt und es wird zum nächsten Abschnitt gesprungen. Das Drücken der Bestätigungstaste speichert die getroffene Auswahl.

Teachtaste (3)

Speichern Sie eine Arm Pose oder eine Endeffektor Pose, indem Sie den Arm oder den Endeffektor in die gewünschte Konfiguration bringen und die Teachtaste drücken.

Löschtaste (4)

Wenn die Löschtaste leuchtet, wird eine ausgewählte Pose oder Abschnitt gelöscht.

Pfeiltasten (5)

Die Pfeiltasten können je nach Pilot-Modus entweder zur Navigation in Desk oder zur Steuerung der integrierten Endeffektoren verwendet werden. Im Endeffektormodus hängt die Tastenbelegung vom ausgewählten Endeffektor ab.

Zustimmtaste (7)

Die Zustimmtaste befindet sich auf der linken Seite des Pilot-Griffs und gibt, wenn sie in die mittlere Position gedrückt wird, die Roboterbewegung frei. Um den Roboter zu bewegen, drücken Sie die Zustimmtaste halb ein und halten Sie gleichzeitig die Handführ-Taste gedrückt. Die Zustimmtaste ist gemäß den Anforderungen von EN ISO 10218-1 sicherheitsbewertet. Die drei Schaltstellungen der Zustimmtaste stoppen den Roboter, geben ihn wieder frei oder bewegen ihn. Um den Roboter sofort anzuhalten, lassen Sie die Zustimmtaste los oder drücken Sie sie ganz ein. Lassen Sie die Taste nach dem Anhalten zunächst vollständig los und drücken Sie sie dann erneut in die mittlere Position, um den Roboter wieder freizugeben.



Abb.6.4 Schaltzustände Zustimmtaste

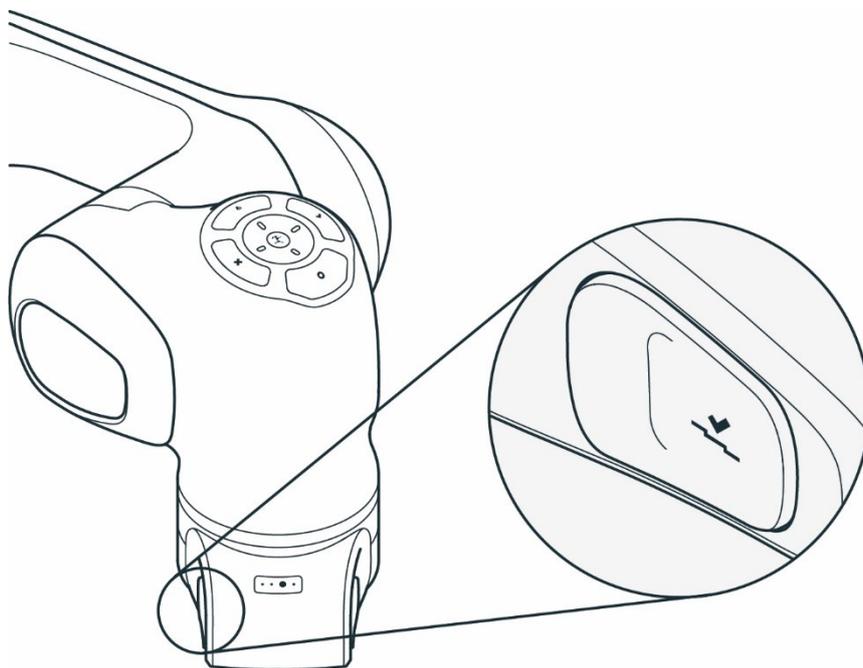


Abb.6.5 Zustimmtaste

Handführ-Modus-Taste (8)



Abb.6.6 Handführ-Modus-Taste

Die Handführ-Modus-Taste befindet sich auf der Oberseite des Pilot-Griffs und erlaubt dem Benutzer, durch Drücken der Taste zwischen verschiedenen Handführ-Modi zu wechseln. Die möglichen Handführ-Modi sind nur Translation, nur Rotation, freie Bewegungen und benutzerdefinierte Bewegung.

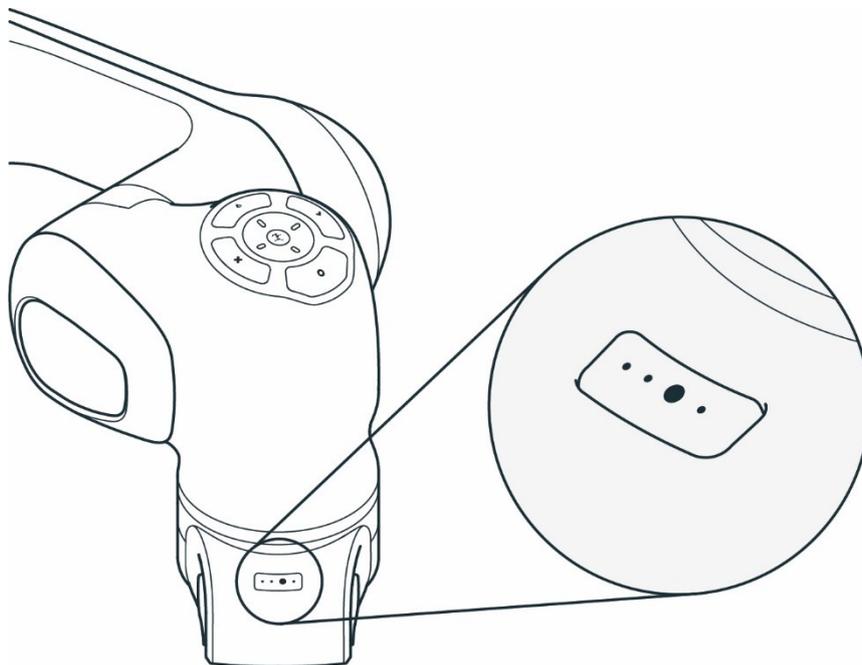


Abb.6.7 Handführ-Modus-Taste

Handführ-Taste (9)



Abb.6.8 Handführ-Taste

Die Handführ-Taste befindet sich am Pilot-Griff. Um den Roboter zu bewegen, drücken Sie die Handführ-Taste, während Sie gleichzeitig die Zustimmungstaste (7) halb gedrückt halten.

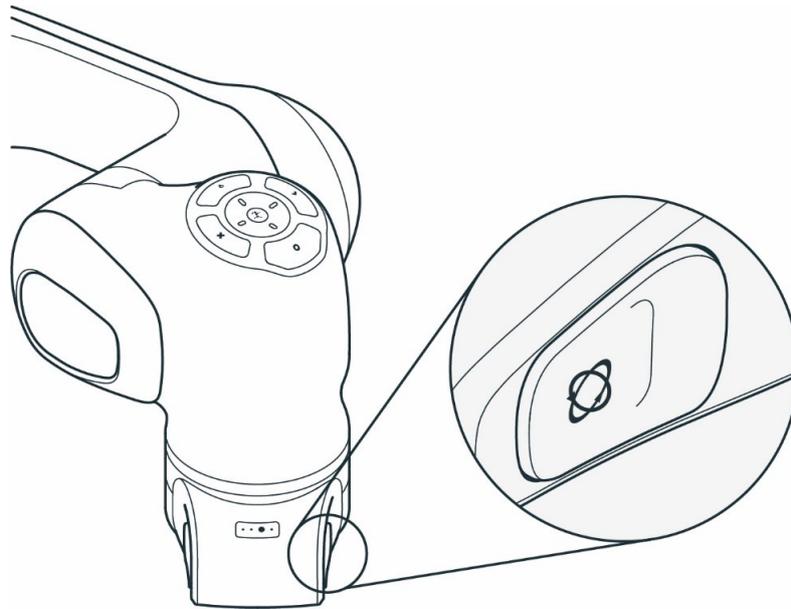


Abb.6.9 Handführ-Taste

Roboterfuß

Links

Rechts

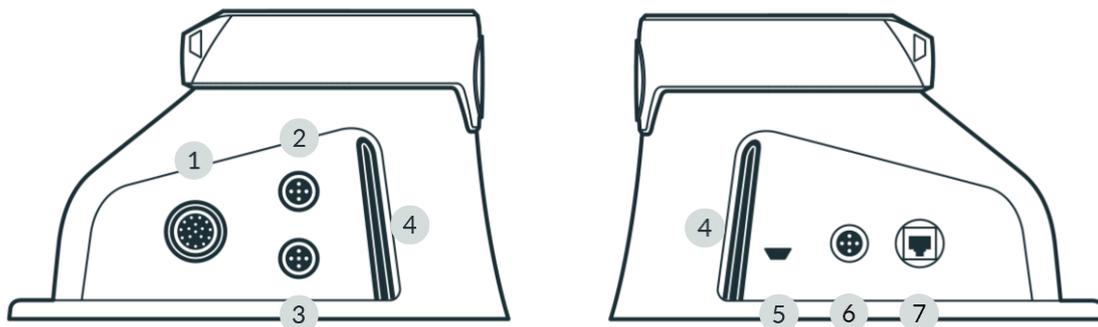


Abb.6.10 Anschlüsse am Roboterfuß

1	X1 - Anschluss der Steuerung	5	Einführöffnung für Notriegelungswerkzeug
2	X2 - Anschluss für Digitaleingänge/-ausgänge	6	X4 - Anschluss für externe Zustimmungseinrichtung
3	X3 - Anschluss für sichere Eingänge	7	X5 - Roboternetzwerkanschluss
4	Statusanzeige		

Am Roboterfuß befinden sich mehrere Anschlüsse, an die verschiedene Geräte angeschlossen werden können:

- X1 - Steuerung
- X2 - Digitaleingänge/-ausgänge
Der Anschluss verfügt über je zwei nicht sichere digitale Ein- und Ausgänge. Die Ein- und Ausgänge sind vom Robotersystem und anderen Schnittstellen am Roboter galvanisch getrennt. Die Funktion des physischen Anschlusses hängt von der jeweiligen Softwareversion ab.

- X3 – Sichere Eingänge
 - X3.1 – Not-Halt: Durch Drücken der Not-Halt-Einrichtung wird ein Stopp der Kategorie 1 ausgelöst, wodurch der Roboter angehalten und optional die Stromversorgung des Endeffektors unterbrochen wird. Das Verhalten kann in Watchman konfiguriert werden.
 - X3.2, X3.3 – (konfigurierbare) Sichere Eingänge: Der Anschluss X3 erlaubt zwei zusätzliche sichere Eingänge. Das Verhalten der Eingänge kann in Watchman konfiguriert werden. Weitere Informationen zu Watchman finden Sie im Abschnitt im Kapitel 12 „SICHERHEITSKONFIGURATION / “.
- X4 – Externe Zustimmung

Die externe 3-Positionen-Zustimmeinrichtung aktiviert „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb), wenn sich das System im Modus „Programming“ (Programmierung) befindet. Sie ermöglicht die Bewegung von Franka Research 3. Programme können über Desk gestartet werden.
- X5 – Roboternetzwerk

Das Bediengerät, auf dem die browserbasierte Franka UI ausgeführt wird, wird mit dem Ethernet-Anschluss X5 verbunden.

HINWEIS

Um die konfigurierbaren sicheren Eingänge (X3.2, X3.3) zu nutzen, muss ein kundenspezifischer Steckverbinder mit den entsprechenden Sicherheitssignalen konfektioniert werden. In diesem Fall kann die vorhandene Not-Halt-Einrichtung nicht mehr verwendet werden. Daher muss die Not-Halt-Funktion für den Kanal X3.1 in den kundenspezifischen Steckverbinder integriert werden.

HINWEIS

Standardmäßig sind in Watchman die sicheren Eingangskanäle X3.2 und X3.3 der Sicherheitsfunktion SMSS im Szenario „Work“ (Arbeiten) zugewiesen. Wenn an X3.2 und X3.3 keine externen Sicherheitseinrichtungen angeschlossen sind (nur die Not-Halt-Einrichtung von Franka Robotics ist mit X3.1 verbunden), werden diese Eingänge als „aktiviert“ betrachtet, d. h. es ist nicht möglich, den Roboter mit den Standardregeln des Szenarios „Work“ (Arbeiten) zu bewegen. Je nach der anwendungsspezifischen Risiko- und Gefährdungsanalyse können die Standardregeln so geändert werden, dass Roboterbewegungen unabhängig von X3.2 und X3.3 zulässig sind.

Endeffektorflansch

Endeffektoren, wie z. B. Franka Hand, können über den Endeffektorflansch angeschlossen werden. Der Endeffektorflansch wurde nach den einschlägigen Qualitätsstandards von DIN ISO 9409-1-A50 entwickelt. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 10.7 „Montieren von Endeffektoren“.

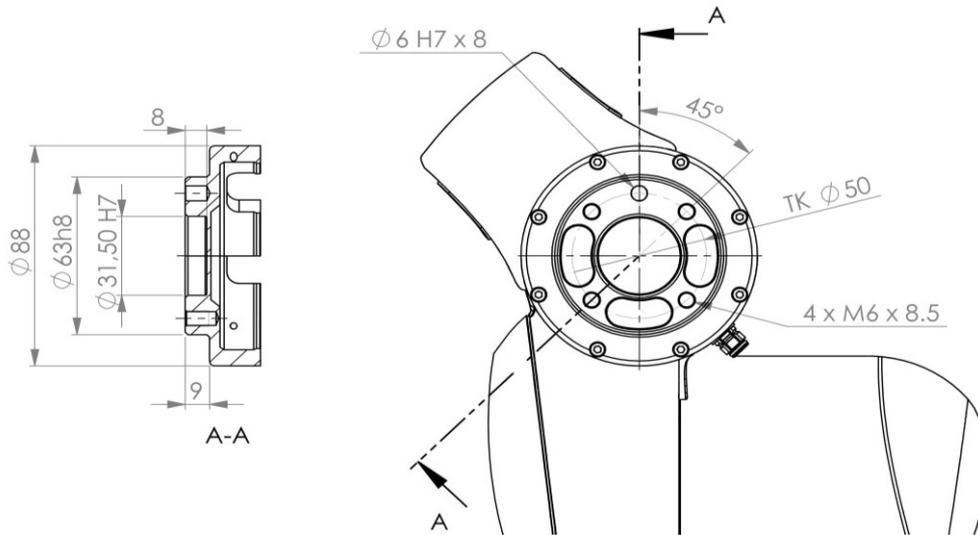


Abb.6.11 Endeffektorflansch

HINWEIS

Die Franka Hand ist nicht Teil der zertifizierten Maschine.

6.2 Steuerung

HINWEIS

Der Betrieb des Arms ist nur mit der von Franka Robotics zur Verfügung gestellten Steuerung erlaubt.

Die Steuerung ist die Hauptsteuereinheit und Teil von Franka Research 3. Die Hauptsteuereinheit ermöglicht die Überwachung und Steuerung der mechanischen Struktur des Roboters.

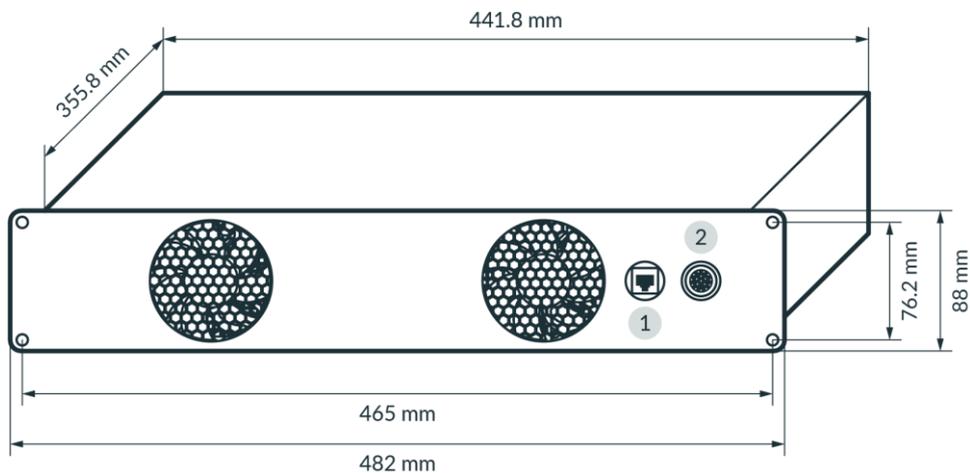


Abb.6.12 Abmessungen und Anschlüsse der Steuerung

1	C2 – MES-Netzwerkanschluss	2	C1 – Armanschluss
---	----------------------------	---	-------------------

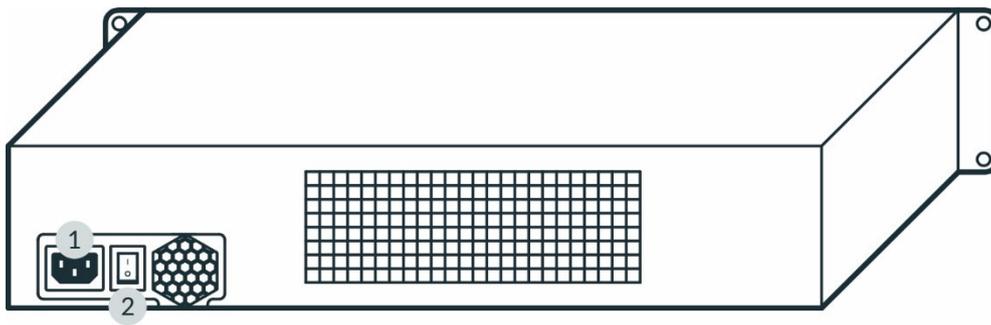


Abb.6.13 Rückseitige Anschlüsse

1	C3 - Netzanschluss	2	Netzschalter
---	--------------------	---	--------------

Installation

Die Steuerung passt in ein 2HE 19"-Rack.

7 LIEFERUMFANG UND ZUSÄTZLICHE AUSRÜSTUNG

7.1 Im Lieferumfang enthalten

Arm

- 1x Arm
- 1x Notentriegelungswerkzeug
- 4x Schraube (ISO 4762, M8x20, ST 10.9 A2K)
- 4x Unterlegscheibe (ISO 7089, M8, ST HV300 A2K)
- 1x Schraube (ISO 4762, M5x8, ST 8.8 A2K)
- 1x Zahnscheibe (DIN 6797-A, M5, ST A2K)
- 1x Quick Guide for Installation FR3 (Dok.-Nr.: R02040)



Abb.7.1 Lieferumfang Arm

Steuerung

- 1x Steuerung
- 1x länderspezifisches Netzkabel



Abb.7.2 Lieferumfang Steuerung

Geräte

- 1x externe Zustimmungseinrichtung
- 1x Not-Halt-Einrichtung



Abb.7.3 Lieferumfang Zusatzgeräte

Zubehör

- 1x Verbindungskabel



Abb.7.4 Lieferumfang Verbindungskabel

7.2 Nicht im Lieferumfang enthalten

Weiteres Zubehör, z. B. ein Cobot-Vakuum-Erzeuger, finden Sie unter <https://franka.world/>.

Die folgenden Geräte sind nicht enthalten:

- Bediengerät
 - Tablet/Notebook/PC
Das Bediengerät sollte mit einem Browser (Chrome, Edge oder Firefox), einem Ethernet-Anschluss und idealerweise mit Touchfunktion ausgestattet sein.
- Material
 - Ethernet-Kabel mit RJ45-Stecker zum Anschluss des Bediengeräts am Arm
 - Ethernet-Kabel mit RJ45-Stecker für die optionale Verbindung der Steuerung mit dem Firmennetzwerk oder dem Workstation-PC
 - Befestigungsmittel (empfohlen von Franka Robotics): 2x Zylinderstift 6 mm h8 für präzise Armmontage, falls zutreffend
 - Grundplatte zur Armmontage (je nach Grundplatte werden unterschiedliche Schrauben und Unterlegscheiben benötigt, siehe Tabelle in Kapitel 9.4 „Montieren des Arms“)
 - Funktionserdekabel mit Öse
- Werkzeug
 - Innensechskantschlüssel zur Befestigung des Arms an der Grundplatte
 - Schraubendreher für den Anschluss des Funktionserdekabels
 - Wasserwaage zur Gewährleistung der horizontalen Installation des Arms
 - Drehmomentschlüssel zum Anziehen der Schrauben mit 30 Nm

7.3 Verfügbare Ersatzteile und Zubehör

Verfügbare Ersatzteile für Franka Research 3 sind unter anderem:

- Arm
- Steuerung inkl. länderspezifischem Netzkabel
- Externe Zustimmungseinrichtung
- Not-Halt-Einrichtung
- Verbindungskabel (2,5 m, 5 m oder 10 m)
- Notentriegelungswerkzeug
- Franka Hand (nicht Teil der zertifizierten Maschine)
- Cobot-Pump (nicht Teil der zertifizierten Maschine)

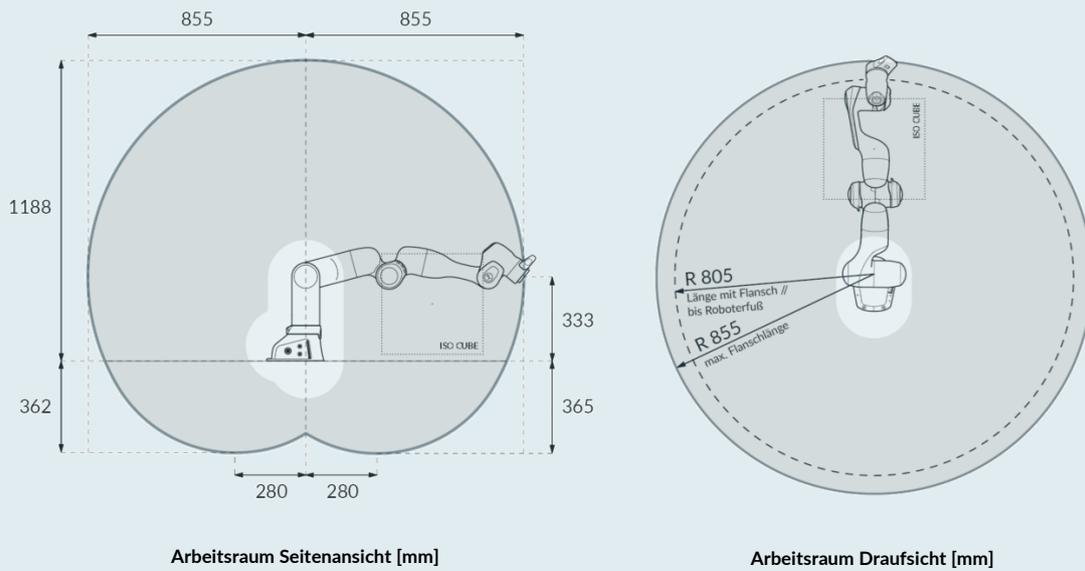
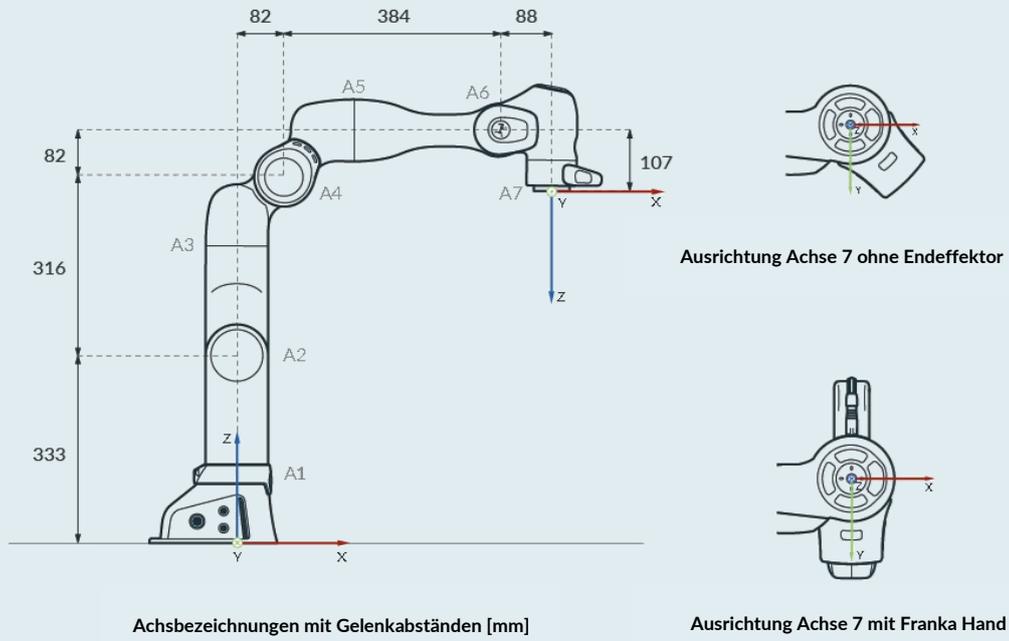
8 TECHNISCHE DATEN

ARM				
Achsen	7		Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> Ethernet (TCP/IP) für intuitive visuelle Programmierung mit Desk Sicherheitsbewertete Eingänge für Not-Halt und externe Zustimmungseinrichtung 2 konfigurierbare sicherheitsbewertete Eingänge für Schutzvorrichtungen oder andere Schutzgeräte (OSSD-Geräte über externen OSSD-Konverter anschließbar) Hardware vorbereitet für 2x DI und 2xDO (24V, isoliert, Typ-3-Eigenschaften nach EN61161, Abtastrate 100Hz) Controller Anschluss Endeffektor Anschluss
Nutzlast	3 kg			
Maximale Reichweite	855 mm			
Kraft-/Drehmomentmessung	Gelenkseitiger Drehmoment-sensor in allen 7 Achsen			
Gelenkpositionsgrenzen	A1, A3	-166° / 166°		
	A2	-105°/105°		
	A4	-176°/-7°		
	A5	-165°/165°		
	A6	25°/265°		
Montageflansch	DIN ISO 9409-1-A50			
Montageposition	aufrecht		Benutzerschnittstellen am Pilot-Griff des Arms	<ul style="list-style-type: none"> Integrierte, sicherheitsbewertete Zustimmungstaste Handführ-Taste Handführ-Modus-Taste
Gewicht	ca. 17,8 kg			
Schutzart	IP40			
Umgebungstemperatur	+5°C bis +45°C		Benutzerschnittstelle auf dem Pilot-Bedien-Feld des Arms	<ul style="list-style-type: none"> Statusanzeige Pilot-Modus-Taste Pfeiltasten, Teachtaste, Bestätigungstaste, Löschtaste
Luftfeuchtigkeit	20-80%, nicht kondensierend			
STEUERUNG		PERFORMANCE		
Steuerungsabmessungen (19")	483 x 355 x 89 mm (B x T x H)		Bewegung	
Versorgungsspannung	100-240 V AC		Gelenkgeschwindigkeitsgrenzen	A1-A4: 150°/s
Netzfrequenz	50-60 Hz			A5-A7: 301°/s (bei FCI A6: 239°/s)
Leistungsaufnahme	ca. 80 W		Kartesische Geschwindigkeitsgrenzen	Bis zu 2 m/s (Endeffektor-geschwindigkeit)
Aktiver Leistungsfaktorkorrekturfilter (PFC)	Ja		Punkt wiederholgenauigkeit ¹	< ±0,1 mm (ISO9283)
Gewicht	ca. 7 kg		Interaktion	
Schutzart	IP20		Handführungskraft	ca. 2,5 N
Umgebungstemperatur	+5 °C bis +45 °C		Einstellbare Translationssteifigkeit	10-3000 N/m
Luftfeuchtigkeit	20-80 %, nicht kondensierend		Einstellbare Rotationssteifigkeit	1-300 Nm/rad
Zulässige Einbaulage	Horizontal		Überwachte Signale	Gelenkposition, Geschwindigkeit, Drehmoment, kartesische Position, Kraft

¹ Die genannten Werte beziehen sich auf einen Arbeitsraum von 0,4 x 0,4 x 0,4 m mit [0,498/0,0/0,226]m als Mittelpunkt gemessen, wobei die Z-Achse des Flansches parallel zur Erdschwerkraft ausgerichtet und der Ellbogen nach oben gerichtet ist (basiert auf ISO 9283, Anhang A).

Schnittstellen		ZUBEHÖR	
Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> Ethernet (TCP/IP) für Anbindung an Internet oder MES-Netzwerkanschluss Kaltgerätestecker IEC 60320 C14 (V-Lock) Armanschluss 	Vollintegrierte Endeffektoren	<ul style="list-style-type: none"> 2-Finger-Greifer Vakuumgreifer
		Feldbusse	<ul style="list-style-type: none"> Modbus/TCP OPC UA
EXCLUSIV			
Forschungsschnittstelle	1kHz Franka Control Interface (FCI)		
SICHERHEIT			
Zertifizierungen			
EN ISO 13849-1:2015 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen		Zertifiziert durch TÜV SÜD Product Service	
Kollaborative Betriebsmodi			
Sicherheitsbewerteter überwachter Halt		vollintegriert in PLd / Kat. 3	
Handführung		vollintegriert in PLd / Kat. 3	
Sicherheitsbewertete Geschwindigkeits – und Abstandüberwachung		Umsetzbar in Kombination mit externen Schutzeinrichtungen bis zu PLd / Kat. 3	
Sicherheitsparametrisierung und -validierung			
Watchman		Benutzerschnittstelle zur Einstellung und Validierung sicherheitsbezogener Parameter	
Benutzerverwaltung		Rollenbasierte Zugriffsverwaltung	
Sicherheitsfunktionen			
Not-Halt (x3.1)		PLd / Kat. 3	
Externe Zustimmungseinrichtung (x4)		PLd / Kat. 3	
Zustimmtaste		PLd / Kat. 3	
Zwei konfigurierbare sicher Eingänge (x3.2 und x3.3)		PLd / Kat. 3	
SLP-C: Sicher begrenzte kartesische Position		PLd / Kat. 3 FCI kann den Roboter nicht steuern, wenn SLP-C aktiv ist.	
SLS-C: Sicher reduzierte kartesische Geschwindigkeit		PLd / Kat. 3 FCI kann den Roboter nicht steuern, wenn SLS-J aktiv ist.	
SLP-J: Sicher begrenzter Gelenkwinkel		PLd / Kat. 3 FCI kann den Roboter nicht steuern, wenn SLP-J aktiv ist.	
SLS-J: Sicher begrenzte Gelenkgeschwindigkeit		PLd / Kat. 3	
SLD: Sicher begrenzte Entfernung		PLd / Kat. 3	
SEEPO: Sichere Endeffektor-Abschaltung		PLb / Kat. b	
Haltefunktionen			
Stopp der Kategorie 0		PLd / Kat. 3	
Stopp der Kategorie 1		PLd / Kat. 3	
Stopp der Kategorie 2		PLd / Kat. 3	
Sichere kartesische Positionsgenauigkeit im ungünstigsten Fall bei Stoppfunktion		50 mm	
Sicherheitsangaben entsprechend der EN ISO 13849-1			
PFH für PLd / Kat. 3 Sicherheitsfunktion (Ausfallwahrscheinlichkeit je Stunde)		$< 1 \times 10^{-7}$	
PFH für PLb / Kat. b Sicherheitsfunktion (Ausfallwahrscheinlichkeit je Stunde)		$< 1 \times 10^{-7}$	

ABMESSUNGEN UND ARBEITSRAUM



HINWEIS

Die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls pro Stunde (PFH) wurde bei 40°C ermittelt. Die Sicherheitseinstufung gilt jedoch für alle Funktionen innerhalb des Temperaturbereichs, auch für den erweiterten Temperaturbereich.

Werden die Werte für die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls des Systems pro Stunde zur Berechnung herangezogen, ist die Temperatur zu berücksichtigen.

Für weitere Informationen über die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls pro Stunde wenden Sie sich unter support@franka.de an Franka Robotics.

9 TRANSPORT UND HANDHABUNG

WARNUNG

Hohes Gerätegewicht

Aufgrund des Eigengewichts und der Geometrie kann das Anheben und Handhaben des Geräts zu Rückenverletzungen und im Falle eines Herabfallens zu schweren Verletzungen an Fingern, Händen, Zehen und Füßen führen.

- Tragen Sie beim Transport, bei der Montage oder Demontage dieser Geräte stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Die Geräte müssen so auf ebenen Oberflächen platziert werden, dass ein Kippen oder Rutschen verhindert wird.
- Beachten Sie die betrieblichen Vorschriften zum Heben von Lasten und zur persönlichen Schutzausrüstung.

WARNUNG

Beschädigte Komponenten

Elektrische Risiken können schwere Verletzungen zur Folge haben.

- Prüfen Sie, ob die Verpackung in einwandfreiem Zustand ist und ihre Schutzfunktion erfüllt
- Prüfen Sie Kabel, Stecker und das mechanische Gehäuse auf Risse und gebrochene Isolierungen.
- Verwenden Sie für den Betrieb nur unbeschädigte Kabel, Stecker und mechanische Gehäuse. Wenden Sie sich im Zweifelsfall an Franka Robotics.

HINWEIS

Sachschaden an Arm und Steuerung

Mechanische Stöße können zur Beschädigung der empfindlichen elektromechanischen Komponenten in Arm und Steuerung führen oder bewirken, dass diese nicht länger kalibriert sind.

- Vermeiden Sie Stöße.
- Stellen Sie die Geräte vorsichtig ab.
- Lagern und transportieren Sie Geräte immer in der Originalverpackung, auch beim Transport über nur kurze Strecken.

HINWEIS

Sachschaden an Arm, Endeffektoren und Gegenständen im maximalen Raum

Empfindliche elektromechanische Komponenten in Arm und Endeffektoren können beschädigt werden, wenn Endeffektoren mit dem Arm verbunden sind und der Arm in die Packpose gebracht wird.

- Demontieren Sie alle Endeffektoren, bevor Sie den Arm in die Packpose bringen.
- Lassen Sie keine losen Gegenstände im maximalen Raum zurück.

9.1 Umgebungsbedingungen für Lieferung und Transport

Das System kann in einem Temperaturbereich von -25 °C bis $+70\text{ °C}$ gelagert und transportiert werden.

Handhabung und Heben

Heben Sie den Arm immer an den zum Heben vorgesehenen Positionen an (siehe Grafik unten), um die Armgelenke bei der Handhabung und beim Heben nicht zu überlasten. Insbesondere darf der Arm nicht in ausgestreckter Position so getragen werden, dass jeweils eine Person ein Ende des Arms hält.

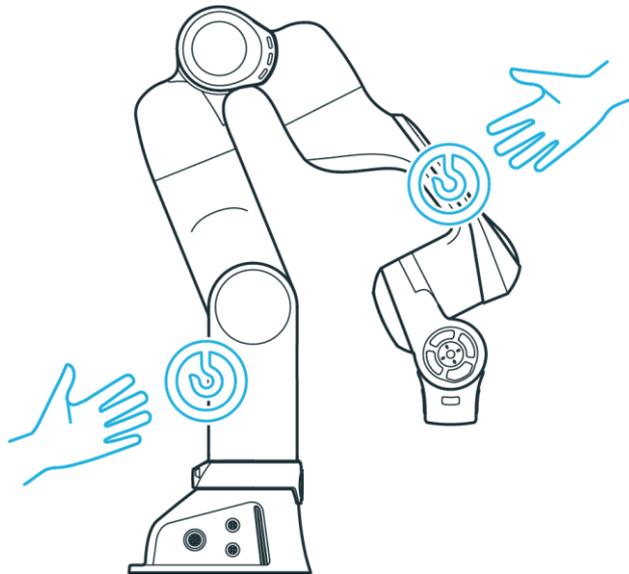


Abb.9.1 Positionen zum Anheben

HINWEIS

Sachschaden am Arm

Das gewaltsame Bewegen des Arms im gesperrten Zustand führt zu einem Verrutschen interner Teile und in der Folge zu Beschädigungen des Arms oder dazu, dass der Arm nicht länger kalibriert ist.

- Bewegen, heben und transportieren Sie den Arm nur an den in diesem Handbuch angegebenen Stellen, um eine Überlastung der Armgelenke zu vermeiden.
- Der Arm muss auch beim Einrichten und Ein- und Ausschalten schonend behandelt werden.

HINWEIS

Stellen Sie sich nicht auf den Arm und stützen Sie sich nicht auf dem Arm ab.

NOTICE

Beachten Sie das Gesamtgewicht.

Das Gesamtgewicht des Armes beträgt ca. 17,8 kg

10 MONTAGE UND INSTALLATION

⚠️ WARNUNG

Hohes Gerätegewicht

Aufgrund des Eigengewichts und der Geometrie kann das Anheben und Handhaben des Geräts zu Rückenverletzungen und im Falle eines Herabfallens zu schweren Verletzungen an Fingern, Händen, Zehen und Füßen führen.

- Tragen Sie beim Transport, bei der Montage oder Demontage dieser Geräte stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Heben Sie das Gerät immer mit Hilfe einer zweiten Person an.
- Die Geräte müssen so auf ebenen Oberflächen platziert werden, dass ein Kippen oder Rutschen verhindert wird.
- Beachten Sie die betrieblichen Vorschriften zum Heben von Lasten und zur persönlichen Schutzausrüstung.

HINWEIS

Bevor Sie das System montieren und installieren, lesen Sie die Kapitel 4 „SICHERHEIT2 und 9 „TRANSPORT UND HANDHABUNG“ sorgfältig durch.

HINWEIS

Der Arm steht nicht stabil, wenn er nicht am Roboterfuß mit der Grundplatte verschraubt ist.

Übersicht über die von Steuerung und Arm bereitgestellten Schnittstellen

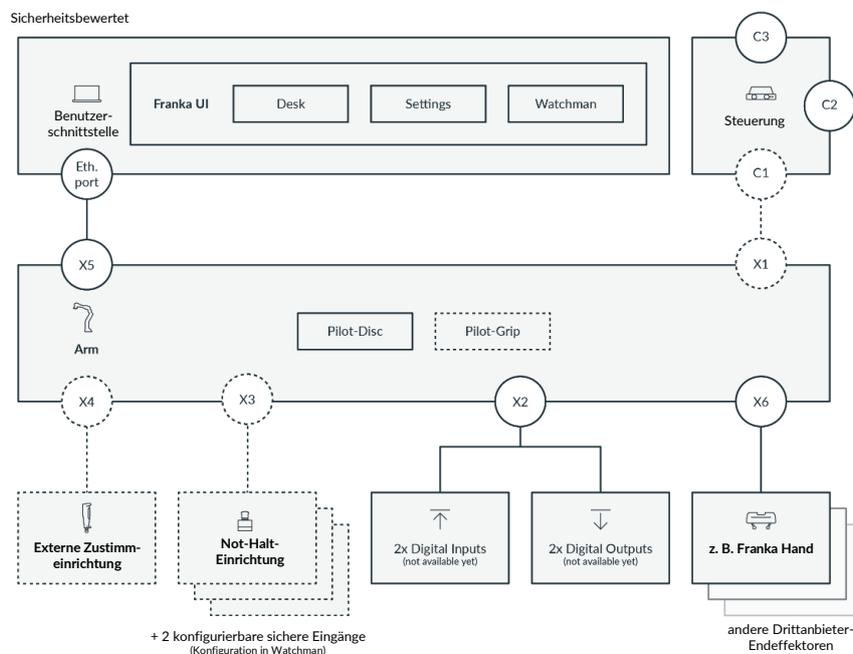


Abb.10.1 Übersicht Schnittstellen

10.1 Auspacken der Ausrüstung

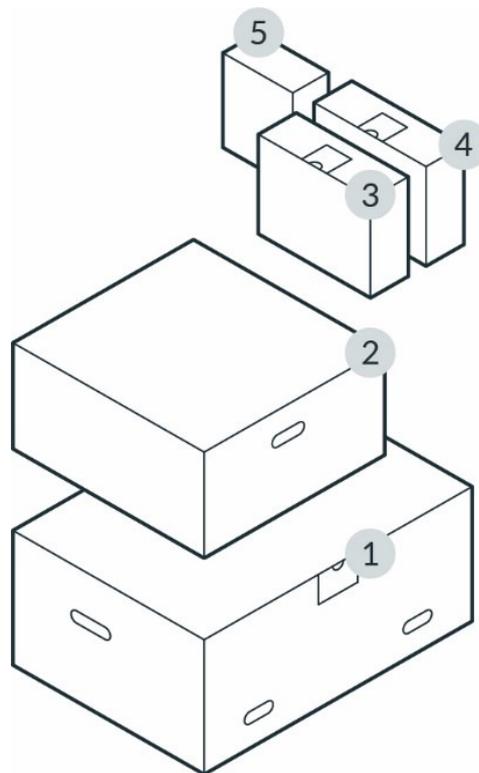


Abb.10.2 Verpackung

1	Arm	4	Not-Halt-Einrichtung und externe Zustimmungseinrichtung
2	Steuerung	5	Optionale Ausrüstung (z. B. Franka Hand)
3	Verbindungskabel		

HINWEIS

Bewahren Sie immer die Originalverpackung auf, falls Sie den Roboter an einen anderen Standort transportieren wollen.

Entnehmen der Kartons

Vorgehensweise

1. Nehmen Sie den oberen Deckel des äußeren Kartons ab.

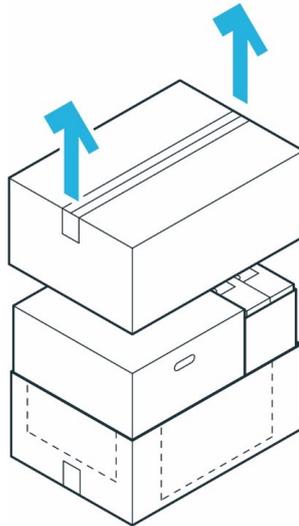


Abb.10.3 Auspacken Hauptkarton

2. Heben Sie die oberen inneren Kartons an und legen Sie sie beiseite.

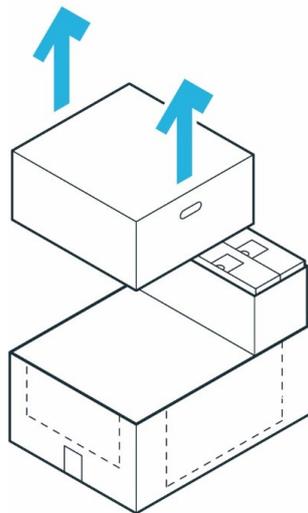


Abb.10.4 Entnehmen Einzelkartons

3. Ziehen Sie den äußeren Karton auseinander, um an den unteren inneren Karton zu gelangen.

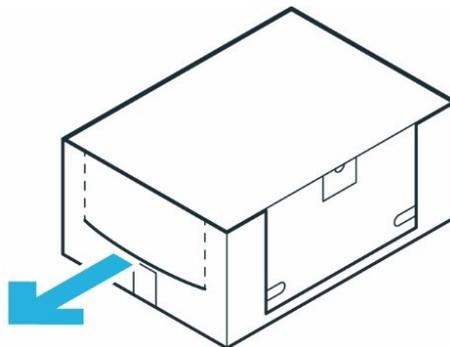


Abb.10.5 Innere Kartons

Auspacken des Arms

Vorgehensweise

1. Öffnen Sie den Karton vorsichtig, indem Sie die Klebestreifen auf der Oberseite entfernen.
2. Öffnen Sie die Folie.
3. Nehmen Sie die obere Schutzschicht heraus.

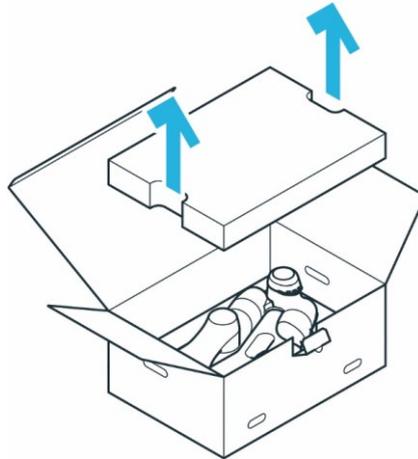


Abb.10.6 Öffnen des Kartons vom Arm

4. Nehmen Sie die mittlere Schutzschicht heraus.

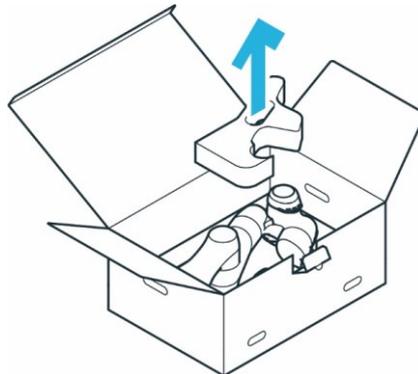


Abb.10.7 Auspacken Arm

5. Fassen Sie den Arm vorsichtig an den angezeigten Greifpositionen, heben Sie ihn aus der unteren Schutzschicht und legen Sie ihn beiseite.

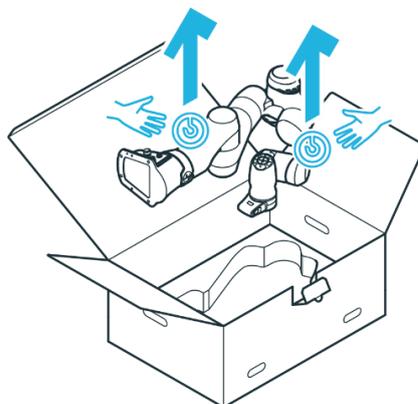


Abb.10.8 Arm herausheben

Auspacken der Steuerung

Vorgehensweise

1. Öffnen Sie den Karton vorsichtig, indem Sie die Klebestreifen auf der Oberseite entfernen.
2. Öffnen Sie die Folie.
3. Nehmen Sie das Netzkabel und den oberen Deckel heraus.

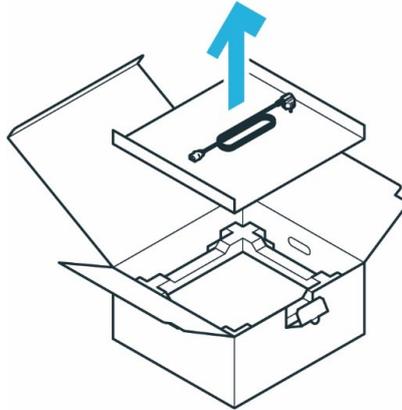


Abb.10.9 Karton Steuerung öffnen

4. Nehmen Sie die obere Schutzschicht heraus.

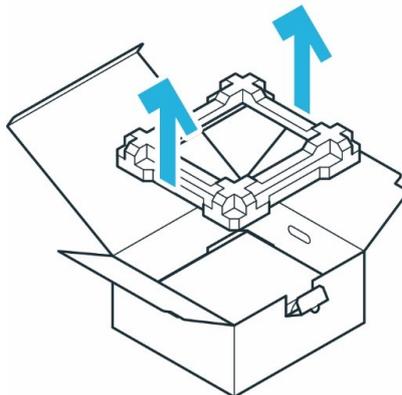


Abb.10.10 Verpackung entfernen

5. Fassen Sie die Steuerung vorsichtig an den angezeigten Greifpositionen, heben Sie sie aus der unteren Schutzschicht und legen Sie sie beiseite.

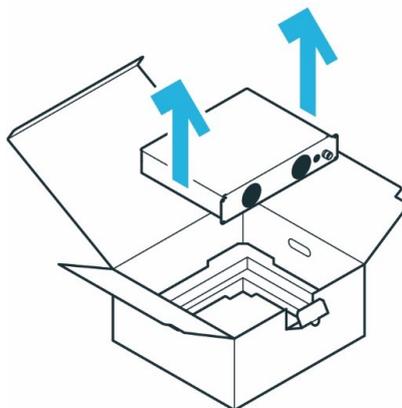


Abb.10.11 Steuerung herausheben

10.2 Geeigneter Aufstellungsort

10.2.1 Maximaler Raum und Schutzbereich

Einteilung der Bereiche

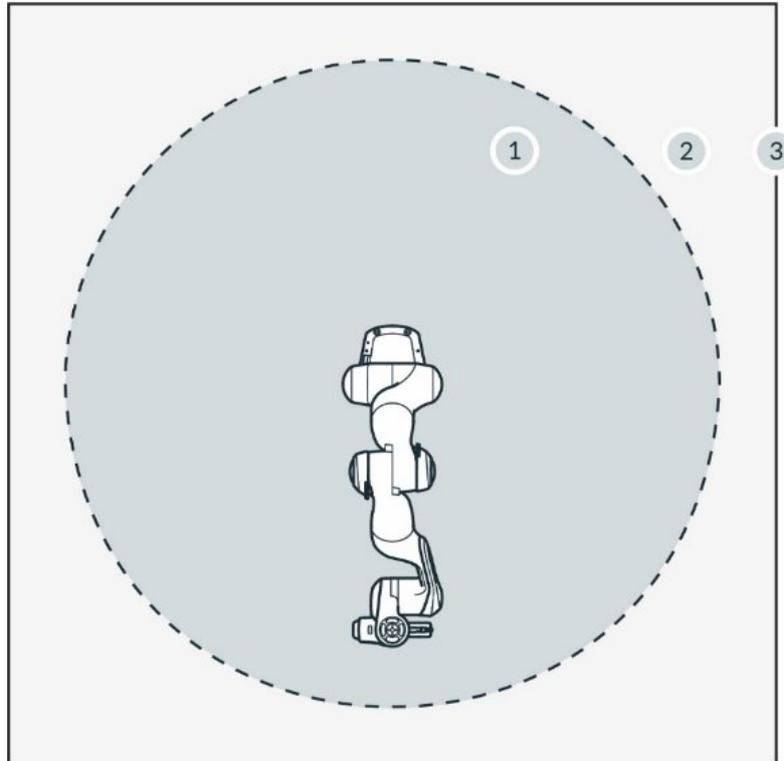


Abb.10.12 Einteilung der Bereiche

1	Maximaler Raum	3	Umgebende Schutzvorrichtungen
2	Schutzbereich		

- **Maximaler Raum**
Raum, der von den beweglichen Teilen des Roboters überstrichen werden kann, zzgl. des Raums, den der Endeffektor und das Werkstück überstreichen können
- **Schutzbereich**
Definiert durch die umgebenden Schutzvorrichtungen (siehe Grafik)

HINWEIS

Mindern Sie das Risiko eines ungewollten Zusammenstoßes mit einem sich unerwartet bewegenden Arm mithilfe der bereitgestellten Sicherheitsfunktionen. Überwachungsfunktionen werden nur bei einem Verstoß ausgelöst. Der Sicherheitsintegrator ist verpflichtet, Anhaltezeiten, Wege und Toleranzen zu berücksichtigen.

HINWEIS

Die anwendungsspezifische Risikoanalyse kann bei einigen Anwendungen einen Gefährdungsbereich definieren, der größer ist als der maximale Raum.

10.2.2 Umgebungsbedingungen: Arm

Zulässige Bedingungen am Aufstellungsort

Umgebungstemperatur

- +15 °C bis +25 °C (normal)
- +5 °C bis +45 °C (erweitert)

Relative Luftfeuchtigkeit

- 20–80 %, nicht kondensierend

Aufstellungsort

- Im Innenbereich, in geschlossenen Gebäuden
- Geschützt vor direktem Sonnenlicht
- Keine Vibrationen, keine Schwingungen begünstigende Fundamente
- Magnetische Felder sind nur im angegebenen Spezifikationsbereich zulässig; siehe Kapitel 4.2 „Haftungshinweis“.

Ausrichtung der Anlage

- Arm darf nur senkrecht installiert werden (Roboterfuß waagrecht zur Erdoberfläche, kein hängender Arm)

Umgebungsmedium

- Luft
- Frei von brennbaren Stoffen (Staub, Gas, Flüssigkeit)
- Frei von aggressiven Medien
- Frei von ätzenden Stoffen
- Frei von umherfliegenden Teilen
- Frei von Sprühflüssigkeiten
- Frei von Druckluftströmen

Verschmutzungsgrad

- Grad 2 (nach EN 60664)
- Es tritt nur nicht leitfähige Verschmutzung auf; gelegentlich muss jedoch mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden

Aufstellhöhe

- ≤ 2.000 m über dem Meeresspiegel

Elektromagnetische Verträglichkeit

- Die Umgebungsbedingungen müssen denen allgemeiner Industrieumgebungen nach EN 61000-6-4 entsprechen, da das System für die entsprechende Störfestigkeit nach EN 61000-6-2 ausgelegt ist

HINWEIS

Um die Sicherheitsfunktionen des Systems nicht zu gefährden, ist Verschmutzungsgrad 2 nach EN 60664 zu beachten.

Ausreichende Belüftung

HINWEIS

Die von der Leistungselektronik und den Modulen im Inneren des Arms erzeugte Wärme wird über die Oberfläche des Arms abgeführt.

- Stellen Sie den Arm an einem ausreichend belüfteten Ort auf.
- Setzen Sie den Arm nicht direktem Sonnenlicht aus.
- Der Arm darf nicht neu lackiert, beklebt oder umhüllt werden.

Ergonomie

HINWEIS

Um eine Überhitzung zu vermeiden, schaltet sich das System ab, wenn es den erweiterten Temperaturbereich überschreitet. Der Benutzer wird hierüber in der Franka UI informiert.

Befolgen Sie die weiteren Anweisungen in der Franka UI.

HINWEIS

Um eine Überhitzung der Motoren zu vermeiden, schaltet das System ab, wenn die internen Sensoren eine Übertemperatur in den Wicklungen feststellen. Der Benutzer wird hierüber in der Franka UI informiert.

Befolgen Sie die weiteren Anweisungen in der Franka UI.

HINWEIS

Installieren Sie den Arm in einer ergonomischen Teachposition.

10.2.3 Umgebungsbedingungen: Steuerung

Zulässige Bedingungen am Aufstellungsort

Umgebungstemperatur

- +15 °C bis +25 °C (normal)
- +5 °C bis +45 °C (erweitert)

Relative Luftfeuchtigkeit

- 20–80 %, nicht kondensierend

Aufstellungsort

- Im Innenbereich, in geschlossenen Gebäuden
- Geschützt vor direktem Sonnenlicht
- Keine Vibrationen
- Magnetische Felder sind nur im angegebenen Spezifikationsbereich zulässig; siehe Kapitel 4.2 „Haftungshinweis“.
- Das Gehäuse muss mindestens der Schutzart IP4X oder IPXXD entsprechen, wenn es sich an Orten befindet, die für alle Personen zugänglich sind

Einbaulage

- Gerät darf nur waagrecht zur Erdoberfläche installiert werden
- Einbau in Befestigungswinkeln, z. B. unter Tischen
- Einbau in Schaltschränken (2U, 4HP)

Energieversorgung

- Bei Integration in ein System für eine stabile Energieversorgung sorgen, die bei Abschaltung der Energieversorgung das Herunterfahren der Steuerung ermöglicht.

Umgebungsmedium

- Luft
- Frei von brennbaren Stoffen (Staub, Gas, Flüssigkeit)
- Frei von aggressiven Medien
- Frei von ätzenden Stoffen
- Frei von umherfliegenden Teilen
- Frei von Sprühflüssigkeiten
- Frei von Druckluftströmen

Verschmutzungsgrad

- Grad 2 (nach EN 60664)
- Es tritt nur nicht leitfähige Verschmutzung auf; gelegentlich muss jedoch mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden

Aufstellhöhe

- ≤ 2.000 m über dem Meeresspiegel

HINWEIS

Wenn die Steuerung nicht für alle Personen zugänglich ist, ist nur der Verschmutzungsgrad 2 relevant und sicherzustellen.

HINWEIS

Um die Sicherheitsfunktionen des Systems nicht zu gefährden, ist Verschmutzungsgrad 2 nach EN 60664 zu beachten.

Das oben genannte Gehäuse ist nicht geeignet, um vor höheren Verschmutzungsgraden zu schützen. Hier ist eine noch höhere Schutzart erforderlich.

10.3 Vorbereiten des Aufstellungsorts

Geeigneter Aufstellungsort

Bereiten Sie vor der Installation den Aufstellungsort vor, siehe Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“.

⚠️ WARNUNG

Fehlfunktionen und unerwartete Bewegungen aufgrund unsachgemäßer Aufstellung

Gefahr schwerer Verletzungen, z. B. Quetschen von Fingern, Händen, Oberkörper, Kopf.

- Schalten Sie den Roboter erst dann ein, wenn der Arm richtig auf dem Untergrund montiert ist.
- Montieren Sie den Arm nur auf ebenen, unbeweglichen und stabilen Untergründen. Der Untergrund darf keine Beschleunigungen und Vibrationen übertragen.

- Montieren Sie den Arm nicht auf hängenden, geneigten oder unebenen Untergründen.
- Nivellieren Sie den Untergrund und montieren Sie den Roboter in aufrechter Position.
- Ziehen Sie die Schrauben nach 100 Betriebsstunden mit dem richtigen Anzugsmoment nach.

10.3.1 Arm

Entlastung

Wenn Franka Research 3 im erweiterten Temperaturbereich betrieben wird, muss der Benutzer möglicherweise die dynamischen Parameter (Beschleunigung, Höchstgeschwindigkeit usw.) reduzieren, um eine Überhitzung des Systems und seiner Komponenten zu vermeiden. Andernfalls stellt Franka Research 3 seinen Betrieb ein.

Stabiler Untergrund

Der Arm ist mit hochempfindlicher Sensortechnologie und fein abgestimmten Regelalgorithmen ausgestattet. Der Regelalgorithmus erfordert die aufrechte Aufstellung auf einem stabilen, nivellierten, feststehenden und nicht vibrierenden Untergrund. Der maximal zulässige Neigungswinkel beträgt 0,1°.

Im statischen und dynamischen Betrieb müssen folgende Maximalkräfte von der Montageebene aufgenommen werden können:

- Kippmoment: 280 Nm
- Drehmoment um Achse: 190 Nm
- Horizontale Kraft: 300 N
- Vertikale Kraft: 410 N

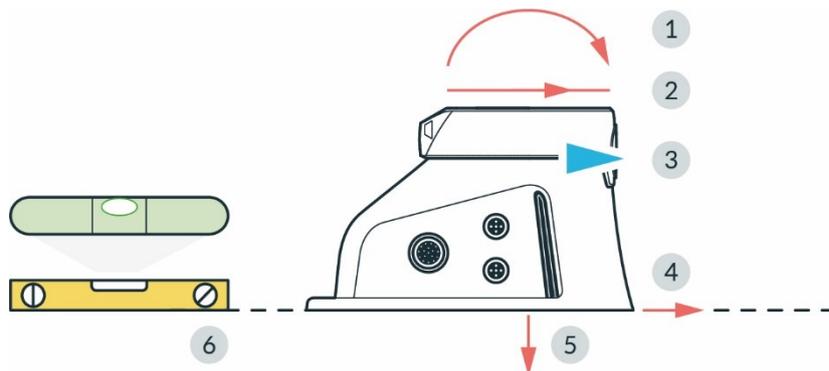


Abb.10.13 Vorbereitung der Armbefestigung

1	Kippmoment	4	horizontale Kraft
2	Drehmoment um Achse	5	vertikale Kraft
3	vorne	6	ebene Oberfläche

Vorbereiten der Grundplatte

Erforderliches Material

- Detailliertes Montagekonzept für die Grundplatte

Vorgehensweise

- Verwenden Sie zur Positionierung der Löcher die technische Zeichnung.

HINWEIS

Beachten Sie die Position des Arms in der technischen Zeichnung und richten Sie ihn entsprechend auf der Grundplatte aus.

Die Lochabstände sind so ausgelegt, dass sie mit flexiblen Montageteilen von ITEM kompatibel sind. Zwei Bohrungen für Spannstifte ($\varnothing 6\text{ H7}$) im Montageflansch ermöglichen eine genaue, wiederholbare Montage des Arms mit 2x $\varnothing 6\text{h8}$ -Stiften (siehe Tabelle in Kapitel 10.4 „Montieren des Arms“).

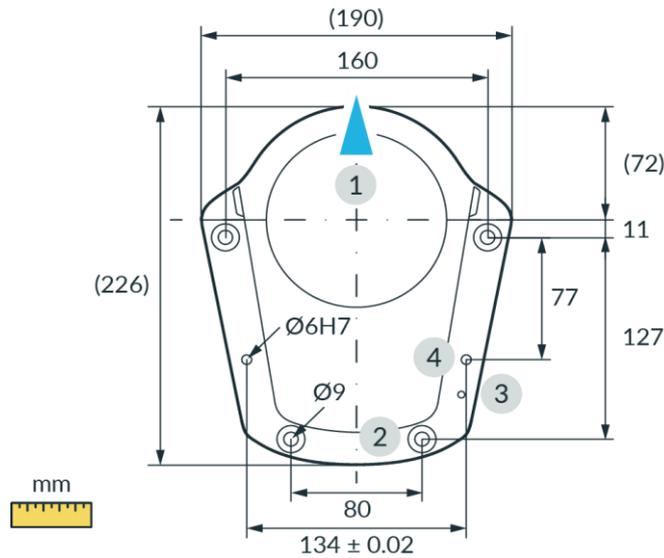


Abb.10.14 Bohrbild

1	vorne	3	Gewinde für Funktionserde M5
2	Bohrungen für M8-Schrauben	4	Bohrungen für Passstifte $\varnothing 6\text{H7}$

10.3.2 Steuerung

Aufstellort

Stellen Sie die Steuerung waagrecht an ihrem vorgesehenen Platz.

Alternative:

Bauen Sie die Steuerung in ein für 19-Zoll-Geräte ausgelegtes Rack ein. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“.

HINWEIS

Der Netzanschluss muss über ein geeignetes Gerät erfolgen, z. B. über das mitgelieferte länderspezifische Kabel.

Vergewissern Sie sich, dass die Netzversorgung und der Hauptschalter leicht zugänglich sind.

Ausreichende Belüftung

HINWEIS

Die von der Leistungselektronik und den Modulen im Inneren der Steuerung erzeugte Wärme wird über ein internes Belüftungssystem abgeführt.

- Stellen Sie die Steuerung an einem ausreichend belüfteten Ort auf.
- Setzen Sie die Steuerung nicht direktem Sonnenlicht aus.
- Platzieren Sie die Steuerung so, dass zwischen Front-/Rückwandlüfter und Verkleidungsteilen ausreichend Abstand verbleibt (40 mm auf beiden Seiten).
- Stellen Sie sicher, dass die Lüfter der Steuerung nicht verschmutzt sind.

⚠️ WARNUNG

Hohes Gerätegewicht

Aufgrund des Eigengewichts und zum Teil aufgrund der Geometrie kann das Anheben und Handhaben des Geräts zu Rückenverletzungen und im Falle eines Herabfallens zu schweren Verletzungen an Fingern, Händen, Zehen und Füßen führen.

- Tragen Sie beim Transport, bei der Montage oder Demontage dieser Geräte stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Die Geräte müssen so auf ebenen Oberflächen platziert werden, dass ein Kippen oder Rutschen verhindert wird.
- Beachten Sie die betrieblichen Vorschriften zum Heben von Lasten und zur persönlichen Schutzausrüstung.

10.4 Montieren des Arms

Der Arm muss mit vier Schrauben geeigneter Größe fest mit der Grundplatte verbunden werden. Zu diesem Zweck sind im Flansch des Roboterfußes vier Bohrungen mit einem Durchmesser von 9 mm vorgesehen.

Verwenden Sie zum Anheben des Arms nur die dafür vorgesehenen Hebepunkte.

Erforderliche Werkzeuge und Materialien

- Unterlegscheiben und Schrauben; welche zu verwenden sind, hängt von der Oberfläche ab, auf der der Roboter montiert wird. Einzelheiten entnehmen Sie bitte der nachstehenden Tabelle.
- 1x Innensechskant-Zylinderkopfschraube M5 x 8 mm (Festigkeitsklasse 8.8 A2K)
- 1x Zahnscheibe M5 (Festigkeitsklasse A2K)
- Drehmomentschlüssel zum Anziehen der Schrauben mit 30 Nm

	Roboter auf Aluminiumtisch	Roboter auf Stahltisch	Roboter auf item-Aluminiumprofilen
Schrauben	ISO 4762 – M8x25 – 10.9	ISO 4762 – M8x20 – 10.9 (im Lieferumfang enthalten)	
Unterlegscheiben	ISO 7089 – 8,4 300HV (im Lieferumfang enthalten)		
Minimale Gewindelänge	16 mm	11 mm	Konstruktionsprofile 8
Anzugsmoment	30 Nm		
Sonstige			Verwenden Sie nur item 0.0.420.83 Hochleistungs-Nutmutter M8.

HINWEIS

Sachschaden am Arm

Das gewaltsame Bewegen des Arms im gesperrten Zustand führt zu einem Verrutschen interner Teile und in der Folge zu Beschädigungen des Arms oder dazu, dass der Arm nicht länger kalibriert ist.

- Bewegen, heben und transportieren Sie den Arm nur an den in diesem Handbuch angegebenen Stellen, um eine Überlastung der Armgelenke zu vermeiden.
- Der Arm muss auch nach der Aufstellung sowie beim Ein- und Ausschalten schonend behandelt werden.

HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass im statischen und dynamischen Betrieb die maximalen Kräfte und Momente aufgenommen werden können. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt „Stabiler Untergrund“ im Kapitel 10.3 „Vorbereiten des Aufstellungsorts“.

Voraussetzungen

- Für die Montage des Arms werden zwei Personen benötigt.
- Vorbereitete Grundplatte. Siehe Abschnitt „Vorbereiten der Grundplatte“ im Kapitel 10.3 „Vorbereiten des Aufstellungsorts“.

Vorgehensweise

1. Heben Sie den Arm an.
2. Bringen Sie den Arm an die vorgesehene Stelle.
3. Richten Sie den Arm auf die vorbereiteten Bohrungen auf der Grundplatte aus.
4. Person 1: Halten Sie den Arm.

Person 2: Schrauben Sie den Arm mithilfe der vier Schrauben und einem Anzugsmoment von 30 Nm an der Grundplatte fest.

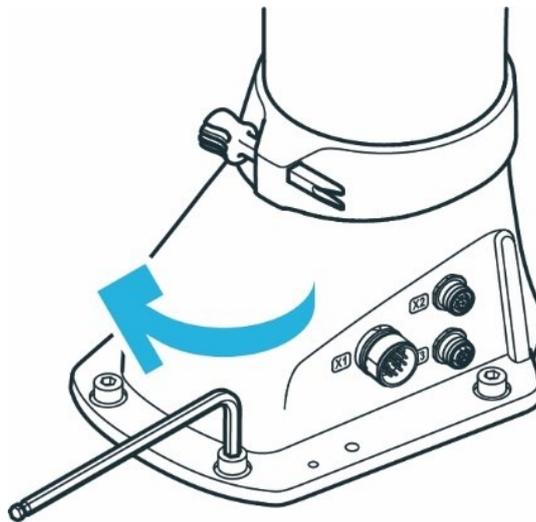


Abb.10.15 Befestigung des Arms

5. Schließen Sie die Funktionserde an den Roboterfuß an.

Der Arm ist erfolgreich auf der Grundplatte montiert.

HINWEIS

Der Arm sollte erst dann mit Strom versorgt werden, wenn die korrekte Montage nochmals geprüft wurde.

10.5 Platzieren der Steuerung

WARNUNG

Hohes Gerätegewicht

Aufgrund des Eigengewichts und zum Teil aufgrund der Geometrie kann das Anheben und Handhaben des Geräts zu Rückenverletzungen und im Falle eines Herabfallens zu schweren Verletzungen an Fingern, Händen, Zehen und Füßen führen.

- Tragen Sie beim Transport, bei der Montage oder Demontage dieser Geräte stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Die Steuerung muss so auf ebenen Oberflächen platziert werden, dass ein Kippen oder Rutschen verhindert wird.
- Beachten Sie die betrieblichen Vorschriften zum Heben von Lasten und zur persönlichen Schutzausrüstung.

HINWEIS

Sachschaden an Arm und Steuerung

Das gewaltsame Bewegen des Arms im gesperrten Zustand führt zu einem Verrutschen interner Teile und in der Folge zu Beschädigungen des Arms oder dazu, dass der Arm nicht länger kalibriert ist.

- Vermeiden Sie Stöße.
- Stellen Sie die Geräte vorsichtig ab.
- Lagern und transportieren Sie Geräte immer in der Originalverpackung, auch beim Transport innerhalb von Gebäuden.

Platzierung

Vorgehensweise

1. Person 1: Fassen Sie die Steuerung an den angegebenen Greifpositionen.
2. Person 2: Entfernen Sie die Schaumstoffverpackung von der Steuerung.
3. Stellen Sie die Steuerung waagrecht an ihrem vorgesehenen Platz auf und sorgen Sie für eine ausreichende Belüftung.

Alternative:

Bauen Sie die Steuerung in ein für 19-Zoll-Geräte ausgelegtes Rack ein. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“.

10.6 Verkabelung und elektrische Installation

Einwandfreier Zustand

GEFAHR

Beschädigte Drähte oder unzureichende elektrische Installation

Gefahr von Personenschäden durch Stromschlag sowie Gefahr von Sachschäden.

- Franka Research 3 darf nur in technisch einwandfreiem Zustand verwendet werden.
- Das Not-Halt-System und die Schutzeinrichtungen dürfen nur durch qualifiziertes Personal installiert werden.
- Überprüfen Sie Kabel und elektrische Installationen.

VORSICHT

Freiliegende Drähte und Kabel

Bediener können aufgrund von freiliegenden Drähten und Kabeln im Arbeitsraum stolpern und stürzen. Deshalb:

- Verlegen Sie Kabel immer auf sichere Weise.

HINWEIS

Schließen Sie nur Geräte mit einer galvanischen Trennung bis zu 60 V im Ethernet-Anschluss an das System an.

HINWEIS

Tauschen Sie den angeschlossenen Arm nicht aus oder stecken Sie ihn ab, während die Steuerung eingeschaltet ist.

10.6.1 Anschlussplan

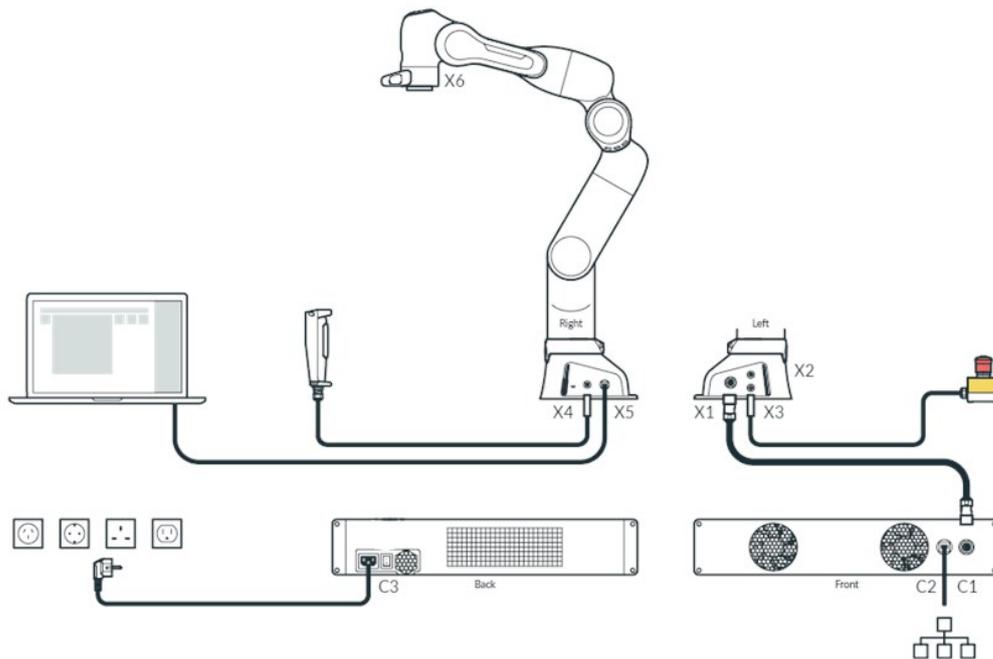


Abb.10.16 Übersicht Verkabelung

10.6.2 Schnittstellen

X2 – Digitaleingänge/-ausgänge

Am Roboterfuß befindet sich der Anschluss X2. Dieser bietet eine Hardwareschnittstelle für nicht sichere Digitaleingänge und -ausgänge. Diese Schnittstelle ist nicht in allen – insbesondere älteren Softwareversionen – freigeschaltet.

Die Ein- und Ausgänge sowie die 24-V-Spannungsversorgung am Anschluss X2 sind vom Robotersystem und anderen Schnittstellen am Roboter galvanisch getrennt.

Der Steckverbinder ist eine 8-polige M12-Buchse mit A-Codierung.

Die 24-V-Spannungsversorgung wird durch den Roboter gesteuert. Das Einspeisen von Strom in die Pins ist weder notwendig noch zulässig. Der maximale Gesamtstrom für die 24-V-Pins und die digitalen Ausgänge beträgt 500 mA.

Eigenschaften – Eingänge

- 24-V-Eingang nach IEC 61131-2 Typ 3
- 15-kHz-Tiefpass-Eingangsfiler
- Abtastrate 1 kHz

Eigenschaften – Ausgänge

- Ausgang High-Level 24 V DC, Ausgangsstrom pro Ausgang max. 250 mA
- Ausgaberate 1 kHz

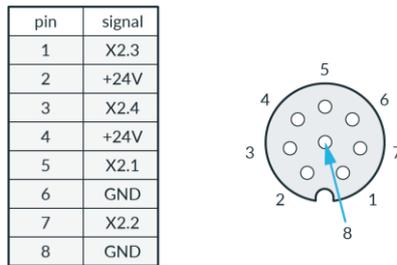


Abb.10.17 X2-Schnittstelle

X3 – Sichere Eingänge

Sichere Eingänge (X3.n) haben immer zwei getrennte Kanäle mit der Bezeichnung A und B. Jeder Kanal wird über seine p- und n-Pins realisiert, die über einen potentialfreien Schalter verbunden werden müssen. Während des regulären Betriebs müssen sich beide Kanäle im gleichen Zustand (offen/geschlossen) befinden und dürfen nicht verbunden sein; jeder andere Zustand wird vom Sicherheitssystem als Fehler gewertet.

Die sicheren Eingänge sind vom Robotersystem und anderen Schnittstellen am Roboter galvanisch getrennt, obwohl sich alle sicheren Eingänge unabhängig von ihrem Schnittstellenanschluss in einem gemeinsamen elektrischen Bereich befinden.

Der Anschluss X3 befindet sich am Roboterfuß und stellt drei sichere Eingangssignale bereit. X3.1 stellt die Not-Halt-Einbindung des Roboters bereit, X3.2 und X3.3 stellen zwei frei konfigurierbare Sicherheitseingänge bereit. Der Steckverbinder ist eine 12-polige M12-Buchse mit A-Codierung.

Eigenschaften des elektrischen Bereichs der sicheren Eingänge für X3:

- Signalspannung 24 V, Signalstrom 30 mA

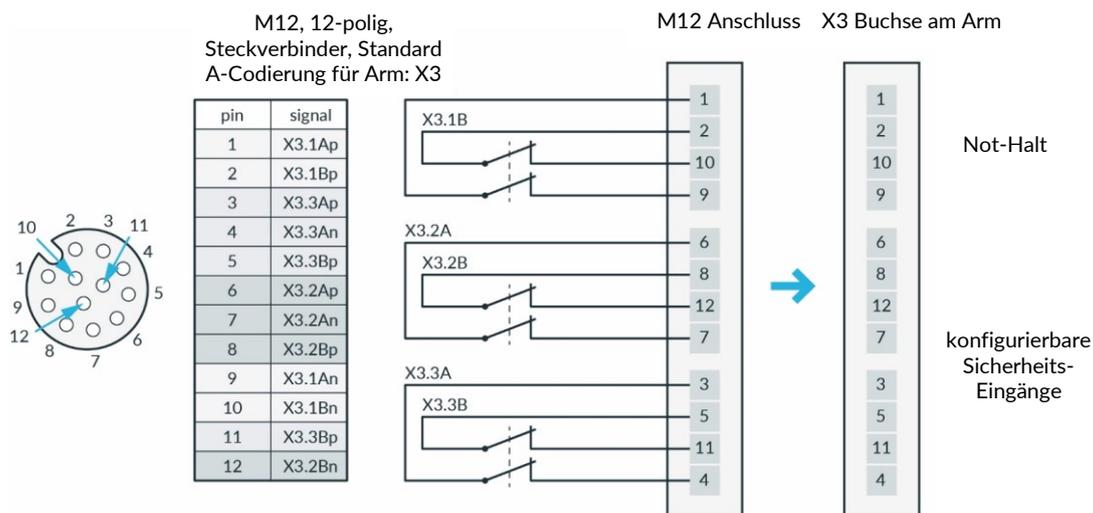


Abb.10.18 X3 Schnittstelle

X4 – Externe Zustimmung

Der Anschluss X4 befindet sich am Roboterfuß und stellt ein sicheres Eingangssignal bereit. Der Steckverbinder ist eine 4-polige M12-Buchse mit A-Codierung. Dieser Anschluss ist bei Bedarf für das vorübergehende Anschließen der externen Zustimmungseinrichtung während der Betriebsphasen vorgesehen.

Verwenden Sie nach Möglichkeit immer die mitgelieferte externe Zustimmungseinrichtung.

HINWEIS

Wenn eine eigene externe Zustimmungseinrichtung verwendet werden soll, dann muss die externe Zustimmungseinrichtung der IEC 60204-1 und der DIN EN 60947-5-8 entsprechen.

X5 – Roboternetzwerk

Der Anschluss X5 befindet sich am Roboterfuß und stellt über eine Ethernet-Buchse das interne Roboternetzwerk bereit. Das Roboternetzwerk verfügt über einen integrierten DHCP-Server. An X5 kann das Bediengerät angeschlossen werden. Durch die Eingabe der URL robot.franka.de gelangen Sie auf das Webinterface Franka UI des Roboters. In den Einstellungen kann die IP-Adresse der X5 Schnittstelle konfiguriert werden.

Die Standardeinstellung hat die hinterlegte IP-Adresse 192.168.0/24. Der Roboter ist dann unter der IP-Adresse 192.168.0.1 zu erreichen. Der DHCP-Server weist den Clients Adressen im Bereich 100 bis 150 zu, d.h. bei Standardeinstellungen 192.168.0.100 bis 192.168.0.150.

X6 – Endeffektor

Der Anschluss X6 befindet sich am Handgelenk des Roboterarms und überträgt Signale vom Roboter zum Endeffektor. Der Steckverbinder ist eine 8-polige Snap-in-Buchse, IP67, Serie 620 von Binder.

pin	signal
1	48V
2	CAN_H
3	CAN_L
4	reserved
5	reserved
6	reserved
7	reserved
8	GND

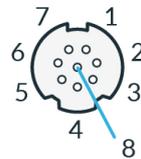


Abb.10.19 X6 Schnittstelle

- Nennspannung 48 ± 3 V DC.
- Nennhaltestrom 0,5 A bei 25 °C.
- Max. kapazitive Last 220 μ F.

Über den Endeffektor-Anschluss werden keine sicherheitsbezogenen Informationen ausgetauscht. Es sind weder diskrete noch protokollbasierte Ein-/ Ausgänge zur sicheren Datenübertragung vorgesehen. Wenn SEEPO aktiv ist, steht an diesem Anschluss keine 48-V-Spannungsversorgung zur Verfügung. Die Versorgung des Endeffektors ist nicht geerdet.

Testen Sie nach Anschluss von Endeffektoren, die nicht von Franka Robotics stammen, ob die vorgesehene Funktion wie erwartet funktioniert.

C2 Netzwerkanschluss

An der Vorderseite der Steuerung befindet sich die Schnittstelle C2. Sie stellt einen Ethernet Anschluss bereit, über den die Steuerung mit einem Anlagen-/ Firmennetzwerk und auch mit dem Internet verbunden werden kann.

In den Einstellungen kann der Netzwerkanschluss konfiguriert werden. In den Standardeinstellungen ist für diese Schnittstelle der DHCP-Client aktiviert. Die manuelle Einstellung des Netzwerkanschlusses zur Integration in ein bestehendes Netzwerk ist ebenfalls möglich. Achten Sie hierbei darauf, dass das Roboternetzwerk und das Firmennetzwerk keinen identischen IP-Adressenbereich besitzen dürfen.

10.6.3 Anschluss der Funktionserde

HINWEIS

Die Funktionserde muss angeschlossen werden, um die angegebenen EMV-Werte einzuhalten.

Erforderliches Material

- Schraube M5x10
- 1x Zahnscheibe für M5
- Funktionserdekabel mit Kabelschuh

Wir empfehlen die Verwendung eines Kupferkabels (Cu) mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² und einer maximalen Länge von 5 m.

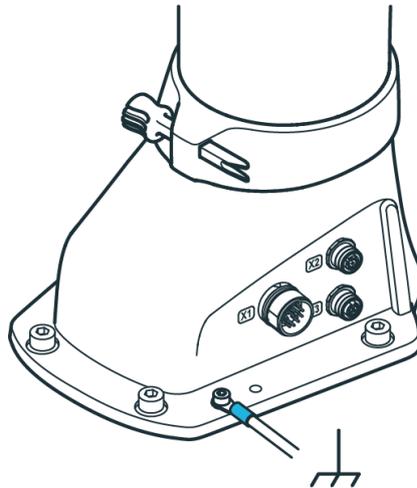


Abb.10.20 Anschluss Funktionserde

Vorgehensweise

1. Verbinden Sie die Funktionserde auf der einen Seite mit dem M5-Gewinde an der Basis des Arms an der angegebenen Position und auf der anderen Seite mit einem nahegelegenen, gut geerdeten Teil (z. B. einem massiven Erdungsstab aus Metall).
2. Legen Sie die Zahnscheibe M5 an der angegebenen Stelle am Roboterfuß für die Funktionserde auf.
3. Sichern Sie den Kabelschuh des Funktionserdekabels mit der M5-Schraube.
4. Verbinden Sie das andere Ende des Kabels mit einem gut geerdeten Teil (z. B. einem massiven Erdungsstab aus Metall).

HINWEIS

Die elektrische Sicherheit des Systems hängt nicht von einer Funktionserdung ab. Eine Funktionserdung ist nicht geeignet, um angeschlossenen Geräten wie Endeffektoren Schutzerdung zu bieten. Alle Geräte in der Nähe des Roboters müssen gemäß ihren jeweiligen elektrischen Anforderungen installiert werden, ggf. einschließlich Schutzerdung.

10.6.4 Verkabelung

HINWEIS

Das Verbindungskabel des Arms, das Not-Halt-Kabel, das Kabel der externen Zustimmungsrückmeldung und die benutzerspezifische Verkabelung dürfen keinen außergewöhnlichen Belastungen ausgesetzt werden, wie etwa:

- Mechanische Handhabung und Schleifen über raue Oberflächen (Abrieb).
- Betrieb ohne Führungen (Knicken).
- Führungsrollen und Zwangsführung, die auf Kabeltrommeln auf- oder von diesen abgewickelt werden (Spannung).
- Hohe Zugspannung, kleine Radien, Biegen in eine andere Ebene und/oder häufige Arbeitszyklen.

Verbinden des Arms mit der Steuerung

Erforderliches Material:

- Verbindungskabel

HINWEIS

Für die elektrische Verbindung zwischen Arm und Steuerung dürfen nur von Franka Robotics bereitgestellte Verbindungskabel verwendet werden.

Vorgehensweise

1. Setzen Sie den Steckverbinder (weibliche Seite) vorsichtig auf den Anschluss X1, sodass die dreieckige Markierung nach oben zeigt.

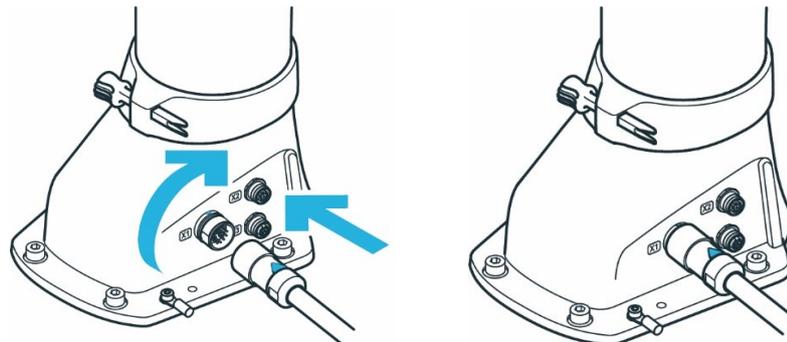


Abb.10.21 Anschluss Verbindungskabel am Arm

2. Der Steckverbinder selbst wird durch Drehen des beweglichen vorderen Teils des Steckverbinders in die Buchse gezogen.
3. Drehen Sie den Steckverbinder handfest an und prüfen Sie durch leichtes Ziehen, ob er ordnungsgemäß sitzt.
4. Wenden Sie dasselbe Prinzip an, um das andere Ende des Verbindungskabels (männliche Seite) mit dem Anschluss C1 an der Vorderseite der Steuerung zu verbinden.

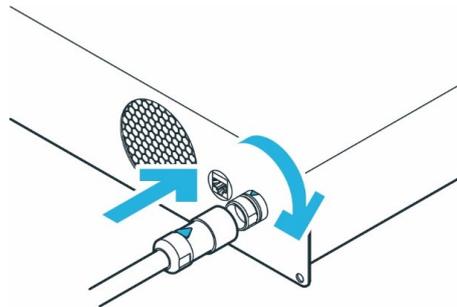


Abb.10.22 Anschluss Verbindungskabel an die Steuerung

Verbinden der externen Zustimmungseinrichtung

Erforderliches Material:

- Mitgelieferte externe Zustimmungseinrichtung

Vorgehensweise

1. Stellen Sie sicher, dass der Führungsstift in die richtige Richtung zeigt.
2. Schließen Sie die externe Zustimmungseinrichtung an Anschluss X4 an.

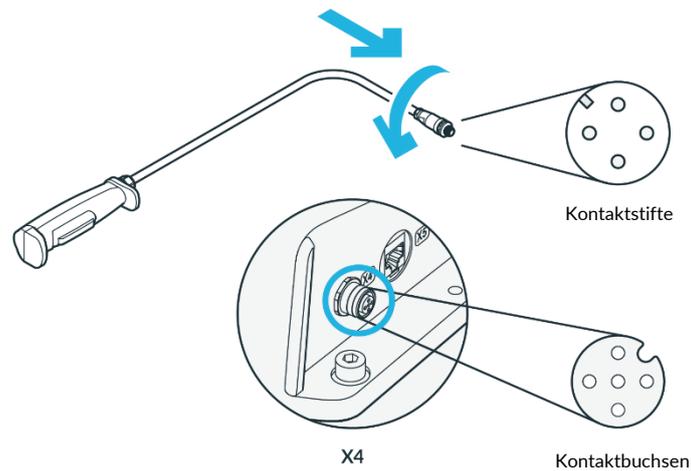


Abb.10.23 Anschluss der Zustimmungseinrichtung

3. Der Steckverbinder selbst wird durch Drehen des beweglichen vorderen Teils des Steckverbinders in die Buchse gezogen.
4. Drehen Sie ihn handfest ein.

Anschließen Ihres Bediengeräts (für die Bedienung über die Franka UI)

Erforderliches Material:

- Bediengerät (siehe Kapitel 11.3.1 „Anschließen eines Bediengeräts“)
- Ethernet-Kabel mit RJ45-Stecker (nicht im Lieferumfang enthalten)

Vorgehensweise

- Verbinden Sie Ihr Bediengerät und den Anschluss X5 am Roboterfuß mithilfe des Ethernet-Kabels.

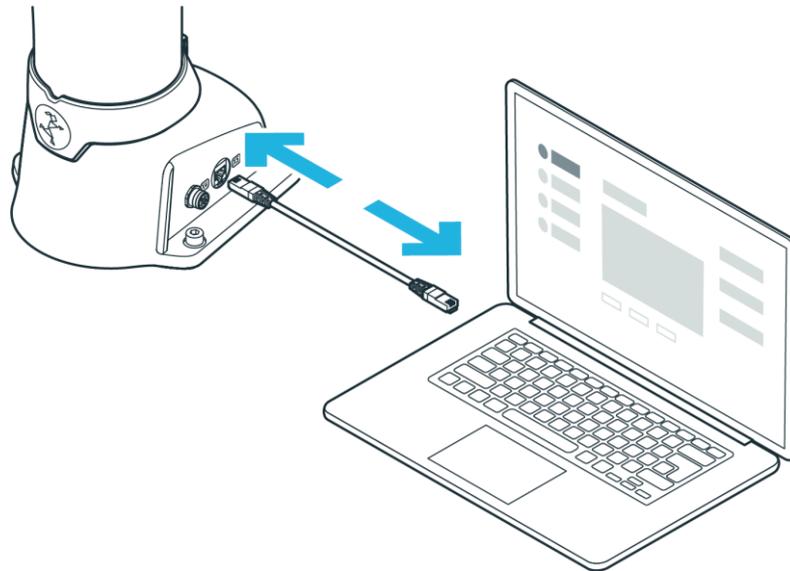


Abb.10.24 Anschluss des Bediengerätes

Verbinden der Steuerung mit dem Stromnetz

HINWEIS

Achten Sie darauf, dass der vorgeschriebene Verriegelungsmechanismus mit dem C14-Steckverbinder des Netzkabels verbunden ist.

HINWEIS

Zulässige Netzfrequenz: 50–60 Hz

Versorgungsspannung: 100–240 V AC

Fehlerstrom: < 10 mA

Erforderliches Material:

- Länderspezifisches Netzkabel

Vorgehensweise

1. Schließen Sie das Netzkabel an die Steuerung an.
2. Schließen Sie die Steuerung an das Stromnetz an.

Verbinden von Schutzeinrichtungen

Wenn Sie externe Schutzeinrichtungen anschließen möchten, um den Arm abzubremsen und mittels Stopps der Kategorie 1 oder 2 (nach IEC 60204-1) zum Stillstand zu bringen, lesen Sie bitte das Kapitel 4.7 „Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen“.

⚠️ WARNUNG

Verletzungsgefahr

Der Anschluss von externen Geräten mit separater Stromversorgung kann die Sicherheitsfunktion des Systems beeinträchtigen.

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Stellen Sie sicher, dass die Spannungen in den angeschlossenen Geräten entweder als Sicherheitskleinspannung (SELV) ausgelegt oder in geeigneter Weise von den Signalen im Netz getrennt sind.

HINWEIS

Sachschaden

Der Anschluss von externen Einrichtungen mit separater Stromversorgung kann zu Systemschäden führen, wenn die elektrischen Nennwerte nicht eingehalten werden.

- Die Spannungen in den angeschlossenen Geräten müssen entweder als Sicherheitskleinspannung (SELV) ausgelegt oder in geeigneter Weise von den Signalen im Netz getrennt sein.

HINWEIS

Sachschaden an Kabeln

Eine unsachgemäße Handhabung von Kabeln kann die Kabel beschädigen.

- Das Verbindungskabel darf nicht geknickt, gefaltet oder gerollt werden.
- Verlegen Sie das Verbindungskabel so, dass es nicht überbeansprucht wird.

HINWEIS

Sachschaden an Arm oder Endeffektoren

Unsicheres Anschließen oder Trennen von stromführenden Kabeln oder Endeffektoren während des Betriebs führt zu Geräteschäden.

- Während Franka Research 3 an das Stromnetz angeschlossen ist, dürfen Kabel weder getrennt noch angeschlossen werden.
- Während Franka Research 3 an das Stromnetz angeschlossen ist, dürfen keine Endeffektoren abgenommen oder angeschlossen werden.

Verwendung des mitgelieferten Not-Halt-Befehlsgerät

Erforderliches Material

- Mitgeliefertes Not-Halt- Befehlsgerät oder kundenseitige Schutzeinrichtung (nicht im Lieferumfang enthalten)
- Bei Verwendung einer kundenseitigen Schutzeinrichtung: Kabel (nicht im Lieferumfang enthalten)

Vorgehensweise

1. Schließen Sie das mitgelieferte Not-Halt- Befehlsgerät an den Anschluss X3 an.

oder

Schließen Sie den kundenspezifisch konfigurierten passenden Steckverbinder an den Anschluss X3 und die anzuschließenden Schutzeinrichtungen (nicht im Lieferumfang enthalten) an.

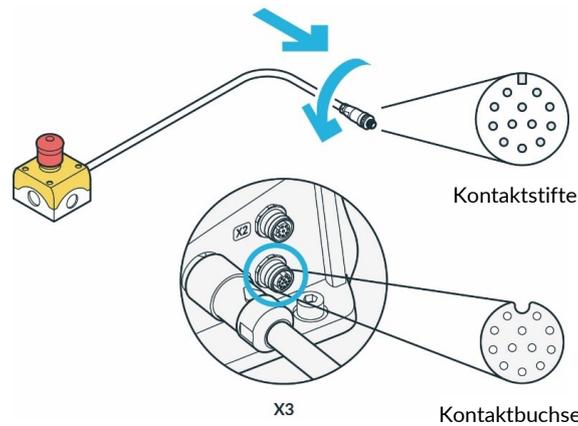


Abb.10.25 Anschluss der Schutzeinrichtung (hier Not-Halt-Befehlsgerät)

2. Der Steckverbinder selbst wird durch Drehen des beweglichen vorderen Teils des Steckverbinders in die Buchse gezogen.
3. Drehen Sie ihn handfest ein.

Weitere Informationen zu sicheren Eingängen finden Sie im Abschnitt „Sicherer Eingang“ von Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“.

Weitere Informationen zu den Sicherheitsfunktionen finden Sie im Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“.

Weitere Informationen zu den Sicherheitseinstellungen finden Sie im Kapitel 12 „SICHERHEITSKONFIGURATION / “.

Weitere Informationen zu den Geräten finden Sie im Kapitel 4.7 „Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen“.

HINWEIS

Sicherheitseinrichtungen müssen vor der Inbetriebnahme und in regelmäßigen Abständen auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft werden.

10.7 Montieren von Endeffektoren

⚠️ WARNUNG

Von den Endeffektoren herabfallende und/oder herumgeschleuderte Werkzeuge

Werkzeuge, die im oder am Endeffektor verbleiben, können bei späteren Bewegungen des Arms herausgeschleudert werden und Verletzungen verursachen.

- Lassen Sie keine Werkzeuge im oder am Roboter zurück.

 **VORSICHT**

Scharfkantige, spitze Konstruktionen und bewegliche Teile

Die angeschlossenen Endeffektoren können Verletzungen an Händen, Fingern, Oberkörper und Kopf verursachen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille).
- Der Integrator muss eine Risikobeurteilung für alle angeschlossenen Endeffektoren durchführen.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des maximalen Raums auf.

HINWEIS

Der Anschluss von externen Geräten mit separater Stromversorgung kann die Sicherheitsfunktion des Systems beeinträchtigen, wenn die elektrischen Nennwerte nicht eingehalten werden.

Außerdem müssen die Spannungen in den angeschlossenen Geräten entweder als Sicherheitskleinspannung (SELV) ausgelegt oder in geeigneter Weise von den Signalen im Netz getrennt sein.

Der Arm verfügt über einen Flansch zum mechanischen Anschluss eines Endeffektors. Die Angaben zu dem Endeffektorflansch finden Sie im Kapitel 10.3.1 „Arm“.

Beachten Sie, dass der Pilot-Griff eine Verdrehung zum Endeffektorflansch um 45° aufweist.

Anschluss X6 – Endeffektor

Über den elektrischen Anschluss X6 am Endeffektorflansch kann der Endeffektor bei Bedarf mit Strom versorgt werden und über den Can-Bus mit der Steuerung kommunizieren. Beachten Sie, dass der Anschluss X6 speziell für Franka Hand konfiguriert wurde und andere Geräte möglicherweise nicht mit diesem Anschluss kompatibel sind. Wenn ein Endeffektor angekoppelt werden soll, der sich nicht direkt mit einem solchen Anschluss verbinden lässt, kann eine externe Verkabelung für die Stromversorgung und die Steuerung des Endeffektors entsprechend ausgelegt und realisiert werden.

Die exakte Beschreibung der Schnittstelle finden Sie im Kapitel 10.6 „Verkabelung und elektrische Installation“.

Über den Endeffektor-Anschluss werden keine sicherheitsbezogenen Informationen ausgetauscht. Es sind weder diskrete noch protokollbasierte Mittel zur sicheren Datenübertragung vorgesehen. Wenn SEEPO aktiv ist, steht an diesem Anschluss keine 48-V-Spannungsversorgung zur Verfügung.

 **VORSICHT**

Öffnen und Schließen von Endeffektoren

Fehlfunktionen der Steuerung können zum unerwarteten Öffnen oder Schließen der Endeffektoren führen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille).
- Der Integrator muss eine Risikobeurteilung für alle angeschlossenen Endeffektoren durchführen.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des maximalen Raums auf.

 **VORSICHT**

Sich bewegender Arm

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille).
- Der Integrator muss eine Risikobeurteilung für alle angeschlossenen Endeffektoren durchführen.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des maximalen Raums auf.

HINWEIS

Nach dem Anschließen eines Endeffektors muss eine Risikobeurteilung durchgeführt werden. Die Risikobeurteilung hängt vom Endeffektor ab und umfasst unter anderem Folgendes:

- Scharfkantige oder spitze Endeffektoren
- Bewegung oder Rotation scharfer rotierender Endeffektoren
- Unerwartete Bewegungen des Roboterarms, die dazu führen, dass der Endeffektor mit einer Person kollidiert oder sie einquetscht

Für Risiken eines möglichen Ausfalls des Endeffektors ist eine zusätzliche Risikobeurteilung erforderlich. Die Beurteilung des Ausfallrisikos hängt vom Endeffektor ab und umfasst unter anderem Folgendes:

- Fehlfunktion des Sicherheitshalt-Signals, die dazu führt, dass der Endeffektor beim Öffnen/Schließen nicht angehalten wird
- Bewertung des Leistungsverlusts des Endeffektors und seiner Funktionen
- Steuerungsausfälle, die zu einem unerwarteten Öffnen/Schließen des Endeffektors führen



Informationen zur Montage und Demontage des Endeffektors entnehmen Sie dem jeweiligen Endeffektor-Handbuch.

10.8 Praktische Tipps für die Verwendung und Aufstellung von Franka Research 3

10.8.1 Energieverbrauch

Für den Standardbetrieb benötigt Franka Research 3 eine durchschnittliche elektrische Leistung von 140 bis 350 W. Vorübergehend kann eine elektrische Leistung von bis zu 600 W aus dem Stromnetz entnommen werden.

HINWEIS

Im Falle eines unerwarteten Stromausfalls versucht Franka Research 3, einen Stopp der Kategorie 1 auszuführen. Reicht die gespeicherte Energie nicht aus, wird ein Stopp der Kategorie 0 ausgeführt.

Nach einem Not-Halt könnte der Arm beschädigt oder nicht länger kalibriert sein. Wenn bei der nächsten Inbetriebnahme Fehlfunktionen festgestellt werden, wird der Benutzer informiert und sollte die Anweisungen in Desk befolgen.

10.8.2 ESD-Grenzwerte

HINWEIS

Die Funktionserde muss angeschlossen werden, um die angegebenen EMV-Werte einzuhalten.

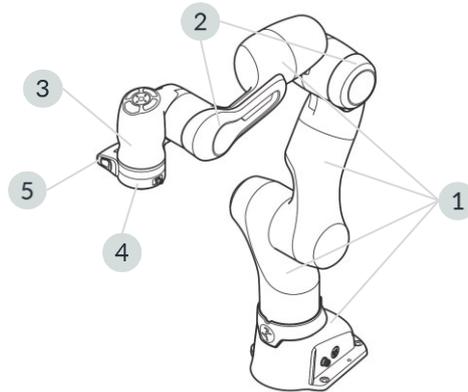


Abb.10.26 Messpunkte ESD-Messungen

Die Werte in der Tabelle wurden bei einer Temperatur von 24,2 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 44 % gemessen.

	Erdungswiderstand R_G [Ohm]	Oberflächenspannung [V]	Abstand zum ESDS [mm]
Robotergehäuse (1)	$41,26 \times 10^9$	150	25
Unterarm-Stoßdämpfer (2)	$40,43 \times 10^9$	44	0
Handgelenk-Gehäuse incl Dämpfer (3)	$40,75 \times 10^9$	220	25
Flansch (4)	$50,0 \times 10^3$	0	0
Pilot-Griff (5)	$27,7 \times 10^9$	258	25
Franka Hand (ohne Greiffinger) (6)	$33,8 \times 10^9$	990	25

Die angegebenen Abstände entsprechen der Norm DIN EN 61340-5-1. Über 125 V bis 2.000 V ist ein Abstand von 25mm erforderlich.

HINWEIS

Es wird empfohlen, die Abstände gemäß den Anforderungen an die Anwendung als auch der Norm DIN EN 61340-5-1 zu überprüfen.

10.8.3 Gestaltung des Arbeitsbereichs

⚠️ WARNUNG

Unerwartetes Bewegen des Arms

Gefahr schwerer Verletzungen, z. B. Quetschen von Fingern, Händen, Oberkörper, Kopf.

- Achten Sie darauf, dass der maximale Raum frei von scharfen Kanten ist.
- Bewahren Sie keine spitzen Gegenstände im maximalen Raum auf.
- Installieren Sie den Arm in einer ergonomischen Teachposition.



Abb.10.27 Gestaltung des Arbeitsbereiches

Achten Sie bei der Aufstellungsplanung für ausreichend freien Arbeitsraum um den Roboter.

HINWEIS

Für Wiederherstellungsverfahren im Falle eines Fehlers kann es erforderlich sein, die Gelenke in die Referenzpositionen des Armes zu verfahren. Es wird daher empfohlen, die nachfolgend abgebildete Position in der Aufstellungsplanung zu berücksichtigen.

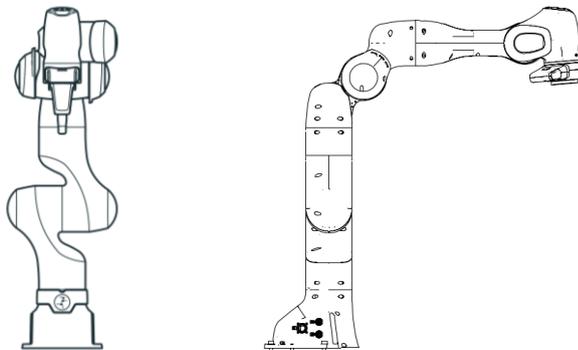


Abb.10.28 Gelenk-Referenz-Position des Armes

10.8.4 Personenschutz und Ergonomie

Platz zum Ausweichen

HINWEIS

Die folgenden Informationen über den Gebrauch und die Platzierung des Arms sind praktische Tipps, die für die konkrete Anwendung möglicherweise nicht erschöpfend sind. Sie ersetzen keine Gefährdungs- und Risikobeurteilung, können aber Gestaltungsoptionen vorschlagen.

Der Mensch weicht instinktiv vor unerwarteten Bewegungen zurück. Daher sollte der Bereich, in dem sich der Bediener oder andere Personen aufhalten, ausreichend Platz zum Zurückweichen oder Zurückziehen bieten.

Außerdem muss sichergestellt sein, dass dieser Platz frei von Hindernissen (z. B. Kabel, Gegenstände) ist, damit Personen nicht über diese Hindernisse stolpern und sich verletzen können.

Größtmöglicher Abstand zum Arm

⚠️ WARNUNG

Sich bewegender Arm

Gefahr des Einklemmens durch den Arm.

- Der Arm sollte zu jedem Zeitpunkt auf größtmöglichem Abstand gehalten werden, damit der Bediener reagieren und ausweichen kann.
- Bedienen Sie den Arm nicht, während Sie um ihn herum greifen!
- Halten Sie Ihren Kopf oder andere Körperteile nicht zwischen oder unter Armsegmente.
- Bringen Sie Körperteile (insbesondere Hände, Finger) nicht zwischen Arm oder Endeffektor und andere feststehende Objekte.
- Im Falle akuter Lebensgefahr:
 1. Drücken Sie die Not-Halt-Einrichtung, um den Roboter außer Betrieb zu setzen.
 2. Ziehen oder schieben Sie den Arm manuell aus der gefährlichen Position.



Abb.10.29 Abstand zum Arm Stoßen des Kopfes

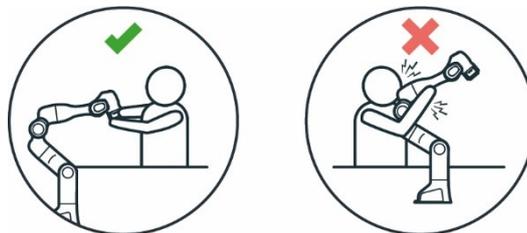


Abb.10.30 Abstand zum Arm Stoß



Abb.10.31 Abstand zum Arm Quetschen der Hand

Augenschutz

⚠️ WARNUNG

Unerwartetes Bewegen des Arms und austretendes Öl

Kontakt mit austretendem Öl kann zu Augen- oder Hautreizungen führen.

Verschiedene Anwendungen, die verwendeten Endeffektoren und Gegenstände in der Umgebung können zu Quetschungen, Hautrissen (Skin Tears) und Stichverletzungen führen.

- Tragen Sie stets eine Schutzbrille.

Bekleidung und Schmuck

⚠️ VORSICHT

Lose Kleidung oder Schmuck, die sich im Arm verfangen

Verfangene Kleidungs- oder Schmuckstücke können dazu führen, dass die betroffene Person das Gleichgewicht verliert und stürzt.

- Tragen Sie keine lose Kleidung oder Kleidung mit Bändern.
- Tragen Sie keinen losen Schmuck, z. B. Halsketten oder Armbänder.



Abb.10.32 Schutzausrüstung kein Schmuck tragen

Weitere Informationen

An sichtbaren Oberflächen kann Korrosion auftreten. Die Funktionsfähigkeit des Roboters wird dadurch nicht beeinträchtigt.

HINWEIS

Die folgenden Informationen sind praxisorientiert und erheben für das Vermeiden von Rost keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Tritt dennoch Rost auf, übernimmt Franka Robotics keine Gewährleistung oder Haftung, da Rost die Funktion nicht beeinträchtigt.

- Achten Sie während Verwendung, Transport und Lagerung auf die Einhaltung der zulässigen Feuchtigkeits- und Temperaturbereiche.
- Lagern Sie den Roboter mit feuchtigkeitsreduzierenden Materialien, z. B. mit Trockenmittelbeuteln.
- Arbeiten Sie nur mit sauberen und trockenen Händen, vor allem bei der Handhabung, der Installation und dem Teachen von Tasks.

10.9 Wiederverpacken des Arms

WARNUNG

Hohes Gerätegewicht

Aufgrund des Eigengewichts und zum Teil aufgrund der Geometrie kann das Anheben und Handhaben des Geräts zu Rückenverletzungen und im Falle eines Herabfallens zu schweren Verletzungen an Fingern, Händen, Zehen und Füßen führen.

- Tragen Sie beim Transport, bei der Montage oder Demontage dieser Geräte stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Heben Sie das Gerät immer mit Hilfe einer zweiten Person an.
- Die Geräte müssen so auf ebenen Oberflächen platziert werden, dass ein Kippen oder Rutschen verhindert wird.
- Beachten Sie die geltenden betrieblichen Vorschriften zum Heben von Lasten und zur persönlichen Schutzausrüstung.

HINWEIS

Sachschaden an Arm, Endeffektoren und Gegenständen im maximalen Raum

Empfindliche elektromechanische Komponenten in Arm und Endeffektoren können beschädigt werden, wenn Endeffektoren mit dem Arm verbunden sind und der Arm in die Packpose gebracht wird.

- Demontieren Sie alle Endeffektoren und Anbauteile, bevor Sie den Arm in die Packpose bringen.
- Lassen Sie keine losen Gegenstände im maximalen Raum zurück.

HINWEIS

Sachschaden an Arm und Steuerung

Mechanische Stöße können zur Beschädigung der empfindlichen elektromechanischen Komponenten in Arm und Steuerung führen oder bewirken, dass diese nicht länger kalibriert sind. Vermeiden Sie Stöße.

- Setzen Sie die Geräte vorsichtig ab.
- Lagern und transportieren Sie Geräte immer in der Originalverpackung, auch beim Transport innerhalb von Gebäuden.

Transportposition des Arms

Um Franka Research 3 in den Transportmodus zu bringen, verwenden Sie die Funktion „Move To Pack Pose“ (In Transportposition fahren) unter „Settings“ in der Franka UI.

Voraussetzungen

- ✓ Der Endeffektor und eventuelle Anbauteile müssen vom Arm entfernt werden.
- ✓ Der Roboter muss sich frei in die Transportposition bewegen können, ohne von Hindernissen beschränkt zu werden. Im Falle von Hindernissen in der Roboterzelle ist zu überlegen, ob der Roboter per Handführung näher an die Transportposition herangeführt werden kann.



Um die Endeffektoren vom Arm zu entfernen, lesen Sie bitte die Anweisungen im Produkthandbuch des Endeffektors.

Vorgehensweise

1. Melden Sie sich am Bediengerät in der Franka UI an.
2. Rufen Sie „Settings“ auf.
3. Rufen Sie „System“ auf.
4. Halten Sie die Schaltfläche „Move To Pack Pose“ (In Transportposition fahren) gedrückt.

Der Arm bewegt sich automatisch in die Transportposition, solange die Schaltfläche gedrückt gehalten wird. Wenn sich der Roboter im Modus „Programming“ (Programmierung) befindet, muss zudem die Zustimmungsroutine betätigt werden, um den Roboter zu bewegen.

HINWEIS

Das System überwacht die Verbindung mit dem selbsttätig rückstellenden Bedienelement der Franka UI mit einer maximalen Zeitüberschreitung von 1 s. Wird ein Verbindungsverlust festgestellt, während ein selbsttätig rückstellendes Bedienelement gedrückt wird, wird das System angehalten.

Wiederverpacken des Arms

Voraussetzungen

- Der Roboter muss sich in der Transportposition befinden.

Vorgehensweise

1. Öffnen Sie den Karton.
2. Greifen Sie den Arm zu zweit an den angegebenen Stellen und legen Sie ihn vorsichtig in die untere Schutzschicht.

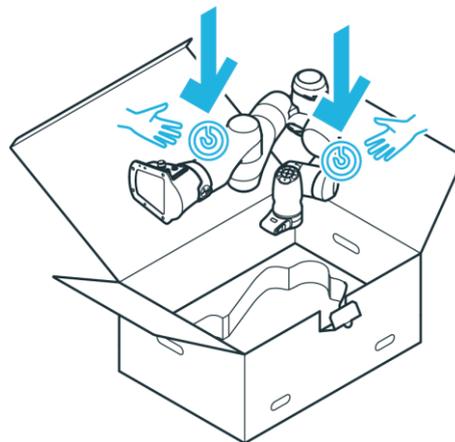


Abb.10.33 Hineinheben des Arms

3. Legen Sie die mittlere Schutzschicht ein.

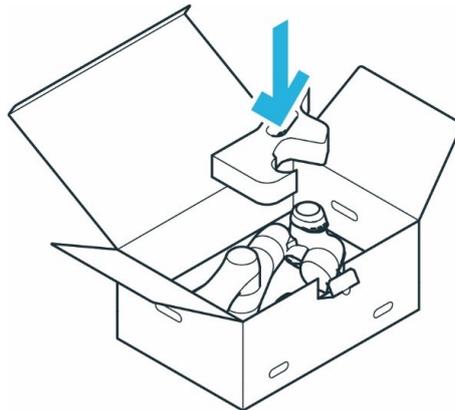


Abb.10.34 Verpacken des Arms

4. Legen Sie die obere Schutzschicht ein.

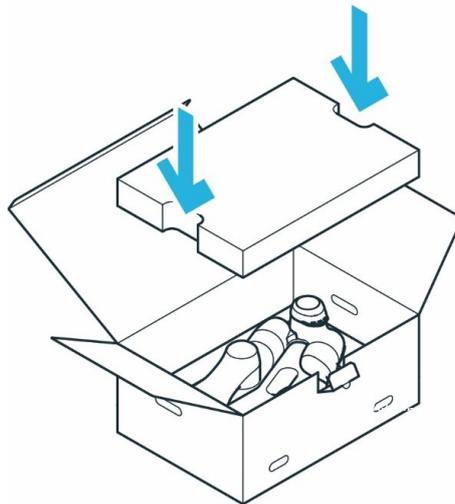


Abb.10.35 Verschließen des Kartons

5. Schließen Sie die Folie.
6. Verschließen Sie den Karton mit Klebeband.

11 BETRIEB

11.1 Einschalten

⚠ GEFAHR

Kurzschluss durch entstehendes Kondenswasser beim Transport des Geräts von einer kälteren in eine wärmere und feuchtere Umgebung.

Gefahr lebensgefährlicher Verletzungen durch Stromschlag.

- Lassen Sie die Geräte nach dem Transport zur Akklimatisierung eine Zeit lang stehen.
- Schalten Sie keine feuchten Geräte ein.

Voraussetzungen

- Die Kabel müssen ordnungsgemäß eingesteckt werden.
- Die externe Stromversorgung muss angeschlossen sein.
- Verlassen Sie den maximalen Raum.

Vorgehensweise

1. Schalten Sie die Steuerung ein.

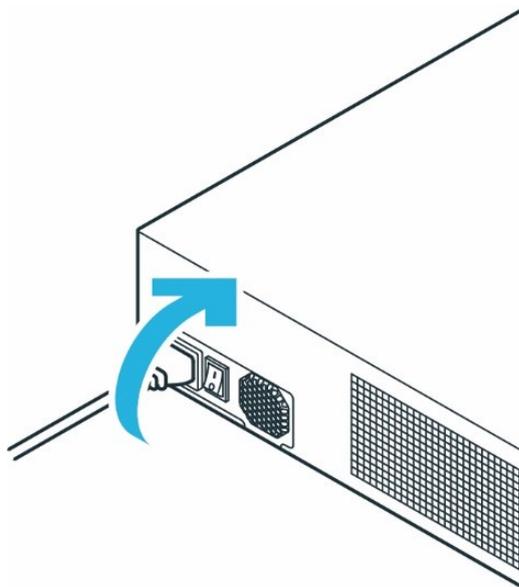


Abb.11.1 Einschalten der Steuerung

Die Steuerung ist nun eingeschaltet.

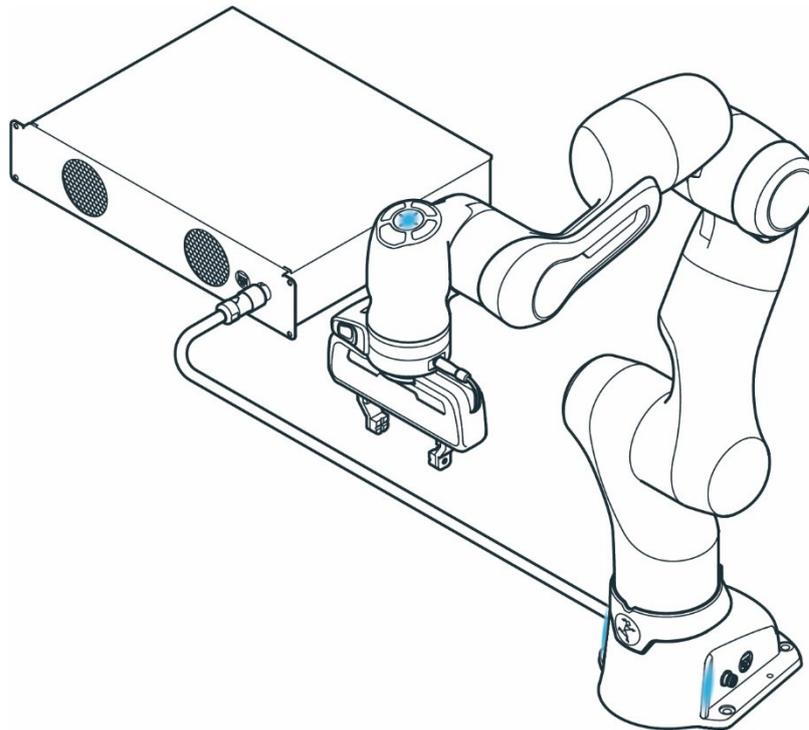


Abb.11.2 Blaue Statusleuchten am Arm

Sie können den folgenden Ablauf beobachten:

- Die Belüftung wird eingeschaltet und ist sichtbar und hörbar.
- Das Hochfahren kann ca. 1 Minute dauern.
- Die Statusanzeigen am Piloten und auf beiden Seiten des Roboterfußes beginnen zu blinken.
- Nach dem das Hochfahren abgeschlossen ist, leuchtet die Statusanzeige kontinuierlich blau, und signalisiert, dass der Roboter sich in einem angehaltenen Zustand im Modus „Execution“ (Ausführung) befindet.
Wenn die Statusanzeige rot blinkt, liegt ein Sicherheitsfehler vor. Prüfen Sie dann, ob der Not-Halt freigegeben ist oder ob die Not-Halt-Einrichtung am Eingang X3 korrekt angeschlossen wurde.
- Das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem ist aktiv. Die Achsen sind weiterhin mechanisch verriegelt. Informationen zum Entriegeln des Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystems finden Sie im Abschnitt „Vor der Handführung“ in Kapitel 13.6.2 „Teachen eines Tasks“.
- Beachten Sie im Falle einer Fehlfunktion die Kapitel 15.1 „Wartung“, 16 „SERVICE UND SUPPORT“ und 13.8 „Fehlerbehebung“.

Überblick über die Statusanzeigen

Die optischen Anzeigen zeigen den aktuellen Zustand des Roboters an. Die LEDs am Roboterfuß sind immer aktiv, die LEDs am Piloten nur während der Programmierung.

Überprüfen Sie beim Einschalten des Roboters immer die Funktionstüchtigkeit der Anzeigen und ob sie vom Standort des Bedieners aus sichtbar sind. Die verschiedenen Zustände werden mithilfe folgender farbiger Leuchtsignale dargestellt:

Farbe	Kategorie	Erläuterung	Annäherung an den Roboter*
Weiß	Inaktiv; bereit zum Start der Ausführung	Franka Research 3 läuft, ist aber nicht aktiv (entweder in TEACH oder IDLE). Der Roboter ist bereit, mit der Ausführung oder Interaktion zu beginnen.	Der Roboter ist inaktiv; Sie können sich dem Roboter nähern.
Weiß (langsameres Blinken)	Inaktiv; wird hoch- oder heruntergefahren	Franka Research 3 wird hochgefahren oder heruntergefahren. Der Vorgang darf nicht unterbrochen werden.	
Weiß (schnelles Blinken)	Inaktiv; Aktualisierung läuft	Franka Research 3 wird aktualisiert. Der Vorgang sowie die Verbindung von Franka Research 3 mit der Stromquelle dürfen nicht unterbrochen werden.	
Blau	Bremsen eingelegt	Die Bremsen von Franka Research 3 sind eingelegt.	Der Roboter befindet sich in einem angehaltenen Zustand, das Sicherheitssystem erlaubt jedoch, jederzeit eine Bewegung zu starten. Nähern Sie sich dem Roboter nur vorsichtig.
Blau	Bereit zur Ausführung des Tasks	Der Bediener kann nun einen Task im Modus „Execution“ (Ausführung) oder „Test & Jog“ (Testen und Tipbetrieb) starten.	
Blau (langsameres Blinken)	Bremsen lösen	Franka Research 3 löst die Bremsen. Dabei kann es zu langsamen Bewegungen kommen.	
Blau (langsameres Blinken)	Kollaborativer Betrieb (kein Task aktiv)	Franka Research 3 befindet sich im kollaborativen Modus; kein Task aktiv.	
Grün	Automatische Ausführung	Franka Research 3 führt derzeit ein automatisches Programm aus und bewegt sich selbstständig.	Der Roboter führt einen Task aus. Halten Sie sich vom Roboter fern.
Grün (langsameres Blinken)	Kollaborativer Betrieb (Task aktiv)	Franka Research 3 befindet sich im kollaborativen Modus; ein Task ist aktiv, z. B. zur Handführung im Modus „Assist“ (Assistieren).	Der Roboter führt einen Task aus, ist aber bereit für die Zusammenarbeit im Modus „Assist“ (Assistieren). Nähern Sie sich dem Roboter vorsichtig und unter Beachtung der für den Modus „Assist“ (Assistieren) definierten anwendungsspezifischen Sicherheitsmaßnahmen.
Grün (schnelles Blinken)	Achtung: Automatische Ausführung beginnt	Franka Research 3 beginnt mit der Ausführung des Tasks, nachdem der Countdown „Work execution wait time“ (Wartezeit für Arbeitsausführung) (sofern konfiguriert) abgelaufen ist.	Der Roboter führt in Kürze einen Task aus. Halten Sie sich vom Roboter fern.
Gelb	Warnung	Franka Research 3 befindet sich in einem Warnzustand.	Das System befindet sich in einem Warnzustand. Halten Sie sich vom Roboter fern.
Gelb (langsameres Blinken)	Warnung; Benutzerinteraktion erforderlich	Franka Research 3 befindet sich in einem Warnzustand, der vom Benutzer quittiert werden muss.	
Rosa (langsameres Blinken)	Widersprüchliche Eingänge	Franka Research 3 hat widersprüchliche Eingangssignale festgestellt.	Halten Sie sich vom Roboter fern.
Rot	Fehler	Ein Fehler ist aufgetreten (z. B. Sicherheitsfehler, Systemfehler oder unterbrochene Kommunikation).	Halten Sie sich vom Roboter fern.
Rot (langsameres Blinken)	Sicherheitsverstoß / Anwendungsfehler	Ein Sicherheitsverstoß oder ein Anwendungsfehler verhindert die Ausführung eines Tasks.	Sie können sich dem Roboter abhängig von dem in der Franka UI angezeigten Verstoß/Fehler und den zur Wiederherstellung aus einem Sicherheitsverstoß erforderlichen Schritten nähern. Nähern Sie sich dem Roboter je nach Situation und aktuellem Verstoß nur vorsichtig.

(*) Im Allgemeinen hängt es von der anwendungsspezifischen Risiko- und Gefährdungsanalyse und von der spezifischen Konfiguration der Sicherheitsszenarien ab, ob es sicher ist, sich dem Roboter in einer bestimmten Situation oder einem bestimmten Zustand zu nähern. Die farbigen Statusanzeigen können helfen, die Situation oder den Zustand des Systems zu erkennen. Die Statusanzeigen sind jedoch keine Sicherheitsfunktion, so dass der Benutzer immer vorsichtig sein muss, wenn er sich dem Roboter auf Grundlage solcher Informationen nähert. Treffen Sie im Zweifelsfall geeignete Sicherheitsmaßnahmen, um Verletzungen zu vermeiden, bevor Sie sich dem Roboter nähern (z. B. betätigen Sie die Not-Halt-Einrichtung oder aktivieren Sie den Sicherheitshalt).

Im Allgemeinen signalisiert langsames Blinken (0,6 Hz, zweimal alle 3 s), dass sich das System im Übergang zwischen verschiedenen Zuständen befindet; alternativ soll langsames Blinken den Benutzer darauf aufmerksam machen, dass Unterstützung erforderlich ist. Schnelles Blinken (2 Hz, zweimal pro Sekunde) warnt den Benutzer, dass eine Bewegung eingeleitet wird, der Roboter sich sehr langsam bewegt oder das System aktualisiert wird.

Wenn eine Statusanzeige bzw. das Gerät, das diese steuert, eine Unterbrechung der Kommunikation feststellt, wird dies als Fehler durch rotes Leuchten gemeldet.

Die Statusanzeigen signalisieren immer das wichtigste Ereignis oder den wichtigsten Zustand. Das Farbschema mit der höheren Priorität wird signalisiert. Bei gleicher Priorität wird nur ein Farbschema angezeigt.

11.2 Sicherheitsrelevante Tests von Franka Research 3

11.2.1 Selbsttest des Robotersystems

Die Selbsttests der Steuerung werden bei laufendem System durchgeführt. Der Arm wird einmal ein- und ausgeschaltet, um die Selbsttests für den Arm durchzuführen.

WARNUNG

Verletzungsgefahr durch herabfallende Gegenstände

Während des Ein- und Ausschaltens des Arms wird die Stromzufuhr zum Endeffektor unterbrochen. Gegenstände können aus dem Endeffektor fallen und zu Verletzungen führen.

- Nehmen Sie alle Gegenstände aus dem Endeffektor.
- Verlassen Sie den Gefahrenbereich.

HINWEIS

Alle 24 Stunden muss der Benutzer eine Sicherheitsdiagnose im laufenden Betrieb starten, um potenziell gefährliche Fehler während des Betriebs zu erkennen. In der Seitenleiste weist das System den Benutzer 2 Stunden im Voraus auf den Ablauf dieser Frist hin.

Bei Ablauf der Frist stoppt der Roboter alle Vorgänge und fordert den Benutzer auf, den Selbsttest zu starten. Hierzu erscheint eine Meldung, aus der Sie den Selbsttest starten können.

Sie können den Selbsttest auch jederzeit manuell starten. Gehen Sie hierzu nach den folgenden Schritten vor:

1. Öffnen Sie die Franka UI auf Ihrem Bediengerät.
2. Rufen Sie „Settings“ auf.
3. Wechseln Sie in die Ansicht „Dashboard“
4. Betätigen Sie die Schaltfläche „EXECUTE“ (Ausführen) neben der Anzeige des Countdowns zum Selbsttest.

⚠️ WARNUNG

Bei einer Unterbrechung der Stromversorgung können aus Endeffektoren Gegenstände fallen, wenn die SEEPO-Konfiguration aktiv ist

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Schnitte und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Verwenden Sie den passenden Endeffektortyp, um das Herabfallen von Gegenständen zu vermeiden.
- Berücksichtigen Sie die Form, die Beschaffenheit und das Gewicht der gegriffenen Gegenstände bei der Risikobeurteilung gemäß ISO 10218-2. Die Verwendung von leichten und/oder runden Gegenständen kann das Risiko erheblich mindern.

11.2.2 Regelmäßiges Testen der Sicherheitsfunktionen

Einige Sicherheitsfunktionen müssen regelmäßig auf ihre Funktion getestet werden. Dies gilt für die folgenden Sicherheitsfunktionen:

Sicherheitsfunktion	Test
Not-Halt-Einrichtung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Betätigen Sie die Not-Halt-Einrichtung, während der Roboter nicht aktiv ist. 2. Prüfen Sie, ob die Bremsen eingelegt werden.
Handführ-/Zustimmeinrichtung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lassen Sie die Zustimmungstaste am Pilot-Griff während der Handführung los. <i>Der Roboter muss anhalten.</i> 2. Drücken Sie die Zustimmungstaste am Pilot-Griff während der Handführung ganz durch. <i>Der Roboter muss anhalten.</i>
Externe Zustimmungseinrichtung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lassen Sie die Zustimmungstaste der externen Zustimmungseinrichtung los, während Sie einen Task testen. <i>Der Roboter muss anhalten.</i> 2. Drücken Sie die Zustimmungstaste der externen Zustimmungseinrichtung ganz durch, während Sie einen Task testen. <i>Der Roboter muss anhalten.</i>
Jeder an X3.2 oder X3.3 angeschlossene Schalter	<ol style="list-style-type: none"> 1. Betätigen Sie den Schalter. 2. Prüfen Sie, ob die konfigurierte Sicherheitsfunktion entsprechend ausgelöst wird.

HINWEIS

- Aktivieren Sie alle 12 Monate während der Inbetriebnahme das Not-Halt-System.
- Setzen Sie alle 12 Monate während der Inbetriebnahme das Not-Halt-System wieder zurück.
- Überprüfen Sie alle 12 Monate sämtliche Sicherheitseinrichtungen, z. B. das Not-Halt-System, auf ihre Funktion.
- Überprüfen Sie alle zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen, die zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs getroffen wurden.



Informationen zum Not-Halt-System finden Sie im Kapitel 4.7 „Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen“.

11.2.3 Testen der Not-Halt-Einrichtung

WARNUNG

Gefahr von schweren Verletzungen durch eine nicht funktionierende Not-Halt-Einrichtung

Die Verwendung einer nicht funktionsfähigen Not-Halt-Einrichtung zum Anhalten eines Vorgangs im Notfall kann zum Einklemmen von Körperteilen oder Personen und in der Folge zu schweren Verletzungen wie Quetschungen, Hautrissen (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren führen.

- Die Not-Halt-Einrichtung muss sich an einem sicheren Ort befinden.

HINWEIS

Sachschaden

Endeffektor, Werkstücke und umgebende Gegenstände können beschädigt werden, wenn das Gerät an einem ungünstigen Punkt im Prozess angehalten wird.

- Verwenden Sie die Not-Halt-Einrichtung nur in sicherheitskritischen Situationen.

HINWEIS

Der Arm wird bei Betätigung des Not-Halts unabhängig von Schäden am Arm sicher angehalten und verhindert so Personenschäden.

HINWEIS

Nach einem Not-Halt könnte der Arm beschädigt oder nicht länger kalibriert sein. Wenn bei der nächsten Inbetriebnahme Fehlfunktionen festgestellt werden, wird der Benutzer informiert.

HINWEIS

Berücksichtigen Sie neben Franka Research 3 auch andere installierte Geräte, die bei einem Not-Halt ebenfalls abgeschaltet werden.

SICHERHEITSANWEISUNG

Voraussetzungen

- Franka Research 3 muss stillstehen, Tasks dürfen nicht ausgeführt werden.
- Die Verriegelungsbolzen des Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystems müssen geöffnet sein.
- Der Arm darf sich nicht bewegen.

Vorgehensweise

1. Räumen Sie den Raum um den Arm herum frei und entfernen Sie ggf. gegriffene Bauteile aus dem Endeffektor, um eine Beschädigung der gegriffenen Gegenstände oder von solchen in der Umgebung zu vermeiden.
2. Bringen Sie den Arm mithilfe der Handführung in eine Position, die frei von Hindernissen ist, z. B. 200 mm über stationären Objekten.
3. Aktivieren Sie den Not-Halt.

Der Arm sinkt leicht ab und es ertönt ein Klickgeräusch, wenn die mechanischen Verriegelungsbolzen einrasten.

11.3 Erstkonfiguration

11.3.1 Anschließen eines Bediengeräts

Zur Bedienung und Steuerung des Roboters wird ein externes Bediengerät in Form eines PCs, Laptops oder Tablets benötigt.

Hardwareempfehlung:

- Handelsüblicher PC, Laptop oder Tablet
- Ethernet-Schnittstelle
- Auflösung mind. 1280x720px, empfohlen Full HD (1920x1080 px)
- Multitouch-Funktion, bei Verwendung eines Tablets
- Empfohlene Browser: Chrome, Edge, Safari oder Firefox

Vorgehensweise

1. Schließen Sie das Bediengerät über ein Ethernet-Kabel an dem Anschluss X5 am Roboterfuß an, um die Benutzeroberfläche für die Erstkonfiguration öffnen zu können.

Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 10.6 „Verkabelung und elektrische Installation“.

2. Um die IP-Adresse automatisch über DHCP zu beziehen, stellen Sie sicher, dass Ihr Bediengerät den DHCP-Client aktiviert hat.
Die IP-Adresse wird nach dem Einschalten von Franka Research 3 automatisch zugewiesen.
3. Rufen Sie Ihren bevorzugten Webbrowser auf.
4. Geben Sie die folgende URL ein: robot.franka.de
5. Drücken Sie die Eingabetaste.

Die Website mit der Franka UI wird geöffnet.

11.3.2 Durchführung „First Start“

Nach dem ersten Starten der Steuerung ist es erforderlich, Grundeinstellungen im System vorzunehmen. Die Erstkonfiguration wird im Webbrowser angezeigt. Diese Erstkonfiguration wird auch nach dem Zurücksetzen der Steuerung auf die Werkseinstellungen angezeigt.

Zur Durchführung der Erstkonfiguration führen Sie zuerst die Vorgehensweise aus Kapitel 11.3.1 „Anschließen eines Bediengeräts“ aus und gehen Sie dann nach den folgenden Schritten vor:

1. Starten Sie Franka Research 3.
2. Geben Sie die folgende URL ein: robot.franka.de
 - ⇒ Es öffnet sich die Weboberfläche „First Start“ des Franka UI mit der Sprachauswahl der Systemoberfläche.

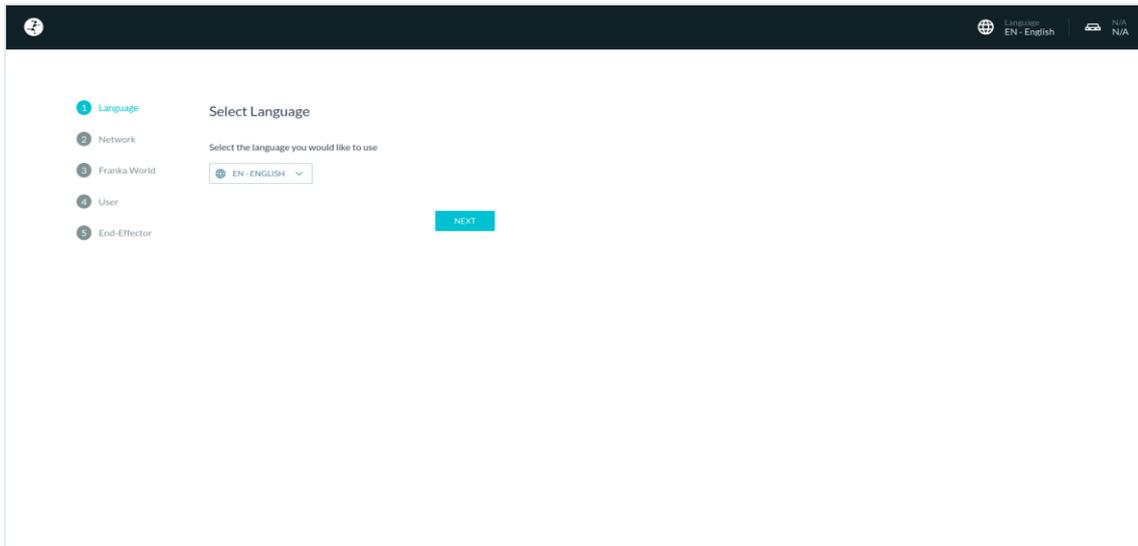


Abb.11.3 Sprachauswahl Ersteinrichtung

3. Klicken Sie in der Menüleiste auf das Feld der IP-Adresse des Roboters. Laden Sie dort das Benutzerhandbuch herunter und lesen Sie dieses sorgfältig durch.
4. Wählen Sie die gewünschte Sprache für die Franka UI-Oberfläche aus. Klicken Sie auf „NEXT“
 - ⇒ Die Seite zum Einstellen der Netzwerkkonfiguration wird geöffnet.

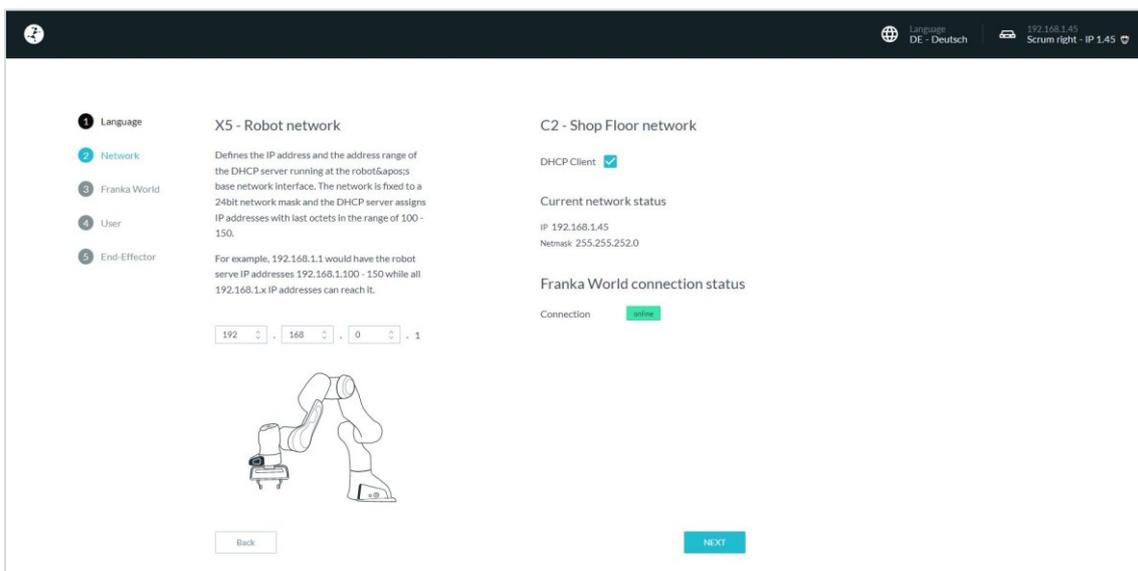


Abb.11.4 Netzwerk Ersteinrichtung

Auf dieser Seite können die Netzwerkverbindungen des internen Roboternetzwerkes und die der Internetverbindung bzw. Anbindung an ein Firmennetzwerk konfiguriert werden.

Die Subadresse des Roboternetzwerkes kann bei Bedarf angepasst werden. Die Standardeinstellung ist 192.168.0.1, der Adressbereich kann von 100-150 verwendet werden.

Für den Zugang zum Firmennetzwerk bzw. des Internets kann auf die Verwendung des DHCP-Clients zurückgegriffen oder eine manuelle Konfiguration durchgeführt werden.

Der aktuelle Verbindungsstatus zur Franka World wird graphisch dargestellt.

5. Bestätigen Sie die Einstellungen durch Klicken auf „NEXT“

⇒ Es öffnet sich die Weboberfläche zum Konfigurieren / Verwalten des Roboters mit der Franka World.

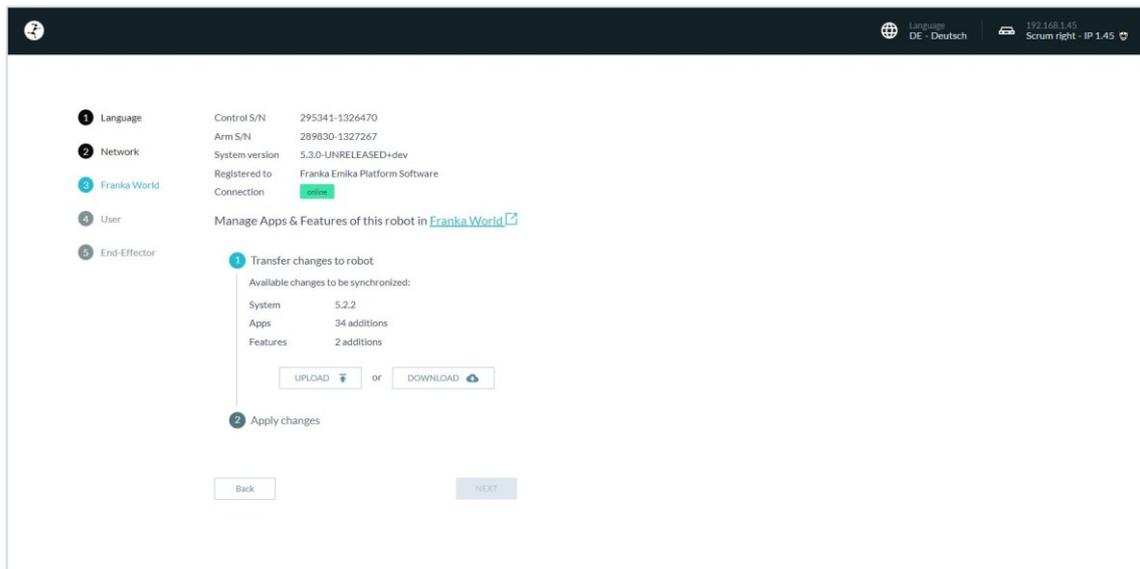


Abb.11.5 Franka World Registrierung

Diese Seite dient zur Registrierung des Roboters in der Franka World und zur Verwaltung von Updates und Apps.

Wenn die Steuerung mit dem Internet verbunden ist, wird der Roboter automatisch in der Franka World angemeldet und auf die Verfügbarkeit der neuesten System-Updates bzw. von Applikationssoftware (Apps) geprüft.

Das Konfigurieren des Roboters erfolgt in der Franka World. Diese können Sie durch Klicken auf den Link öffnen.

Für die Installation von System-Updates und Apps ist ein Franka World-Konto erforderlich (siehe Kapitel 14.2 „Verwalten von Apps und Features“).



Weitere Informationen zu Franka World finden Sie im Kapitel 14.1 „Franka World“.

6. Zum Übertragen der verfügbaren Änderungen klicken Sie auf „Download“

Wenn eine Internetverbindung nicht hergestellt werden kann, können Sie das Gerät auch „offline“ aktualisieren. Lesen Sie hierzu das Kapitel 14.4 „Updates“.

7. Nach dem Übertragen der Daten wird die Bestätigung zum Durchführen der Installation benötigt. Klicken Sie hierzu auf „Apply“.

Bei systemrelevanten Änderungen wird ein Neustart eingeleitet. Anschließend wird die First-Start-Prozedur erneut gestartet, ihre bisherigen Einstellungen sind jedoch hinterlegt. Bestätigen Sie dann alle vorherigen Schritte mit „Next“.

Wenn im Schritt Franka World alle verfügbaren Änderungen installiert wurden, dann können Sie den nächsten Schritt durch Klicken auf „Next“ erreichen.



Informationen zu System-Updates und Apps finden Sie im Kapitel 14.2 „Verwalten von Apps und Features“.

⇒ Die Weboberfläche zum Anlegen des Administrators wird geöffnet.

Abb.11.6 Admin Erstellung

- Erstellen Sie einen ersten Benutzer des Typs „Administrator“.

Dieser Benutzer kann die Konfiguration später fortsetzen und weitere Systembenutzer anlegen. Weitere Informationen zu Rollen finden Sie im Abschnitt „Anlegen eines Administrators“ in Kapitel 5 „ROLLEN UND PERSON“.

- Bestätigen Sie die Eingabe durch Klicken auf „Next“.

⇒ Die Weboberfläche zum Konfigurieren des Endeffektors wird geöffnet.

Abb.11.7 Endeffektor Einstellungen

⚠️ WARNUNG**Unerwartete Bewegung bei der Handführung aufgrund falsch konfigurierter Endeffektoren**

Falsch konfigurierte Masse und Trägheit des Endeffektors können zu nicht vollständig kompensierten Gravitationskräften führen. Daraus kann sich ein unerwartetes Verhalten des Roboters einschließlich des Endeffektors ergeben, was Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen zur Folge haben kann.

- Prüfen Sie immer die Konfiguration des Endeffektors.
- Stellen Sie beim Kopieren einer bereits parametrisierten App oder eines Tasks in ein anderes Franka Research 3 System sicher, dass die Konfiguration des Endeffektors mit der ursprünglichen übereinstimmt.

⚠️ VORSICHT**Aus Endeffektoren fallende Gegenstände bei der Erstinbetriebnahme**

Vom Greifer herabfallende Gegenstände führen zu Verletzungen an Händen, Fingern, Füßen und Zehen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Verwenden Sie geeignete Greifer, um das Herabfallen von Gegenständen zu vermeiden.
- Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung gemäß 10218-2 Form, Textur und Gewicht der erfassten Objekte. Die Verwendung von leichten und/oder runden Gegenständen kann das Risiko erheblich mindern.
- Bringen Sie Ihre Hände nicht zwischen gegriffene und feststehende Gegenstände (z. B. Tisch).
- Beladen Sie den Endeffektor nicht vor der Inbetriebnahme, da möglicherweise, je nach installiertem Endeffektor, die Referenzfahrt nach Wiederherstellung der Stromversorgung automatisch ausgeführt wird.

10. Konfigurieren Sie, welcher Endeffektor am Roboter verwendet wird.

Wenn kein Endeffektor montiert ist, wählen Sie „None“ (Keiner) aus der Dropdown-Liste aus.

Wenn Sie Franka Hand als Endeffektor montiert haben, wählen Sie „Hand“ aus der Dropdown-Liste.

HINWEIS

Die Franka Hand ist nicht Teil des zertifizierten Roboters.

Wenn Sie einen anderen Endeffektor verwenden oder die Konfiguration von Franka Hand anpassen möchten, wählen Sie „User Defined“ (Benutzerdefiniert) aus der Dropdown-Liste und geben Sie die passenden Werte in die Textfelder ein. Die passenden Wertefinden Sie üblicherweise im Handbuch Ihres Endeffektors.

HINWEIS

Sie können die Endeffektor-Einstellungen später nachbearbeiten.

11. Bestätigen Sie die Eingaben durch Klicken auf „Confirm“. Die Erstkonfiguration ist somit abgeschlossen und bestätigt und es wird ein letzter Vorbereitungsschritt durchgeführt.

- ⇒ Die Programmierschnittstelle Desk wird im Webbrowser angezeigt, und die Statusanzeige am Arm leuchtet dauerhaft blau.

11.4 Einrichtung Franka Control Interface (FCI)

Um den Roboter über das Franka Control Interface (FCI) bedienen zu können, muss das FCI-Feature auf Ihrem Gerät installiert sein. Wenn es bereits auf der Steuerung installiert ist, wird es unter Franka UI -> Einstellungen -> System -> Installierte Funktionen aufgelistet. Standardmäßig wird das FCI-Feature automatisch bei der Erstkonfiguration installiert. Sollte FCI noch nicht installiert ist, können Sie es über Ihr Franka World Konto auf der Steuerung installieren.

Für die Steuerung des Roboters über das Franka Control Interface (FCI) muss das Bediengerät über ein Ethernet-Kabel mit dem Netzwerkanschluss C2 an der Steuerung verbunden sein.

HINWEIS

Die Steuerung über FCI ist nur über den C2 - Netzwerkanschluss möglich. Die Verwendung des X5 - Roboteranschluss am Roboterfuß ist für die Verwendung der FCI-Funktion nicht geeignet.

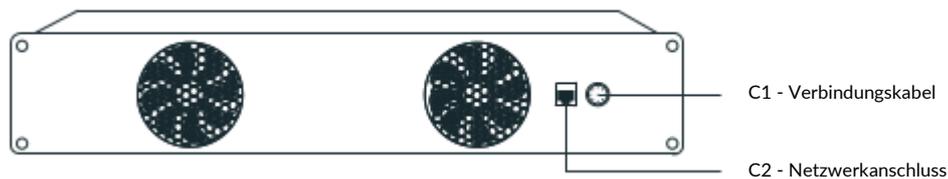


Abb.11.8 Netzwerkanschluß bei FCI Benutzung

11.4.1 Konfiguration des Netzwerkes für die Steuerung über FCI

Eine gute Netzwerkverbindung ist für die Steuerung des Roboters über die FCI-Schnittstelle entscheidend. Es wird daher dringend empfohlen, eine direkte Verbindung zwischen dem Bediengerät und der Robotersteuerung zu verwenden. Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie Ihr Netzwerk für diesen Anwendungsfall konfigurieren.

Zur Bedienung und Steuerung des Roboters über die FCI-Schnittstelle wird ein externes Bediengerät in Form eines PCs oder Laptops mit einem Linux Betriebssystem (z.B. Ubuntu) empfohlen.

Hardwareempfehlung:

- Handelsüblicher PC oder Laptop mit Linux
- Ethernet-Schnittstelle
- Auflösung mind. 1280x720px, empfohlen Full HD (1920x1080 px)
- Empfohlene Browser: Chrome oder Firefox

Die Steuerung und Ihr Bediengerät müssen so konfiguriert werden, dass Sie sich im selben Netzwerk befinden. Der einfachste Weg, dies zu erreichen, ist die Verwendung statischer IP-Adressen. Es können zwei beliebige Adressen im selben Netzwerk verwendet werden, aber für die Zwecke dieses Beispiels werden die folgenden Werte verwendet:

	Bediengerät	Steuerung
Adresse	172.16.0.1	172.16.0.2
Netzmaske	24	24

Die Adresse der Steuerung (172.16.0.2) wird in den folgenden Kapiteln als <fci-ip> bezeichnet.

HINWEIS

Mit dieser Netzwerkkonfiguration ist die Franka UI über <fci-ip> erreichbar, auch wenn Sie in Ihrem Browser eine Zertifikatswarnung sehen.

Das Netzwerk der Steuerung kann über die Settings-Oberfläche konfiguriert werden. Für die Dauer dieses Schritts können Sie die Verbindung zum Roboter über den X5 - Roboternetzwerkanschluss im Sockel des Roboters herstellen. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel 11.3.1 "Anschließen eines Bediengeräts".

Um eine statische Adresse einzurichten, deaktivieren Sie den DHCP-Client in den „C2-Shop Floor network“ Einstellungen.

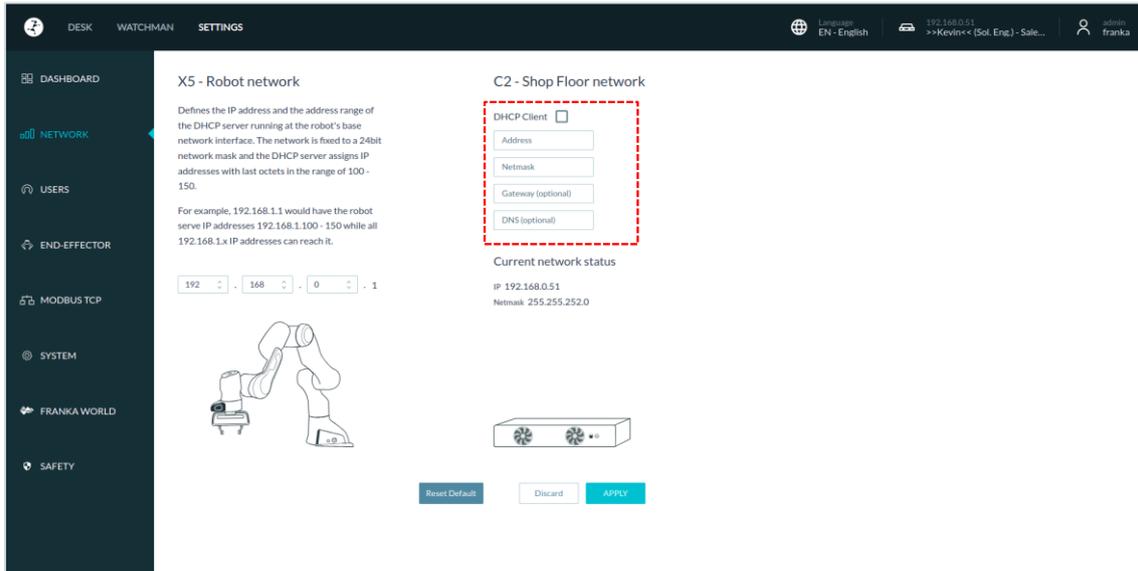


Abb.11.9 Netzwerkeinstellungen

Nun können Sie die Einstellung der statischen IP für den LAN-Anschluss der Steuerung für das Shop Floor-/ Firmennetzwerk konfigurieren. Drücken Sie zur Bestätigung „Apply“.

Nachdem die Einstellungen erfolgreich übernommen wurden, müssen die Einstellungen der Netzwerkschnittstelle des Bediengerätes in Linux noch angepasst werden.

Konfiguration des Bediengerätes

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie eine statische IP-Adresse unter Ubuntu 20.04 mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche einrichten. Folgen Sie der offiziellen Ubuntu-Anleitung, wenn Sie lieber die Kommandozeile verwenden möchten.

HINWEIS

Die folgenden Schritte werden Ihre Netzwerkeinstellungen verändern. Wenden Sie sich im Zweifelsfall an den Administrator Ihres Netzwerks.

Gehen Sie zunächst zum Widget Netzwerkverbindung. Wählen Sie die kabelgebundene Verbindung aus, die Sie verwenden möchten, und klicken Sie auf Bearbeiten.

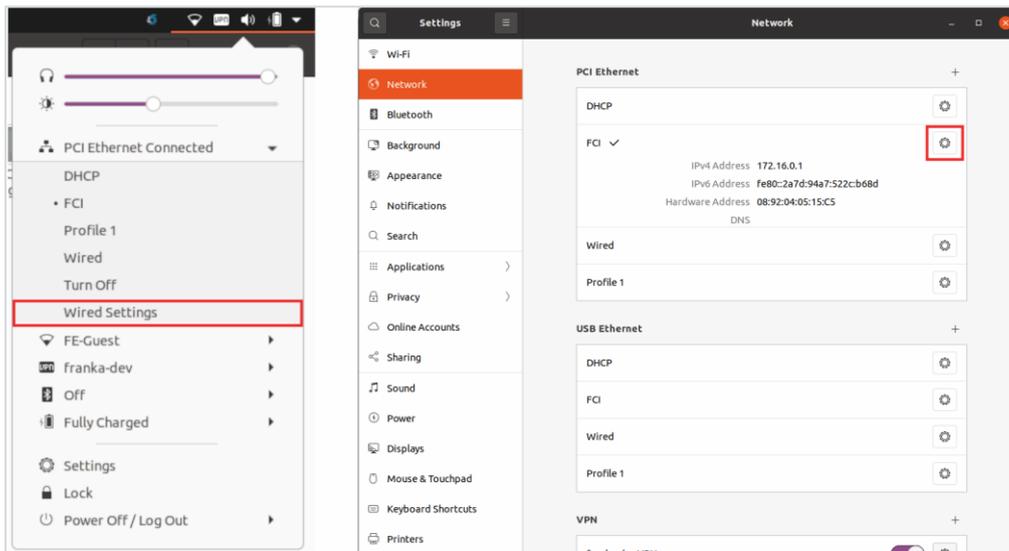


Abb. 11.10 Ubuntu - Ethernetkonfiguration

Klicken Sie anschließend auf die Registerkarte IPv4-Einstellungen, stellen Sie die Methode auf Manuell ein und geben Sie die in der folgenden Abbildung dargestellten Werte ein.

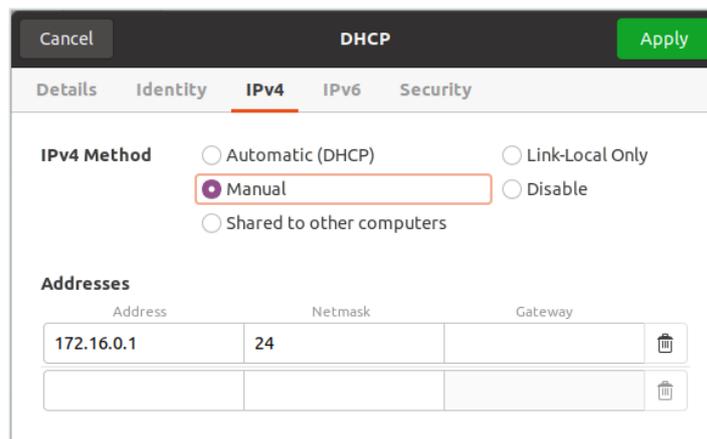


Abb.11.11 Ubuntu - Setzen der Statischen IP

HINWEIS

Dieser Schritt deaktiviert DHCP, was bedeutet, dass Sie keine Adresse mehr erhalten, wenn Sie eine Verbindung zu einem DHCP-Server, wie z.B. an dem X5 - Roboternetzwerk am Roboterfuß, herstellen. Wenn Sie FCI nicht mehr verwenden, können Sie die Methode wieder auf Automatisch (DHCP) ändern.

Speichern Sie die Änderungen, und schließen Sie das Fenster Netzwerkverbindung. Klicken Sie im Dropdown-Menü auf den Verbindungsnamen. Von nun an können Sie auch über die <fci-ip> Adresse in Ihrem Browser auf die Franka UI zugreifen.

Zur Überprüfung der Netzwerkqualität, führen Sie nach dem Abschluss der FCI-Konfiguration des Systems einen Kommunikationstest der Netzwerkbandbreite, -verzögerung und -jitter durch.

11.4.2 Setup von libfranka auf der Linux Workstation

Empfohlen für das Setup ist eine Ubuntu 22.04 Pro Version oder aktueller. In dieser Version stellt Ubuntu bereits den erforderlichen RT Kernel zur Verfügung, sie kann jedoch je nach Verwendung kostenpflichtig sein. Sollten Sie eine Ubuntu-Version ohne bereitgestellten RT Kernel verwenden, so muss dieser vor der Installation

von libfranka installiert werden. Über den Real-Time-Kernel wird die Echtzeitübertragung mit 1 kHz der Signale zwischen der Steuerung und dem Bediengerät realisiert.

Das Setup der libfranka erfordert dann zwei Schritte, die nacheinander durchgeführt werden müssen. Für die Durchführung benötigen Sie auf Ihrem Linux-PC volle „Admin“ Rechte.

Weiterführende Hilfestellung finden Sie auch in der [FCI-Dokumentation](#) über die [Franka World](#).

Installation PREEMPT_RT Kernel

Im ersten Schritt muss, sofern noch kein RT Kernel mit der Ubuntu-Version installiert wurde, ein PREEMPT Real-Time-Kernel installiert werden. Legen Sie hierzu einen neuen Ordner in Ihrem Laufwerk ihres Linux PC's an und starten sie daraus das Terminal.

HINWEIS

NVIDIA-Binärtreiber werden von PREEMPT_RT-Kerneln nicht unterstützt.

Zur Installation gehen Sie nun nach den folgenden Schritten vor:

HINWEIS

Um Tippfehler bei der Befehlseingabe zu vermeiden, öffnen Sie die online FCI-Dokumentation und kopieren Sie dort die Befehlszeilen, die Sie dann im Terminal einfügen und ausführen können.

- **Download**

Zur Installation der Dependencies geben Sie den folgenden Befehl im Command-Bereich ein:

```
sudo apt-get install build-essential bc curl ca-certificates gnupg2 libssl-dev lsb-release libelf-dev bison flex
dwarves zstd libncurses-dev
```

Dann müssen Sie entscheiden, welche Kernelversion Sie verwenden wollen. Verwenden Sie den folgenden Befehl, um herauszufinden, welche Version Sie gerade verwenden.

```
uname -r
```

Echtzeit-Patches sind nur für bestimmte Kernel-Versionen verfügbar. Diese können unter <https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/> ausgewählt werden. Es wird empfohlen, die Version zu wählen, die der von Ihnen derzeit verwendeten am nächsten kommt. Die durch Franka Robotics getestete Version ist die 5.9.1 für Ubuntu 20.04, auf der die nachfolgenden Installationsschritte basieren.

Verwenden Sie die nachfolgenden Befehlszeilen, um die Quelldateien herunterzuladen.

Wenn Sie sich für eine abweichende Version entschieden haben, passen Sie hierzu in den Befehlszeilen die Versions-Nummer (5.9.1) an die von Ihnen gewählte Version an.

```
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.9.1.tar.xz
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.9.1.tar.sign
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/5.9/patch-5.9.1-rt20.patch.xz
curl -SLO https://www.kernel.org/pub/linux/kernel/projects/rt/5.9/patch-5.9.1-rt20.patch.sign
```

Dekomprimieren Sie anschließend die heruntergeladenen Daten mit dem Befehl:

```
xz -d *.xz
```

- **Überprüfung**

Nach dem Herunterladen der Dependencies wird empfohlen, diese zu überprüfen, ob diese beschädigt oder manipuliert wurden. Die dazu empfohlenen Schritte sind aus dem [Linux Kernel Archiv](#) entnommen.

Benutzen Sie zur Überprüfung die folgenden Befehle:

```
gpg2 --verify linux-*.tar.sign
gpg2 --verify patch-*.patch.sign
```

Wenn alle geladenen Pakete korrekt sind, erhalten Sie bei jedem Befehl eine Meldung, die dem nachfolgenden Beispiel entspricht.

```
$ gpg2 --verify linux-*.tar.sign
gpg: assuming signed data in 'linux-4.14.12.tar'
gpg: Signature made Fr 05 Jan 2018 06:49:11 PST using RSA key ID 6092693E
gpg: Good signature from "Greg Kroah-Hartman <gregkh@linuxfoundation.org>" [unknown]
gpg:          aka "Greg Kroah-Hartman <gregkh@kernel.org>" [unknown]
gpg:          aka "Greg Kroah-Hartman (Linux kernel stable release signing key)
<greg@kroah.com>" [unknown]
gpg: WARNING: This key is not certified with a trusted signature!
gpg:          There is no indication that the signature belongs to the owner.
Primary key fingerprint: 647F 2865 4894 E3BD 4571 99BE 38DB BDC8 6092 693E
```

Weitere Details zur Meldung können Sie dem [Linux Kernel Archive](#) entnehmen.

Wenn die Überprüfung einen Fehler ausgibt, dann erhalten Sie eine Meldung, die dem nachfolgenden Beispiel entspricht.

```
$ gpg2 --verify linux-*.tar.sign
gpg: assuming signed data in 'linux-4.14.12.tar'
gpg: Signature made Fr 05 Jan 2018 06:49:11 PST using RSA key ID 6092693E
gpg: Can't check signature: No public key
```

Für diesen Fall müssen Sie den Key vom Key-Server herunterladen.

Verwenden Sie hierzu sowohl für „*.tar“ als auch für „*.patch“ den nachfolgenden Befehl und tragen sie die in der jeweiligen Fehlermeldung angegebene ID in der Befehlszeile ein.

```
gpg2 --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 --recv-keys 6092693E
```

- **Kompilieren**

Wenn Sie sicher sind, dass die Dateien korrekt heruntergeladen wurden, können Sie den Quellcode extrahieren und den Patch anwenden. Geben Sie hierzu die nachfolgenden Befehle nacheinander ein:

```
tar xf linux-*.tar
cd linux-*/
patch -p1 < ../patch-*.patch
```

Ermitteln Sie den aktuellen Namen des Patches mit dem Befehl:

```
uname -r
```

Als nächstes kopieren Sie mit der nachfolgenden Befehlszeile Ihre aktuell gebootete Kernelkonfiguration als Standardkonfiguration für den neuen Real-Time-Kernel. Über „uname -r“ wird automatisch der aktuelle Kernel ausgewählt.

```
cp -v /boot/config-$(uname -r) .config
```

Jetzt können Sie diese Konfiguration als Standard für die Konfiguration des Builds verwenden. Geben Sie hierzu die nachfolgenden Befehle ein:

```
make olddefconfig
make menuconfig
```

Mit dem zweiten Befehl wird eine Terminalschnittstelle (TUI) aufgerufen, in der Sie das Preemption Model konfigurieren können.

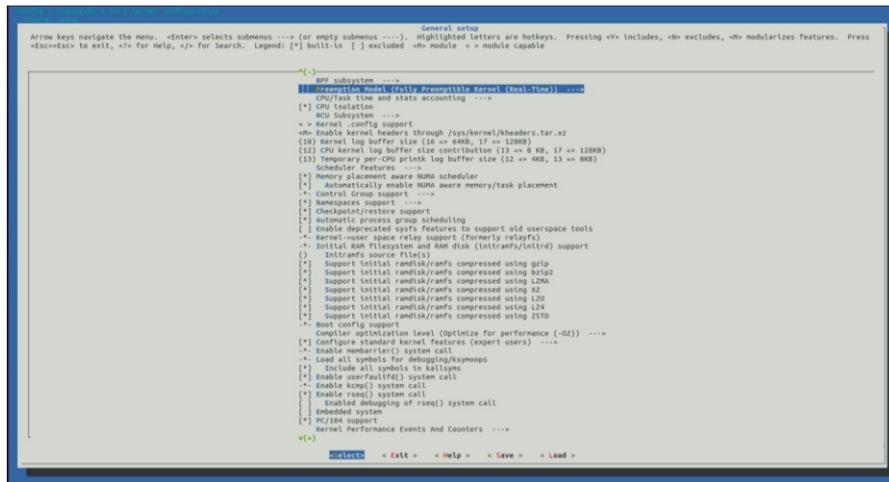


Abb.11.12 TUI-Schnittstelle

- Navigieren Sie mit den Auf-/ Abtasten zu „General Setup“ > „Preemption Model“ und markieren Sie dort > „Fully Preemptible Kernel (Real-Time)“ Mittels der Seitlichen Pfeiltasten Können Sie den Cursor in der Befehlszeile am unteren Bildschirmrand auf Select setzen. Betätigen Sie nun <Enter> und die Auswahl wird gewählt.
- Setzen Sie den Cursor in der Befehlszeile auf <EXIT> und betätigen Sie <Enter> so oft, bis Sie in das Hauptmenü zurückgekehrt sind.
- Navigieren Sie nun zur „Cryptographic API“ > „Certificates for signature checking“ (ganz unten in der Liste) > „Provide system-wide ring of trusted keys“
- Wählen Sie dort **“Additional X.509 keys for default system keyring“** und drücken Sie Enter. Es öffnet sich ein Eingabefenster. Entfernen Sie dort den Eintrag **“debian/canonical-certs.pem“** aus der Eingabeaufforderung und drücken Sie Ok.
- Navigieren Sie nun zur „Cryptographic API“ > „Certificates for signature checking“ (ganz unten in der Liste) > „Provide system-wide ring of revocation certificates“
- Wählen Sie dort **“X.509 Certificates to be preloaded into the system blacklist keyring“** und drücken Sie Enter. Es öffnet sich ein Eingabefenster. Entfernen Sie dort den Eintrag **“debian/canonical-revoked-certs.pem“** aus der Eingabeaufforderung und drücken Sie Ok.
- Speichern Sie diese nun die Konfiguration in .config und beenden Sie die Terminalschnittstelle (TUI).

Nun ist die Installation bereit, dass der Kernel kompiliert werden kann. Da dies ein langwieriger Prozess ist, wird durch den Befehl „nproc“ die Multithreading-Option „-j“ in der Befehlszeile automatisch die maximale Anzahl der Kerne Ihrer CPU verwendet. Dennoch benötigt dieser Schritt längere Zeit.

```
make -j$(nproc) deb-pkg
```

Nun können Sie das neu erstellte Paket mit dem nachfolgenden Befehl installieren. Die genauen Namen hängen von Ihrer Umgebung ab. Der Befehl sucht nach den Header- und Images-Paketen.

```
sudo dpkg -i ../linux-headers-*.deb ../linux-image-*.deb
```

- **Überprüfen des neuen Kernels**

Starten Sie Ihr System neu. Das Grub-Boot-Menü sollte Ihnen nun die Möglichkeit geben, Ihren neu installierten Kernel auszuwählen. Um zu sehen, welcher Kernel nach dem Boot verwendet wird, sehen Sie sich die Ausgabe des nachfolgenden Befehls an:

```
uname -a
```

Sie sollten die Zeichenfolge `PREEMPT_RT` und die von Ihnen gewählte Versionsnummer enthalten. Außerdem sollte die Datei `/sys/kernel/realtime` existieren und die Nummer „1“ beinhalten.

HINWEIS

- Wenn Sie auf Fehler stoßen, die dazu führen, dass Sie den neuen Kernel nicht booten können, lesen Sie bitte „[Cannot boot realtime kernel because of Invalid Signature](#)“.
- Wenn Sie den Build neu durchführen möchten, dann löschen Sie zuvor alle entpackten Daten aus Ihrem Installationsordner.

- **Erlauben Sie einem Benutzer, Echtzeitberechtigungen für seine Prozesse festzulegen**

Nachdem der `PREEMPT_RT`-Kernel installiert ist und läuft, muss eine Gruppe namens „realtime“ hinzugefügt werden. Dieser Gruppe muss nun um den Namen des Benutzers ergänzt werden, der Ihren Roboter steuern soll.

Ihren Benutzernamen erhalten Sie über die Befehlszeile:

```
whoami
```

```
sudo addgroup realtime
sudo usermod -a -G realtime $(whoami)
```

Öffnen Sie anschließend mit folgendem Befehl die „limits.conf“ Datei:

```
sudo gedit /etc/security/limits.conf
```

Fügen Sie anschließend die folgenden Grenzwerte für die Echtzeitgruppe in die Datei ein und speichern Sie diese.

```
@realtime soft rtprio 99
@realtime soft priority 99
@realtime soft memlock 102400
@realtime hard rtprio 99
@realtime hard priority 99
@realtime hard memlock 102400
```

Die Einstellungen werden angewendet, nachdem Sie sich ab- und wieder angemeldet haben.

Installation Libfranka

Im nächsten Schritt wird die Installation der libfranka aus Quelldateien beschrieben. Alternativ kann die libfranka auch durch ROS-repos (<Ubuntu 22.04) bzw. ROS2-repos (ab Ubuntu 22.04) installiert werden.

Weiterführende Hilfestellung finden Sie auch in der [FCI-Dokumentation](#) in der [Franka World](#).

HINWEIS

Um Tippfehler bei der Befehlseingabe zu vermeiden, öffnen Sie die online FCI-Dokumentation und kopieren Sie dort die Befehlszeilen, die Sie dann im Terminal einfügen und ausführen können.

Um eventuelle Konflikte bei der Installation zu vermeiden, deinstallieren Sie alle existierenden libfranka und franka_ros Installationen, bevor Sie mit dem Build der neuen libfranka beginnen.

Führen Sie hierzu den folgenden Befehl im Terminal aus:

```
sudo apt remove "*libfranka*"
```

- **Download**

Um libfranka zu installieren, müssen die Dependencies heruntergeladen werden. Hierzu geben sie die nachfolgende Befehlszeile ein:

```
sudo apt install build-essential cmake git libpoco-dev libeigen3-dev
```

Dann laden Sie den Quellcode herunter, indem Sie libfranka von GitHub klonen und anschließend in das Verzeichnis wechseln. Verwenden Sie hierzu die folgenden Befehle:

```
git clone --recursive https://github.com/frankaemika/libfranka --branch 0.10.0
cd libfranka
```

- **Installieren**

Anschließend werden über die nachfolgenden Befehle ein Buildordner im aktuellen Verzeichnis angelegt und der Befehl „CMake“ zur Erstellung der Build- / Projektdateien ausgeführt.

```
mkdir build
cd build
cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release -DBUILD_TESTS=OFF ..
cmake --build .
```

Es wird empfohlen das optionale libfranka Debian Paket zu installieren. Geben Sie hierzu den nachfolgenden Befehl im selben Verzeichnis ein, der das Paket „libfranka-<version>-<architecture>.deb“ erzeugt.

```
cpack -G DEB
```

Dieses wird dann durch den nachfolgenden Befehl installiert.

```
sudo dpkg -i libfranka*.deb
```

Die libfranka ist nun auf Ihrem PC installiert und kann zur Steuerung des Roboters über FCI verwendet werden.

11.4.3 Überprüfung der Kommunikation

Nach der erfolgreichen Kompilierung / Installation der libfranka wird ein Test der Kommunikation der Schnittstelle empfohlen. Stellen Sie hierzu sicher, dass der Roboter für die FCI-Nutzung in Desk vorbereitet ist, und führen Sie das Beispiel „echo_robot_state“ aus libfranka aus.

Wechseln Sie in das Build-Verzeichnis von libfranka und führen Sie unter Linux die nachfolgende Eingabe aus:

```
./examples/echo_robot_state <fci-ip>
```

Das Programm gibt hierdurch den aktuellen Zustand des Roboters auf der Konsole aus und beendet sich automatisch nach ein paar Iterationen.

```
{
  "O_T_EE": [0.998578,0.0328747,-0.0417381,0,0.0335224,-0.999317,0.0149157,0,-0.04122,
    -0.016294,-0.999017,0,0.305468,-0.00814133,0.483198,1],
  "O_T_EE_d": [0.998582,0.0329548,-0.041575,0,0.0336027,-0.999313,0.0149824,0,-0.0410535,
    -0.0163585,-0.999023,0,0.305444,-0.00810967,0.483251,1],
  "F_T_EE": [0.7071,-0.7071,0,0,0.7071,0.7071,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0.1034,1],
  "EE_T_K": [1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1],
  "m_ee": 0.73, "F_x_Cee": [-0.01,0,0,0.03], "I_ee": [0.001,0,0,0,0.0025,0,0,0,0.0017],
  "m_load": 0, "F_x_Cload": [0,0,0], "I_load": [0,0,0,0,0,0,0,0],
  "m_total": 0.73, "F_x_Ctotal": [-0.01,0,0.03], "I_total": [0.001,0,0,0,0.0025,0,0,0,0.0017],
  "elbow": [-0.0207622,-1], "elbow_d": [-0.0206678,-1],
  "tau_J": [-0.00359774,-5.08582,0.105732,21.8135,0.63253,2.18121,-0.0481953],
  "tau_J_d": [0,0,0,0,0,0,0],
  "dtau_J": [-54.0161,-18.9808,-64.6899,-64.2609,14.1561,28.5654,-11.1858],
  "q": [0.0167305,-0.762614,-0.0207622,-2.34352,-0.0305686,1.53975,0.753872],
  "dq": [0.00785939,0.00189343,0.00932415,0.0135431,-0.00220327,-0.00492024,0.00213604],
  "q_d": [0.0167347,-0.762775,-0.0206678,-2.34352,-0.0305677,1.53975,0.753862],
  "dq_d": [0,0,0,0,0,0,0],
  "joint_contact": [0,0,0,0,0,0], "cartesian_contact": [0,0,0,0,0,0],
  "joint_collision": [0,0,0,0,0,0], "cartesian_collision": [0,0,0,0,0,0],
  "tau_ext_hat_filtered": [0.00187271,-0.700316,0.386035,0.0914781,-0.117258,-0.00667777,
    -0.0252562],
  "O_F_ext_hat_K": [-2.06065,0.45889,-0.150951,-0.482791,-1.39347,0.109695],
  "K_F_ext_hat_K": [-2.03638,-0.529916,0.228266,-0.275938,0.434583,0.0317351],
  "theta": [0.01673,-0.763341,-0.0207471,-2.34041,-0.0304783,1.54006,0.753865],
  "dtheta": [0,0,0,0,0,0],
  "current_errors": [], "last_motion_errors": [],
  "control_command_success_rate": 0, "robot_mode": "Idle", "time": 3781435
}
```

Abb.11.13 Beispiel Ergebnisausgabe aus „echo robot state“

Die jeweiligen Felder werden in der libfranka API Dokumentation (<https://frankaemika.github.io/libfranka/>) erklärt.

HINWEIS

Wenn an dieser Stelle ein Fehler auftritt, führen Sie den Ping-Test durch und vergewissern Sie sich, dass FCI aktiviert ist und die Bremsen des Roboters geöffnet ist.

Zur Durchführung des Ping-Tests geben Sie folgende Befehlszeile ein:

```
ping <fci-ip>
```

Wenn dieser Befehl fehlschlägt, ist der Roboter nicht richtig mit dem Netzwerk verbunden, oder die IP-Adresse wurde während der Einrichtungsphase nicht korrekt zugewiesen. Bitte richten Sie das Netzwerk erneut gemäß den unter Abschnitt 11.4.1 „Konfiguration des Netzwerkes für die Steuerung über FCI“ beschriebenen Schritten ein.

11.5 Normaler Gebrauch

Nach dem Einschalten des Roboters muss die Franka UI über die zuvor vergebene IP-Adresse bzw. bei Anschluss des Bediengerätes an der X5-Schnittstelle am Roboterfuß über robot.franka.de aufgerufen werden. Der Franka Research 3 kann nun über zwei unterschiedliche Arten gesteuert werden.

1. Wenn Sie die Steuerung und Programmierung des Roboters durch Verwendung von App's durchführen möchten, können Sie dies in der geöffneten **Franka UI** nun durchführen.
Weiterführende Erläuterungen und Bedienungshinweise finden Sie im Kapitel 13.6 „Franka UI“.
2. Wenn Sie den Roboter über das **Franka Control Interface (FCI)** steuern möchten, müssen Sie den FCI-Modus in der Steuerung aktivieren.
Öffnen Sie dazu Desk in der Franka UI und erweitern Sie das System-Menü in der Kopfleiste. Wechseln Sie in den Betriebsmodus „Execution“ und aktivieren Sie hier durch Drücken der Schaltfläche „Activate FCI“ das FCI interface.

Von nun an können Sie den Roboter über das Linux-Terminal mit FCI-Befehlen aus der libfranka oder über das ROS-, ROS2- oder Matlab-Interface steuern.

Weiterführende Erläuterungen und Bedienungshinweise finden Sie im Kapitel 13.7 „Franka Control Interface (FCI)“.

HINWEIS

Der Roboter muss zur Nutzung des FCI-Modus über die „C2-Shop Floor“ Netzwerkverbindung an der Vorderseite der Steuerung über eine stabile und schnelle Netzwerkverbindung mit dem Bediengerät verbunden sein.

Die Steuerung des Roboters über das X5 - Roboternetzwerk am Roboterfuß ist bei der Verwendung von FCI nicht möglich.

11.6 Ausschalten und Wiedereinschalten

⚠️ WARNUNG

Aus Endeffektoren fallende Gegenstände aufgrund einer Unterbrechung der Stromversorgung

Vom Greifer herabfallende Gegenstände können zu Verletzungen an Händen, Fingern, Füßen und Zehen führen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Verwenden Sie geeignete Greifer, um das Herabfallen von Gegenständen zu vermeiden.
- Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung gemäß 10218-2 Form, Textur und Gewicht der erfassten Objekte. Die Verwendung von leichten und/oder runden Gegenständen kann das Risiko erheblich mindern.

Herunterfahren

HINWEIS

Das System ist erst dann vollständig heruntergefahren, wenn die Lüfter nicht mehr laufen.

Laufen die Lüfter noch, ist das ein Anzeichen dafür, dass Franka Research 3 noch nicht vollständig heruntergefahren ist.

Wiederholen Sie die Schritte der Sicherheitsanweisung zum Herunterfahren von Franka Research 3.

SICHERHEITSANWEISUNG

Vorgehensweise

1. Verlassen Sie den Gefahrenbereich.
2. Gehen Sie in der Franka UI in das Benutzermenü und wählen Sie „Shut down“ (Herunterfahren) und betätigen Sie diese Schaltfläche.

Das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem wird aktiviert.

Franka Research 3 wird heruntergefahren.

Wiedereinschalten

Fahren Sie das System in Desk herunter und warten Sie, bis die Lüfter abgeschaltet sind. Schalten Sie den Netzschalter an der Steuerung aus. Warten Sie eine Minute, bevor Sie Franka Research 3 erneut starten. Um Franka Research 3 neu zu starten, schalten Sie den Netzschalter auf der Rückseite der Steuerung ein. Franka Research 3 beginnt mit dem Hochfahren.

HINWEIS

Warten Sie eine Minute, bevor Sie die Steuerung wieder einschalten.

Trennen von Franka Research 3 von der Stromversorgung

Vorgehensweise

1. Verlassen Sie den Arbeitsraum des Roboters.
2. Rufen Sie die Franka UI auf.
3. Wählen Sie im Benutzermenü „Shut down“ (Herunterfahren).
Das System schaltet sich ab.
4. Schalten Sie den Netzschalter auf der Rückseite der Steuerung aus.
5. Ziehen Sie das Netzkabel von der Rückseite der Steuerung ab.

HINWEIS

Um ein unbeabsichtigtes Wiedereinschalten des Systems zu vermeiden, verstauen Sie das Netzkabel an einem sicheren Ort.

Franka Research 3 ist nun von der Stromversorgung getrennt.

12 SICHERHEITSKONFIGURATION / WATCHMAN

Wie bereits im Kapitel 4.12 „Hilfestellung zur Planung und Inbetriebnahme eines Robotersystems“ beschrieben, müssen Roboter grundsätzlich mit Schutzeinrichtungen umgeben sein, die den Zutritt von Personen in den Gefahrenraum verhindern, bzw. bei kollaborierenden Robotern personensichere Zustände des Roboters einleiten und überwachen, sobald sich Personen im Gefahrenraum aufhalten.

Nach Durchführung der Risikobeurteilung müssen die Sicherheitsszenarien des Roboters an die ermittelten notwendigen Sicherheitsfunktionen der Anlage angepasst werden.

Der Franka Research 3 wird mit einem vordefinierten und vorvalidierten Satz an Sicherheitsszenarien entsprechend der Anforderungen aus der Norm ISO 10218-1 ausgeliefert.

Zeigt die Risikoanalyse, dass diese ausreichend sind, kann der Franka Research 3 nach entsprechender elektrischer Integration in die geplante Arbeitsumgebung des Roboters ohne weitere Änderungen der Sicherheitskonfiguration integriert und verwendet werden. Ist jedoch aus der Risikoanalyse ersichtlich, dass zusätzliche Sicherheitsfunktionen benötigt werden, so müssen diese im Watchman durch Regeln, die in bestimmten Roboterzuständen bzw. Szenarien gelten, implementiert werden.

12.1 Watchman

Watchman ist die Oberfläche im Franka Web User Interface (Franka WebUI) zur Anzeige, Erstellung und Bearbeitung von Sicherheitsfunktionen am Franka Research 3. Sicherheitsfunktionen können dabei über Regeln (engl. Rules) definiert werden. Diese Regeln können wiederum für die beiden Betriebszustände des Roboters („Programming“ und „Execution“) das Verhalten der jeweiligen Szenarien wie z.B. „Teach“ und „Work“ an die erforderlichen Schutzmaßnahmen aus der Risikoermittlung anpassen.

Die Sicherheitskonfiguration kann ausschließlich nur durch einen Safety Operator erfolgen. Der Safety Operator ist einer von drei User Levels am FRANKA RESEARCH 3. Es gibt die User Level Administrator, Safety Operator und Operator. Siehe hierzu das Kapitel 5 „ROLLEN UND PERSON“. Ein User der Administrator-Rolle kann einen Safety Operator anlegen, kann aber selbst keine Sicherheitsfunktionen bearbeiten. Ausschließlich im User Level Safety Operator können Einstellungen in Watchman vorgenommen werden. Der Safety Operator ist verantwortlich für die richtige Sicherheitskonfiguration und Dokumentation der Sicherheitsfunktionen.

12.2 Übersicht

Im Watchman werden die Sicherheitsszenarien über eine intuitive graphische Oberfläche dargestellt.

Der Aufbau der Oberfläche ist nachfolgend abgebildet und beschrieben.

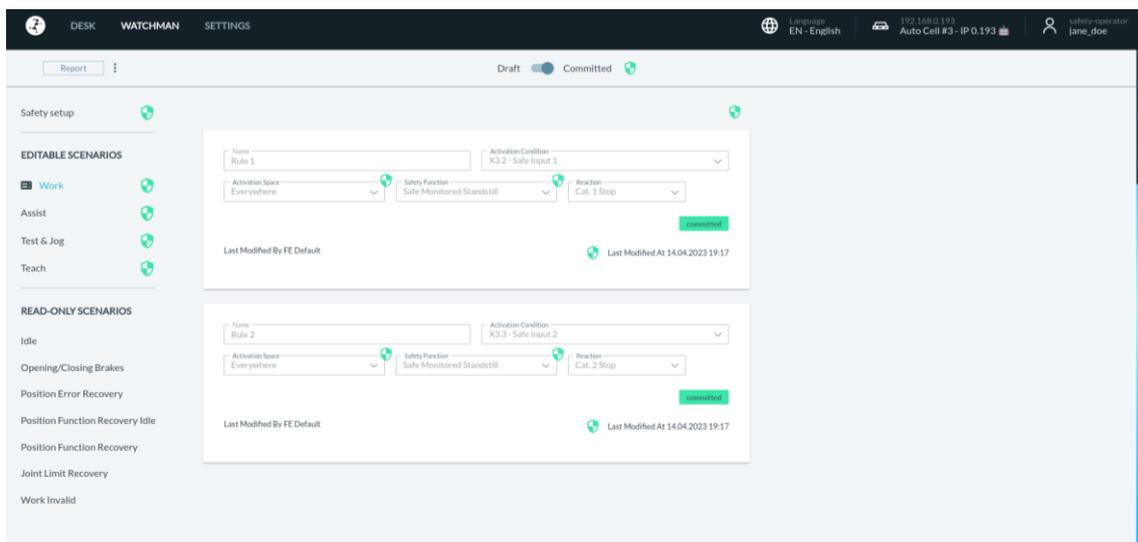


Abb.12.1: Watchman

In der Kopfzeile der Watchman Ansicht kann links der aktuell geltende Bericht der Sicherheitskonfiguration geöffnet werden. Die Schaltfläche mit den 3 Punkten ermöglicht das Zurücksetzen der Sicherheitskonfiguration auf Werkseinstellungen. Der Schiebeschalter in der Mitte dient zum Umschalten zwischen dem Bearbeitungsmodus und der Ansicht der aktuell validierten Konfiguration. Neben dem Schiebeschalter wird der aktuelle Validierungszustand der Sicherheitskonfiguration angezeigt. Grün bedeutet validiert, orange signalisiert den Bedarf an Validierungen.

Durch Anklicken des Validierungssymboles neben dem Schiebeschalter wird die Checksumme der aktuell validierten Sicherheitskonfiguration angezeigt.

Im linken Teil der Ansicht ist eine strukturelle Übersicht integriert, über die die Validierungszustände der Sicherheitsgrundeinstellungen sowie die der verschiedenen Sicherheitsszenarien dargestellt sind. Im Editierbereich werden die Grundeinstellungen bzw. die Regeln der Sicherheitsszenarien abgebildet.

Die Sicherheitsszenarien sind unterteilt in editierbare und nicht editierbare Sicherheitsszenarien. Die ausführlichen Beschreibungen der Sicherheitsszenarien können im Kapitel 4.10 „Sicherheitskonzept“ des Produkthandbuches nachgelesen werden.

Die editierbaren Szenarien dienen der Möglichkeit, die Robotersteuerung an die ermittelten Sicherheitsmaßnahmen aus der vorangegangenen Risikoanalyse anzupassen. Es gibt folgende Szenarien:

- Work
- Assist
- Test & Jog
- Teach

Für die Szenarien „Work“ und „Assist“ können jeweils bis zu 16 eigene Sicherheitsregeln erstellt und konfiguriert werden. In den Szenarien „Test & Jog“ sowie „Teach“ können nur Anpassungen in den bestehenden Regeln durchgeführt werden.

Die Werkseinstellungen des FRANKA RESEARCH 3 verfügen über einen vordefinierten und validierten Szenariensatz. Wenn diese sich für die durch den Integrator durchgeführte Risikoanalyse ermittelten Anforderungen eignen, können diese sofort verwendet werden.

HINWEIS

Standardmäßig sind in Watchman die sicheren Eingangskanäle X3.2 und X3.3 der Sicherheitsfunktion SMSS im Szenario „Work“ (Arbeiten) zugewiesen. Wenn an X3.2 und X3.3 keine externen Sicherheitseinrichtungen angeschlossen sind (nur die Not-Halt-Einrichtung von Franka Robotics ist mit X3.1 verbunden), werden diese Eingänge als „aktiviert“ betrachtet, d. h. es ist nicht möglich, den Roboter mit den Standardregeln des Szenarios „Work“ (Arbeiten) zu bewegen. Je nach der anwendungsspezifischen Risiko- und Gefährdungsanalyse können die Standardregeln so geändert werden, dass Roboterbewegungen unabhängig von X3.2 und X3.3 zulässig sind.

Nicht editierbare Sicherheitsszenarien (Read Only Szenarios) sind fest in der Robotersteuerung integrierte Sicherheitsfunktionen, die den sicheren und normgerechten Betrieb des Roboters gewährleisten und nicht verändert werden können. Diese sind:

- Idle
- Opening/Closing Breakes
- Position Error Recovery
- Position Function Recovery IDLE
- Position Function Recovery
- Joint Limit Recovery
- Work Invalid

Alle Recovery-Szenarien sowie das Szenario „Work Invalid“ sind Szenarien, die nur im Roboterzustand „error/violation“ aktiviert werden. Der Roboterzustand „error/violation“ wird durch Verstöße gegen die Sicherheitsszenarien aus den Roboterzuständen „Execution“ und „Programming“ oder bei Vorliegen eines grundlegenden sicherheitsrelevanten Fehlers herbeigeführt.

Unter den Roboterzustand „Execution“ fallen die Szenarien „Work“, „Assist“ und „Opening/Closing brakes“. Der Roboterzustand „Programming“ beinhaltet die Szenarien „Idle“, „Teach“ und „Test&Jog“.

12.3 Editieren der Sicherheitskonfiguration

Um die nachfolgenden Schritte durchführen zu können, muss ein Benutzer mit der Rolle des „Safety Operator“ angemeldet sein.

Öffnen der Watchman-Oberfläche über das Menü auf der Sidebar in der Franka UI. Es werden nun die aktiven und bestätigten Regeln sowie die Validierungszustände der Szenarien auf der Watchman-Oberfläche angezeigt.

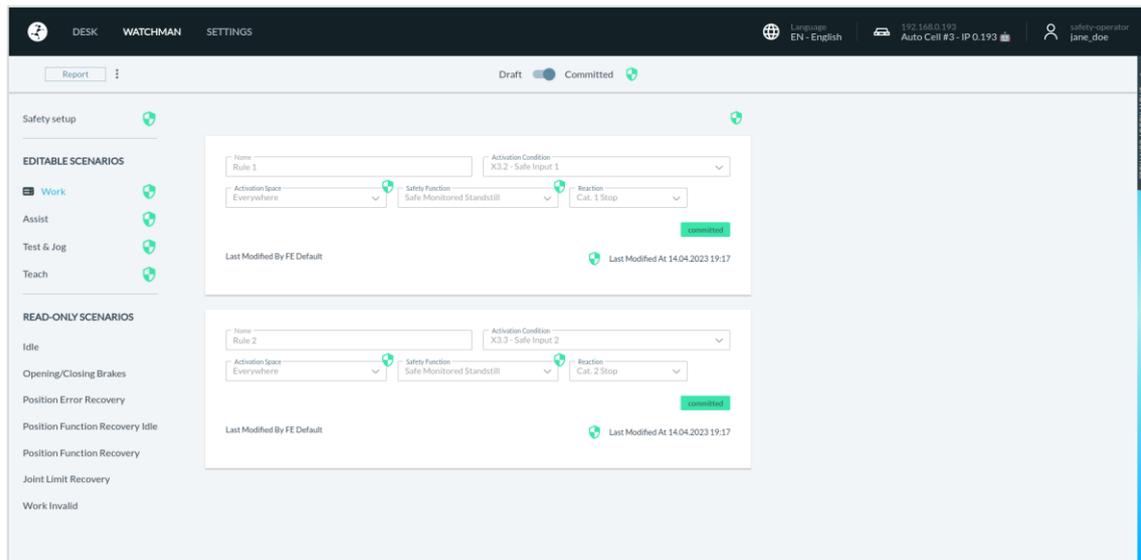


Abb.12.2: Validierte Regeln

Wechseln Sie in den „Draft“-Modus und mit dem Editieren zu beginnen.

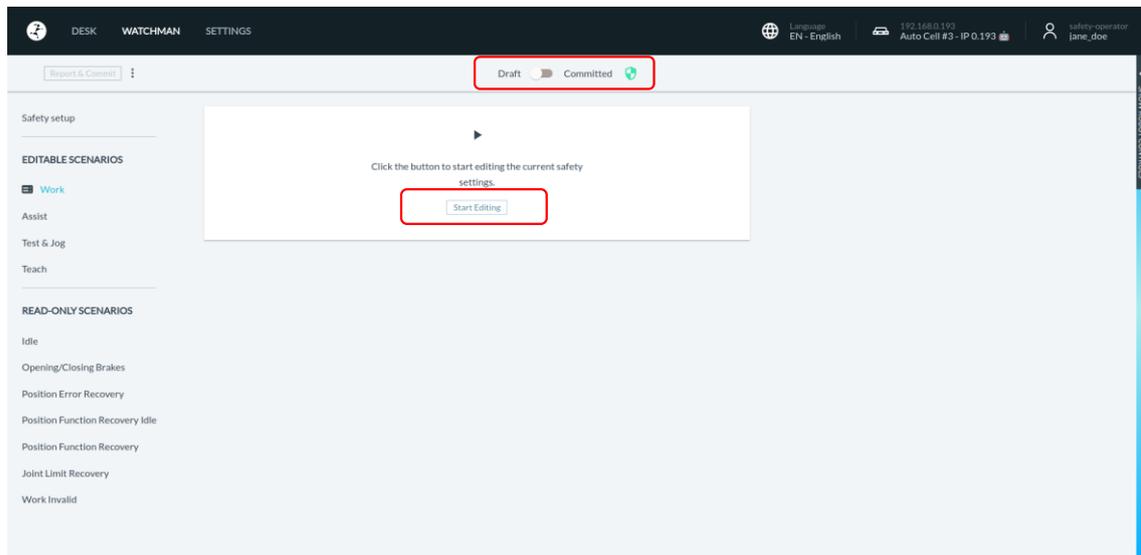


Abb.12.3: Wechsel zu Draft Modus

Nach dem Öffnen eines validierten Sicherheitskonzeptes im „Draft“ Modus sind alle Validierungsmarker grün dargestellt.

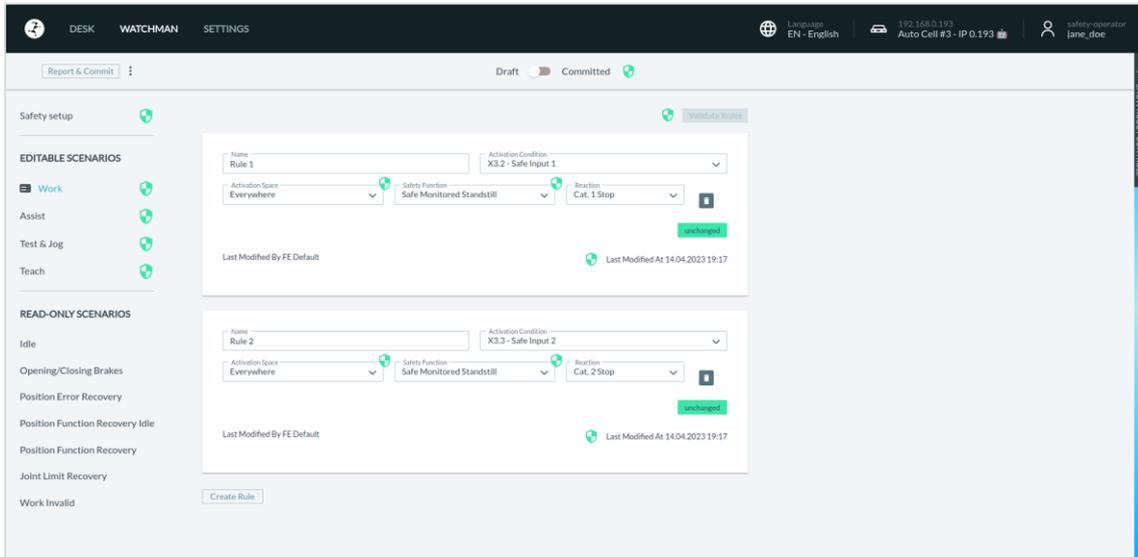


Abb.12.4: Draft Modus

Wenn nun Änderungen erfolgen, werden die Validierungsmarker der geänderten Sicherheitsfunktion und aller von der Änderung abhängigen Parameter, Regeln und Szenarien sowie die Gesamtsicherheit orange dargestellt. Nichtbetroffene Parameter, Regeln und Szenarien bleiben validiert und somit grün.

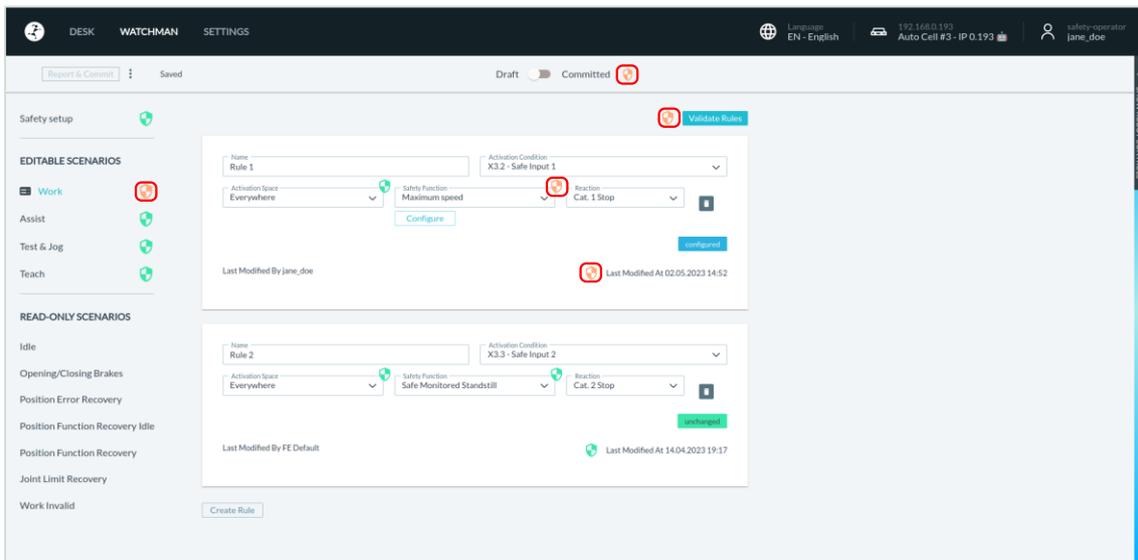


Abb.12.5: Validierungsmarker

Nach Abschluss der Sicherheitskonfiguration muss die Validierung des Gesamtkonzeptes erfolgen. Die Vorgehensweise finden Sie im Kapitel 12.6 „Validieren“ beschrieben.

12.4 Safety Setup

Im Safety Setup werden die übergeordneten konfigurierbaren Grundeinstellungen des Roboters abgebildet. Hierzu gehören die Bereiche „General Safety Settings“, „Safe Input Configuration“ und „End Effector Configuration“.

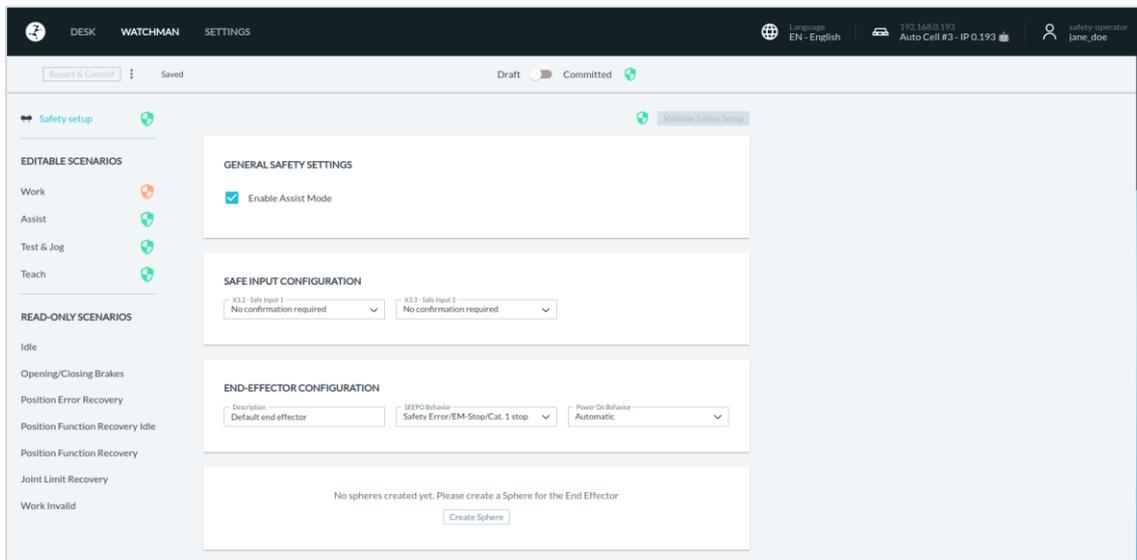


Abb.12.6: Safety Setup

12.4.1 General Safety Settings

Um den Roboter im Assist Mode betreiben zu können, muss der Haken bei „Enable Assist Mode“ gesetzt sein. Die Beschreibung des Assist Mode kann im Kapitel 13.5 „Assist“ nachgelesen werden. Wird diese Funktion deaktiviert, steht in allen weiteren Untermenüs der Robotersteuerung die Assist-Funktion nicht zur Verfügung. Diese Funktionsmenüs sind dann grau dargestellt.

In den Voreinstellungen des Roboters ist diese Funktion aktiviert.

12.4.2 Safe Input Configuration

Über die Safe Input Configuration kann die Verarbeitungsweise der Sicherheitseingänge X3.2 und X3.3 konfiguriert werden

Die Belegung der Eingänge X3.2 und X3.3 kann im Kapitel 10.6 „Verkabelung und elektrische Installation“ nachgelesen werden.

Bei der Einstellung „No confirmation required“ erfolgt die direkte Verarbeitung des Signales. Die Steuerung reagiert sofort auf den Eingang.

Bei der Einstellung „Confirmation required“ erfolgt beim Öffnen des Kontaktes die direkte Verarbeitung des Signales, jedoch erscheint beim Schließen des Eingangs eine Abfragemeldung auf DESK. Diese Meldung muss bestätigt werden, um das Eingangssignal intern weiterverarbeiten zu können.

In den Voreinstellungen des Roboters ist die Einstellung „No confirmation required“ vorgewählt.

12.4.3 Endeffektor Konfiguration

Über die „End-Effector Configuration“ wird das Sicherheitsverhalten des angeschlossenen Endeffektors definiert. Folgende Felder können gesetzt werden:

- **Description:** frei editierbare Bezeichnung des Endeffektors
- **SEPO Behavior:** Festlegung, wann bei welchen Sicherheits-Abschaltungen der Endeffektor mit abgeschaltet werden soll.

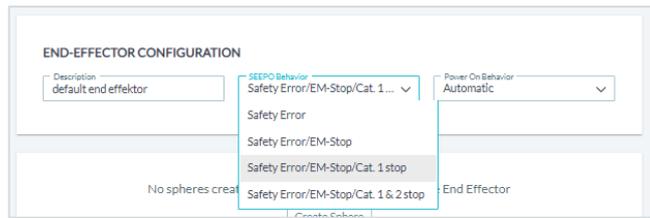


Abb.12.7: Endeffektor Konfiguration

- Safety Error: => Sicherheitsfehler des Roboters
- Safety Error /EM-Stop:=> Sicherheitsfehler des Roboters oder Not-Halt
- Safety Error/EM-Stop/Cat. 1 stop: Sicherheitsfehler des Roboters oder Not-Halt oder Stopp der Kategorie 1
- Safety Error/EM-Stop/Cat. 1&2 stop: Sicherheitsfehler des Roboters oder Not-Halt oder Stopp der Kategorie 1 oder 2

In den Voreinstellungen ist „Safety Error/EM-Stop/Cat. 1 stop“ gesetzt.

Power ON Behavior: Einstellung, wann der Endeffektor eingeschaltet werden soll.

- **Manual** => der Endeffektor muss im DESK bei jedem Einschalten manuell aktiviert werden.
- **Automatic** => der Endeffektor wird mit dem Entsperren der Gelenke automatisch aktiviert.

In den Voreinstellungen ist „Automatic“ gesetzt.

12.4.4 Erstellung von Sphären zur Modellierung einer Endeffektorhülle

Wenn ein Endeffektor montiert ist, benötigt die Steuerung Angaben zu dessen Abmessungen, um den Endeffektor räumlich und kinetisch überwachen zu können. Hierzu können bis zu fünf Sphären erstellt werden und in ihrer Größe und Lage so platziert werden, dass die Gesamtheit der Sphären der Kontur des Endeffektors ähnelt.

Für die räumliche Überwachung werden die Außenhüllen der Sphären betrachtet und für die Geschwindigkeitsüberwachung die Zentren der Sphären. Es ist zu beachten, dass Sphären, die weit vom Endeffektor Flansch entfernt platziert werden, aufgrund der Hebelbetrachtung sehr empfindlich auf die Geschwindigkeitsüberwachung reagieren können.

Beachten Sie beim Positionieren der Sphären, dass die Franka Hand um 45° verdreht zum Flanschkoordinatensystem montiert ist.

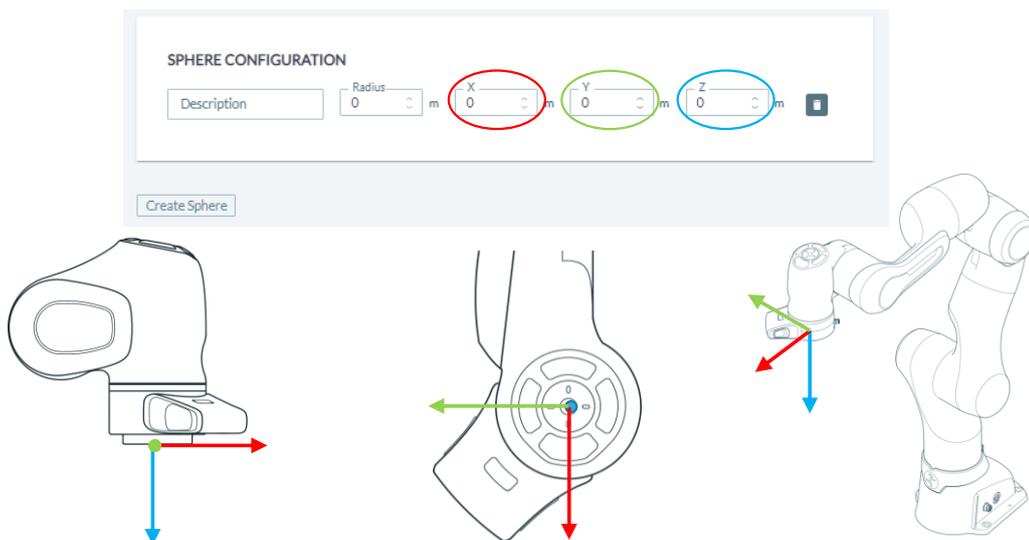


Abb.12.8: Sphären Konfiguration

Nachfolgend ist ein exemplarisches Beispiel für die Sphären-Konfiguration der Franka Hand dargestellt.

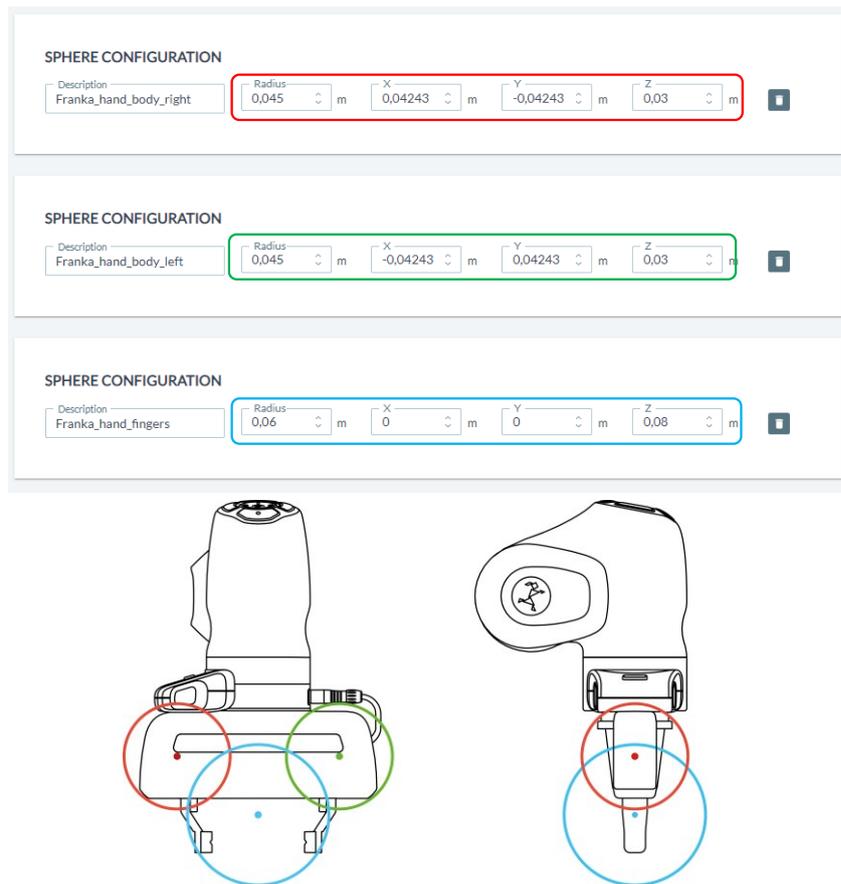


Abb.12.9: Sphärenbeispiel Franka Hand

Wird Ihre Greifsituation durch das zuvor gezeigt Sphärenmodell nicht abgedeckt, muss dieses angepasst werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass Konturen, die zu Kollisionen führen können, durch das Sphärenmodell abgedeckt sind. Wenn Sie längere Objekte Händeln, so muss auch die Maximalgeschwindigkeit an Auskragenden Objekten überwacht werden. Hierzu können Sie die Zentren der Sphären an den Enden des Objektes platzieren. In den Zentren wird die Maximalgeschwindigkeit überwacht.

In der nachfolgenden Abbildung ist ein Beispiel der Franka Hand mit gegriffenem Stab dargestellt. Die Sphären (gelb und violett) an den Enden des Stabes sorgen für die Überwachung der Maximalgeschwindigkeit am Ende des Stabes.

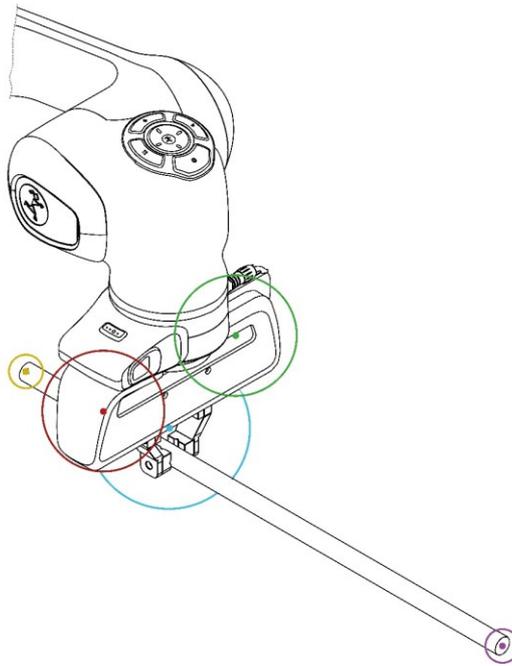


Abb.12.10 Beispiel Sphärenkonfiguration Franka Hand mit Stab

12.5 Erstellen und Bearbeiten von Regeln

In den Szenarien „Work“ und „Assist“ können jeweils bis zu 16 Regeln erstellt werden. Durch Klicken auf „Create Rule“ unterhalb der letzten angezeigten Regel wird eine neue Regel eingefügt. Durch Klicken auf das „Delete“-Symbol innerhalb einer Regel kann diese gelöscht werden.

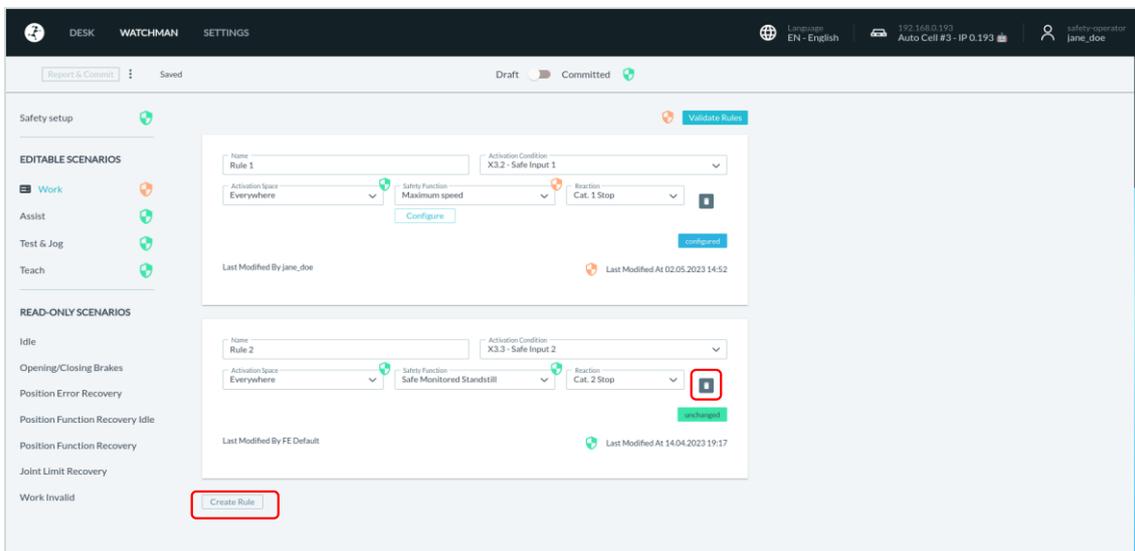


Abb.12.11: Regeln bearbeiten

12.5.1 Struktur einer Regel

Eine Regel besteht aus den folgenden Bestandteilen:

Abb.12.12: Struktur einer Regel

- **Name:** frei editierbarer Name für die Regel
- **Activation Condition:** Bedingung, bei der die Regel aktiviert ist. Folgende Auswahl ist möglich:
 - Always die Regel ist immer aktiv
 - X3.2 die Regel wird aktiviert, wenn der zweikanalige Kontakt X3.2 geöffnet ist.
 - X3.3 die Regel wird aktiviert, wenn der zweikanalige Kontakt X3.3 geöffnet ist.
- **Activation Space:** räumlicher Bereich, in dem oder außerhalb dessen die Regel aktiv wird. Folgende Auswahl ist möglich:
 - Everywhere die Regel ist im gesamten Arbeitsbereich des Roboters aktiv.
 - Inside / Outside Area die Regel wird innerhalb bzw. außerhalb eines frei definierbaren quaderförmigen Raumes aktiv. Bei der Definition des Raumes wird festgelegt, ob die Regel innerhalb oder außerhalb aktiv wird. Je nach Auswahl wird beim Verlassen oder Einfahren die gewählte Sicherheitsfunktion ausgeführt
- **Safety Function:** Sicherheitsfunktion, die ausgeführt werden soll, wenn die Regel verletzt ist. Folgende Auswahl ist möglich:
 - Always violated es wird keine Sicherheitsfunktion ausgeführt. Bei Auswahl von „Always violated“ ist die Regel dauerhaft verletzt, sobald sie aktiviert wird.
 - Inside/Outside Area Es kann ein frei definierbarer quaderförmiger Sicherheitsraum erstellt werden. Wenn der Roboter den Raum verlässt oder in den Raum hineinfährt, wird je nach Auswahl ob „stay inside“ oder „stay outside“ gegen die Regel verstoßen. Der Verstoß löst sofort die gewählte „Reaction“ aus.
 - Maximum Velocity In dem geltenden räumlichen Bereich der Regel wird die maximale Geschwindigkeit überwacht. Überschreitet die Geschwindigkeit des Roboters die erlaubte maximale Geschwindigkeit, erfolgt eine überwachte Reduktion auf die erlaubte Geschwindigkeit. Wenn die Reduktion der Geschwindigkeit nicht wie erwartet erfolgt, wird die vorgewählte Reaktion ausgeführt (Cat.1 Stopp / Cat.2 Stopp).
 - Safe Monitored Stand Still In dem geltenden räumlichen Bereich der Regel wird der Roboter sicher auf Stillstand überwacht. Jegliche Bewegung führt zum Verstoß der Regel.

⚠️ WARNUNG

Beachten Sie, dass die Steuerung des Roboters über FCI bei aktivierten Funktionen SLP-C, SLS-C oder SLP-J nicht möglich ist. Hiervon betroffen sind die Sicherheitsfunktionen, die räumliche Positionsüberwachung (Inside/Outside Area) und kartesische Geschwindigkeitsüberwachungen (maximum Velocity) beinhalten. Werden diese im Watchman in Regeln integriert, so ist die Steuerung über FCI nicht möglich.

- **Reaction:** Reaktion des Roboters, die bei Verstoß gegen die Regel ausgeführt wird.
 - Cat. 1 Stop Stopp der Kategorie 1 entsprechend der EN ISO 13849-1 (kontrolliertes Stillsetzen und Abschaltung der Energie bei erreichtem Stillstand).
 - Cat. 2 Stop Stopp der Kategorie 2 entsprechend der EN ISO 13849-1 (kontrolliertes Stillsetzen bei Aufrechterhaltung der Energie).

Die Robotersteuerung berücksichtigt die angelegten Regeln schon bei der Bewegungsausführung und versucht somit immer Verstöße zu vermeiden. Bei einem nicht zu verhindernden Verstoß wird durch die Safety-Funktion die sichere Reaktion eingeleitet.

Funktionen bzw. Parameter, die validiert werden müssen, sind im Regelfenster mit dem Validierungssymbol dargestellt. Ist die Regel validiert, so ist dieses Symbol grün. Muss eine Validierung erfolgen, so ist dieses Symbol orange.

Erfolgt in einer Regel im Feld „Activation Space“ oder „Safety Function“ die Auswahl „Inside/Outside area“, so muss dieser Bereich über das Anklicken der erschienenen Schaltfläche „Configure“ konfiguriert werden. Es öffnet sich die nachfolgende Ansicht.

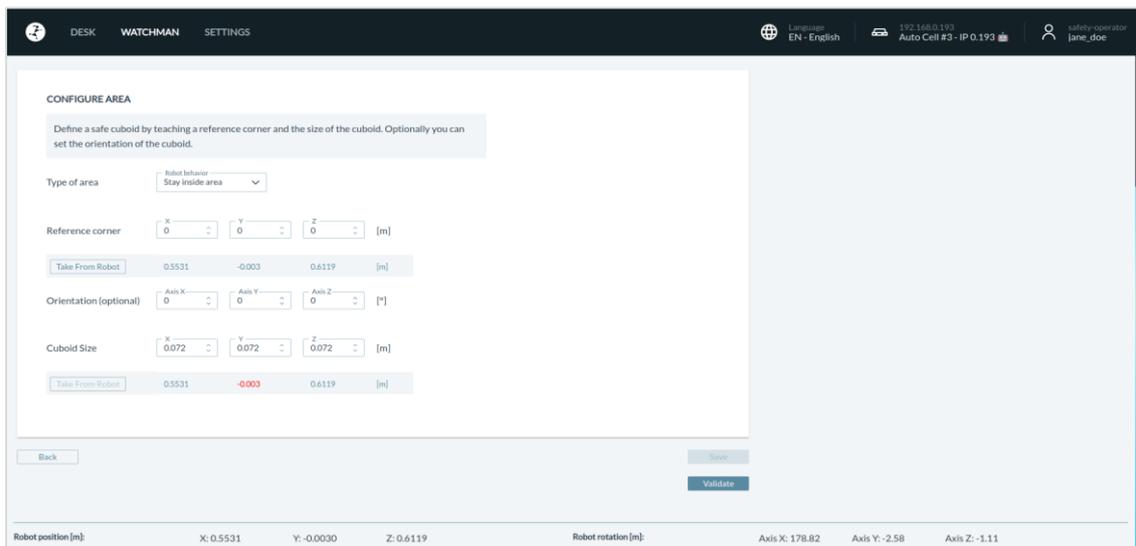


Abb.12.13: Konfiguration „Activation Space“

Durch das Auswahlfeld „Type of area“ können Sie festlegen, ob der Roboter den Raum nicht verlassen darf (stay inside area) oder in den Raum nicht eindringen darf (stay outside area). Überwacht werden hierbei Tool, Flansch, Handgelenk und Ellbogen.



Abb.12.14: Überwachung

Um den Raum zu definieren, muss zuerst die Referenzecke des Raumes bestimmt werden. Sie können hierzu den TCP des Roboters zur Referenzecke führen und die Positionswerte durch Klicken auf „Take from Robot“ übernehmen oder die Positionswerte manuell eingeben. Bei manuellem Eintragen werden die Koordinaten im Koordinatensystem des Roboters eingegeben.

Die Referenzecke ist so zu wählen, dass die gegenüberliegende Ecke nur mit positiven Werten erzeugt werden kann. Anschließend muss die räumliche Ausdehnung durch Eingabe der XYZ-Werte festgelegt werden. Hierzu kann der Raum auch durch das Führen des Roboter-TCPs zum gegenüberliegenden Eckpunkt geteicht werden.

Mit Hilfe der „Orientation“ kann zusätzlich der definierte Raum um die drei Achsen gedreht werden. Der Drehpunkt ist hierbei die gesetzte Referenzecke.

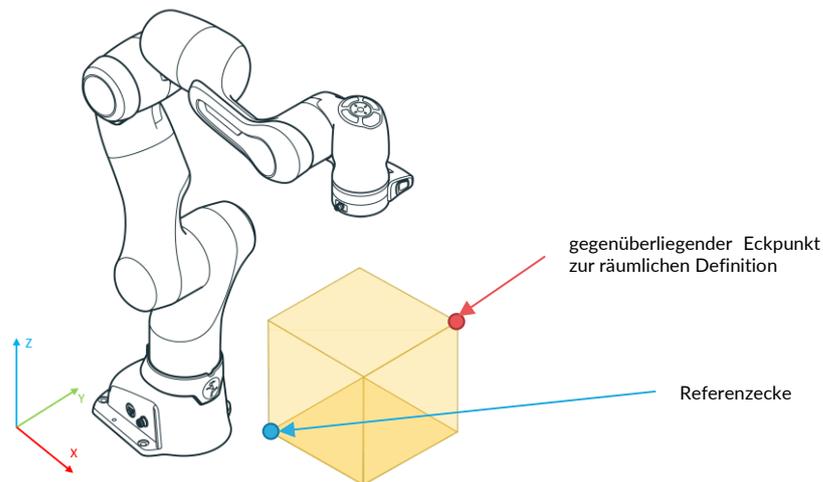


Abb.12.15: Erstellung von Räumen

Wenn der Raum fertig definiert ist, muss das Speichern der Einstellungen erfolgen. Anschließend wird die Validierungsschaltfläche aktiv. Nach Anklicken von „Validate“ werden die Validierungsvorgaben und die eingegebenen Werte zum Vergleich gegenübergestellt. Der Roboter muss nun in allen 3 Richtungen in und aus dem erzeugten Raum bewegt werden. Je nach Auswahl, ob „Stay inside area“ oder „Stay outside area“ gewählt ist, erscheint bei Verletzung der Funktion „Violated“ mit einem roten Punkt. Hierdurch kann geprüft werden, ob die Raumgrenzen ihren Vorgaben entsprechen.

Nach erfolgter Prüfung wird durch Klicken auf „Confirm Validation“ der Raum bestätigt. Neben der Schaltfläche wird dann grün die Validierung bestätigt und nach Rückkehr zur Regel erscheint das Validierungssymbol des Regelparameters in grün.

Erfolgt in einer Regel im Feld „Safety Function“ die Auswahl „Maximum Velocity“, so muss dieser Bereich über das Anklicken der erschienenen Schaltfläche „Configure“ konfiguriert werden. Es öffnet sich die nachfolgende Ansicht.

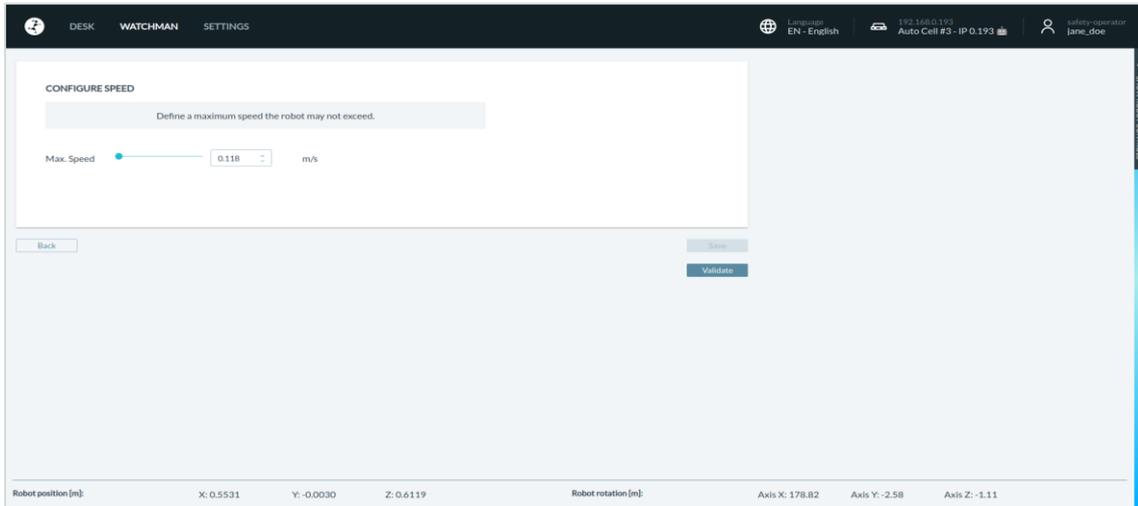


Abb.12.16: Geschwindigkeit einstellen

Die aus der Risikobeurteilung ermittelte maximal zulässige Geschwindigkeit muss eingestellt und durch Klicken auf „Save“ bestätigt werden. Die Eingabe muss anschließend durch Klicken auf „Validate“ validiert werden. Nach erfolgter Validierung der eingestellten Geschwindigkeit muss durch Klicken auf „Confirm Validation“ die Validierung abgeschlossen werden.

Neben der Schaltfläche wird die Validierung durch ein grünes Symbol bestätigt und nach Rückkehr zur Regel erscheint das Validierungssymbol des Regelparameters in grün.

12.6 Validieren

Nachdem Änderungen an den Einstellungen in Watchman durchgeführt wurden, muss eine Validierung erfolgen. Die Struktur von Watchman ist so aufgebaut, dass Regeln nur validiert werden müssen, wenn ein beinhalteter Parameter verändert wurde und ein Szenario nur, wenn eine beinhaltete Regel geändert wurde.

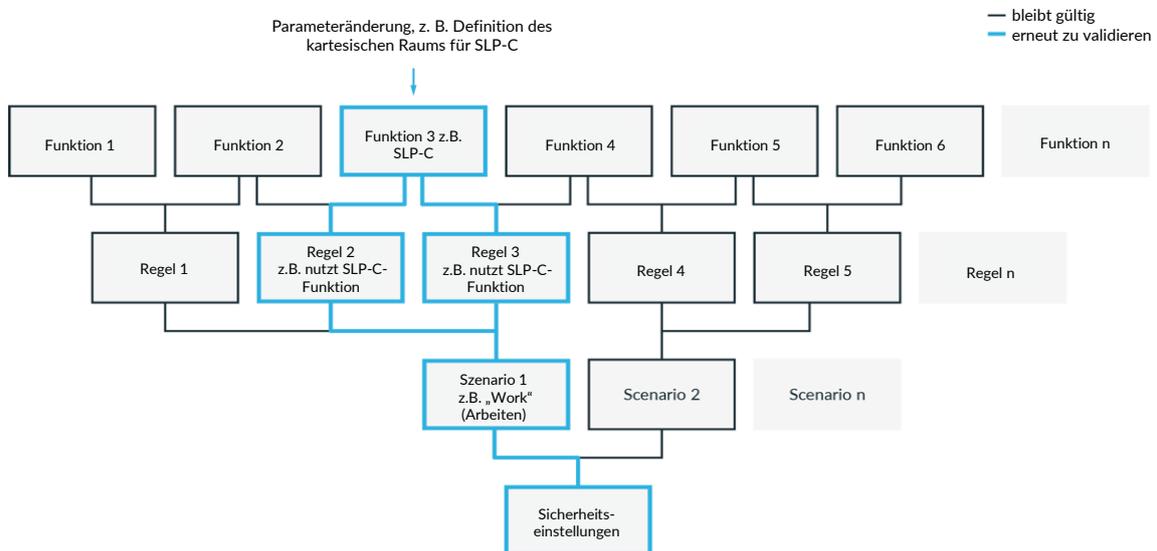


Abb.12.17: Validierungsstruktur

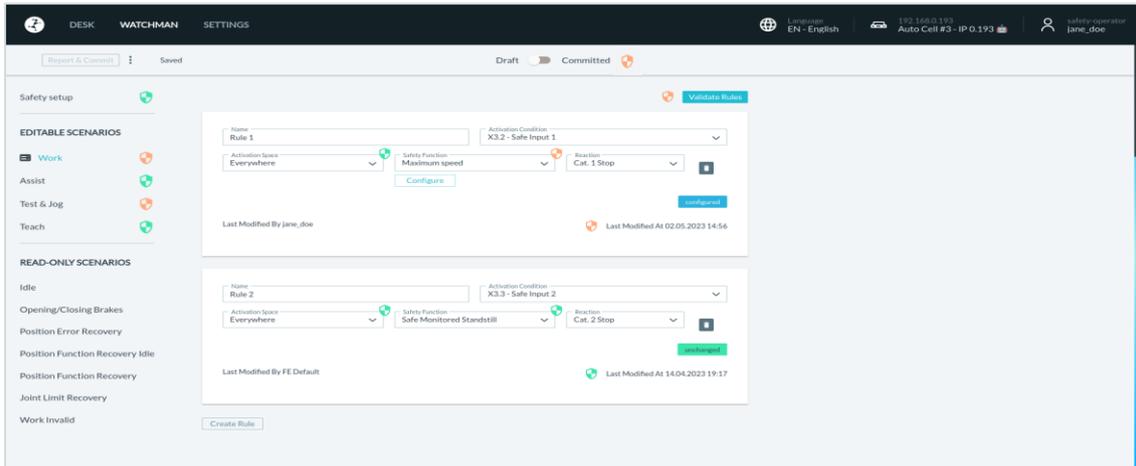


Abb.12.18: Validieren

Nichtvalidierte Regeln werden durch das orangefarbene Validierungssymbol in der unteren rechten Ecke angezeigt. Zur Validierung eines Szenarios klicken Sie oberhalb der aufgelisteten Regeln auf „Validate Rules“.

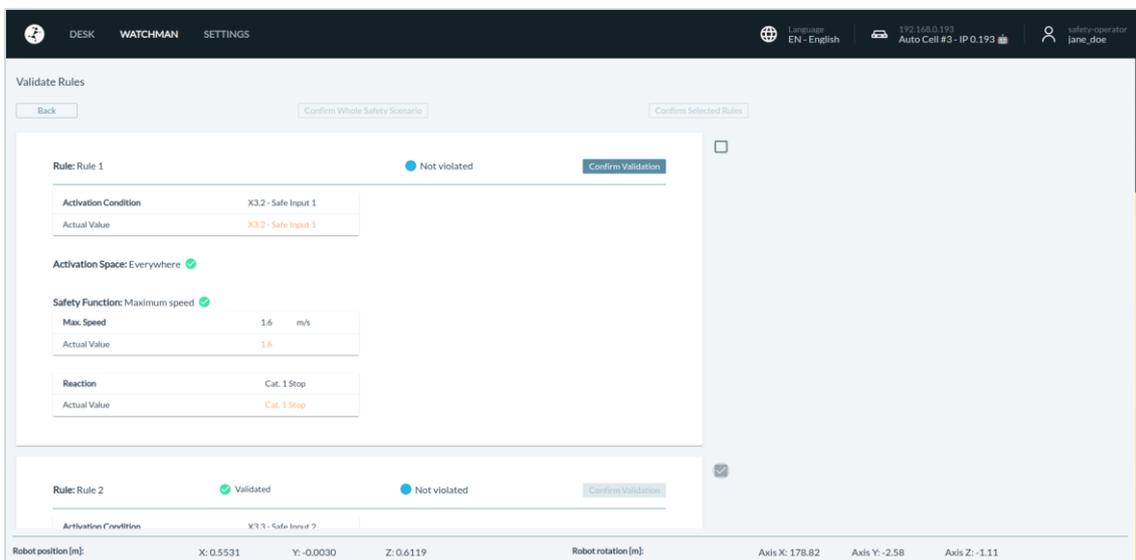


Abb.12.19 Regel validieren

Es werden nun alle Regeln des Szenarios mit den jeweiligen Parametern aufgelistet. Im ersten Schritt müssen in den nicht bestätigten Regeln, wie zuvor beschrieben, die Regelparameter und anschließend die Regel selbst validiert werden. Nachfolgend wird die Vorgehensweise zur Validierung der verschiedenen Sicherheitsfunktionen beschrieben:

Validieren sicherer Eingänge

- Prüfen Sie, ob die Aktivierungsbedingung mit dem durch die Risikoanalyse definierten Sicherheitskonzept übereinstimmt.
- Schließen Sie Peripheriegeräte an den sicheren Eingang an.
- Prüfen Sie, ob sich der in der Franka UI angezeigte Status bei Auslösung des Eingangs ändert.

Validieren von SLP-C und SLO

- Prüfen Sie, ob die Parameter der Sicherheitsfunktionen mit dem durch die Risikoanalyse definierten Sicherheitskonzept übereinstimmen.

Validieren von SLS-C

- Führen Sie den Roboter im Modus „Programming“ (Programmierung) so, dass die definierten Regeln verletzt werden.
- Überprüfen Sie, ob sich der Verstoßzustand, der neben der Sicherheitsfunktion in der Franka UI angezeigt wird, ändert, wenn die Regeln an den erwarteten Positionen/Orientierungen verletzt werden.

Validieren von SEEPO

- Prüfen Sie, ob die Stromversorgung des Endeffektors in allen erwarteten Situationen ausgeschaltet ist.

Validieren der gesamten Regeln, Szenarien und der Gesamtkonfiguration

- Prüfen Sie, ob die Parameter der Sicherheitsfunktionen mit dem durch die Risikoanalyse definierten Sicherheitskonzept übereinstimmen.
- Prüfen Sie auf jeder Ebene, ob die Kombination von Aktivierungsauslösern, Sicherheitsfunktionen, Reaktionen, Regeln und Szenarien dem durch die Risikoanalyse definierten Sicherheitskonzept entspricht.

Zum Validieren der Regel muss auf „Confirm Validation“ geklickt bzw. neben den zu bestätigenden Regeln den Haken gesetzt und anschließend oberhalb der Regeln auf „Confirm Selected Rules“ geklickt werden. Es werden nun alle Regeln als validiert dargestellt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Bestätigung des Sicherheitsszenarios durch Klicken auf „Confirm Whole Safety Scenario“. Es wird nun wieder die Übersicht von Watchman angezeigt und das soeben bestätigte Sicherheitsszenario nun als validiert dargestellt.

Mit allen nicht validierten Szenarien muss auf die zuvor beschriebene Weise verfahren werden.

Nachdem alle Szenarien validiert wurden, erscheint in der oberen linken Ecke die Schaltfläche „Report & Commit“.

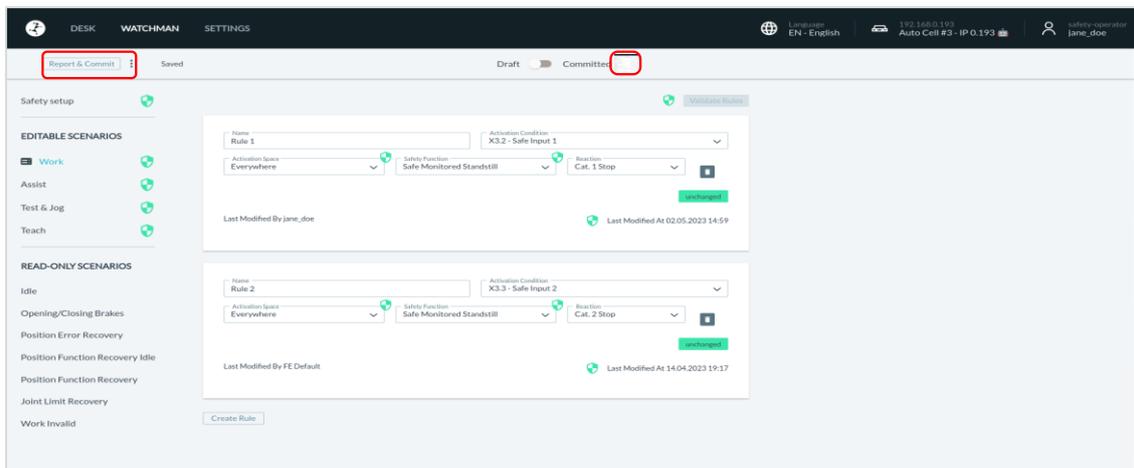


Abb.12.20: Watchman validieren

Klicken auf „Report & Commit“. Es öffnet sich der Sicherheitsbericht, der aus den Einstellungen von Watchman generiert wird.

Dieser Bericht beinhaltet alle relevanten Angaben zur Dokumentation der Sicherheitsfunktionen einschließlich der generierten Check-Summe.

Der Bericht muss nun ausgedruckt und unterschrieben werden.

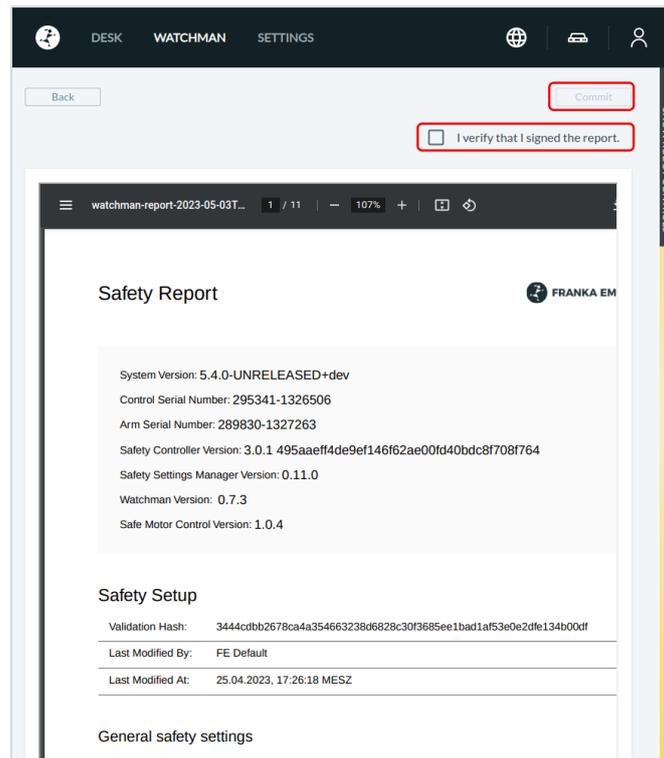


Abb.12.21: Sicherheitsbericht

Durch anschließendes Setzen des Hakens bei „I verify that I signed the report“ und anschließendem Klicken auf „Commit“ wird bestätigt, dass der Bericht ausgedruckt und unterschrieben wurde.

Die Sicherheitskonfiguration ist nun gespeichert und im System übernommen. Das Validierungssymbol neben dem Schiebeschalter wird nun grün dargestellt und zeigt den validierten Zustand an.

Durch Anklicken des Validierungssymboles neben dem Schiebeschalter wird die aktuelle Checksumme der Sicherheitskonfiguration angezeigt.

13 ARBEITEN MIT FRANKA RESEARCH 3

13.1 Grundlagen der Robotik

Gelenkraum

Im Gelenkraum wird eine Roboterpose anhand der Rotationswinkel der einzelnen Robotergelenke beschrieben. Im Gegensatz zu den meisten Industrierobotern, die sechs Gelenke haben, verfügt Franka Research 3 über sieben Gelenke. Dies erlaubt eine extrem hohe Flexibilität. Eine lineare Bewegung des Endeffektors am Roboter durch den Raum resultiert aus dem überlagerten Zusammenspiel der Rotation mehrerer Gelenke.

Kartesischer Raum

Im kartesischen Raum wird eine Roboterpose nicht über die Rotationswinkel der einzelnen Robotergelenke beschrieben, sondern in Bezug auf das Referenzkoordinatensystem (Weltkoordinatensystem des Roboters oder Werkzeugkoordinatensystem) angegeben. Dabei stehen die Position und Orientierung des Endeffektors im Vordergrund. Die Darstellung der kartesischen Posen im dreidimensionalen Raum besteht in der Regel aus drei Längswerten (in Metern) zur Bestimmung der Position und drei Winkelwerten (in Grad) zur Orientierung des Endeffektors.

Weitere Informationen zu Roboterposen finden Sie im Abschnitt „Redundanz“ in diesem Kapitel.

Bewegungen im kartesischen Raum ermöglichen die präzise Nachverfolgung vordefinierter Pfade im Raum, z. B. von Geraden. Die Änderung der Position wird als Translation bezeichnet, während die Änderung der Orientierung als Rotation bezeichnet wird. Die kartesische Bewegung eines Roboters hängt immer vom Referenzkoordinatensystem ab, das bei Franka Research 3 über die Konfiguration des Endeffektors im Administrationsbereich der Franka UI konfiguriert werden kann.

Redundanz

Da Franka Research 3 über sieben Gelenke verfügt, kann der Arm eine bestimmte kartesische Pose mit verschiedenen Gelenkkonfigurationen erreichen. Diese Fähigkeit wird als Redundanz bezeichnet. Der Teil des Roboters, der noch bewegt werden kann, ohne dass die Pose des Endeffektors verändert wird, wird oft als „Ellbogen“ bezeichnet, da er der Bewegungsfähigkeit des Ellbogens eines menschlichen Arms entspricht. Die Redundanz des Arms ermöglicht eine größere Flexibilität beim Teachen oder Ausführen von Tasks, z. B. beim Umfahren eines Hindernisses, um einen dahinter liegenden Gegenstand zu greifen. Das Verhalten des Roboter-Ellbogens kann verändert und an jede Situation angepasst werden. Er kann auf frei beweglich oder unbeweglich eingestellt werden.

Empfindlichkeit

Der Arm hat Drehmomentsensoren in allen sieben Gelenken. Diese ermöglichen es unter anderem, selbst kleinste auf den Arm einwirkende Kräfte zu erkennen und darauf zu reagieren. Diese Empfindlichkeit ermöglicht zahlreiche Funktionen und Fähigkeiten, wie z. B. Impedanz oder empfindliche Kollisionserkennung. Zur Erzielung einer maximalen Empfindlichkeit muss das Robotersystem auf die zusätzlich am Roboter befestigten und aufgenommenen Massen bestmöglich angepasst werden. Aus diesem Grund muss der Endeffektor in den Einstellungen der Franka UI so genau wie möglich konfiguriert werden.

Impedanz

Die Impedanz ist ein Verhalten des Roboters, das die Fähigkeit einer mechanischen Feder imitiert. Ein impedanzgeregelter Roboter kann sanft mit der Umgebung interagieren, z. B. um zerbrechliche Gegenstände nicht zu beschädigen. Die Fähigkeit, die Impedanz zu verändern, kann als ähnlich der eines menschlichen Arms angesehen werden, der die Muskeln anspannt, um die Steifigkeit zu verändern, und sich je nach Situation anpassen kann, um die Robustheit bei der Ausführung eines Tasks zu erhöhen.

Kollisionserkennung und -reaktion

In allen sieben Achsen des Roboters sind Drehmomentsensoren eingebaut. Diese geben Auskunft über die aktuell anliegenden Drehmomente pro Achse zu einem bestimmten Zeitpunkt. In Kombination mit unserer modellbasierten Regelung von Franka Research 3 können Kontaktkräfte und Drehmomente der Gelenke präzise analysiert werden. Der Arm kann dann entsprechend reagieren. Wenn der Arm in der Bewegung beispielsweise ein unerwartetes Objekt berührt, wird diese Berührung in Echtzeit von einem oder mehreren Drehmomentsensoren erkannt und als Kollision klassifiziert. Dies kann dann zum Beispiel zum Stopp der Bewegung des Roboters genutzt werden.

HINWEIS

Die Reaktion des Roboters auf Kollisionen hängt von der Programmierung durch den Benutzer ab und stellt keine Sicherheitsfunktion dar.

Erzeugen von Kräften

Der Arm steht in beabsichtigtem Kontakt mit seiner Umgebung. Mit Hilfe der Signale der Drehmomentsensoren kann von den Motoren eine definierte Kraft am Kontaktpunkt erzeugt werden. Hierzu sind geeignete Apps oder Programmierungen erforderlich.

HINWEIS

Durch die externe Verkabelung wirken zusätzliche Lasten und Drehmomente auf den Arm, die das Steuerungsverhalten von Franka Research 3 beeinflussen können.

13.2 Single Point of Control (SPoC)

Das System bietet zur Einhaltung verschiedener Vorschriften eine „Single Point of Control (SPoC)“-Funktionalität. Das bedeutet, dass immer nur ein Benutzer kritische Maßnahmen, wie beispielsweise das Ändern von Systemeinstellungen und Tasks oder das Auslösen von Roboteraktionen wie die Entriegelung der Gelenke und das Ausführen von Tasks, initiieren kann. Dem jeweiligen Benutzer wird der SPoC-Softwaretoken zugewiesen.

SPoC ist auch bei Feldbussen anwendbar. Siehe Abschnitt „Feldbus-Steuerung“ in diesem Kapitel.

HINWEIS

Auch ohne SPoC-Token ist es weiterhin möglich, unkritische Aktionen wie das Anhalten eines laufenden Tasks oder die Verriegelung der Roboterbremsen auszulösen.

Kontrollübernahme

Beim Herstellen der Verbindung zum Roboter mit einem verfügbaren Token können Sie die Kontrolle übernehmen, indem Sie im Dialogfenster, das nach der Anmeldung angezeigt wird, Ihre Zustimmung geben. Der Token ist Ihnen nun zugewiesen. Andere Benutzer können den Roboter nicht ohne Ihre Zustimmung steuern.

Kontrollanfrage

Wird eine Verbindung zum Roboter hergestellt, wenn einem anderen Benutzer bereits ein Token zugewiesen wurde, können Sie die Kontrolle anfragen, indem Sie im Dialogfenster, das nach der Anmeldung angezeigt wird, Ihre Zustimmung geben. Dem kontrollierenden Benutzer wird auf seinem Bildschirm ein Dialogfenster mit der Anfrage zum Abgeben der Kontrolle angezeigt. Wenn der kontrollierende Benutzer den Zugang gewährt, wird der Token dem anfragenden Benutzer zugewiesen. Wenn der kontrollierende Benutzer den Zugang verweigert, bleibt der Token bei ihm.

HINWEIS

Für eine bessere Verfolgbarkeit empfehlen wir, in den Systemeinstellungen benannte Profile für jeden Benutzer anzulegen. Auf diese Weise ist das System in der Lage, neu verbundene Benutzer darüber zu informieren, wer den Roboter gerade kontrolliert.

Ein Benutzer stellt eine Anfrage für die Kontrolle:

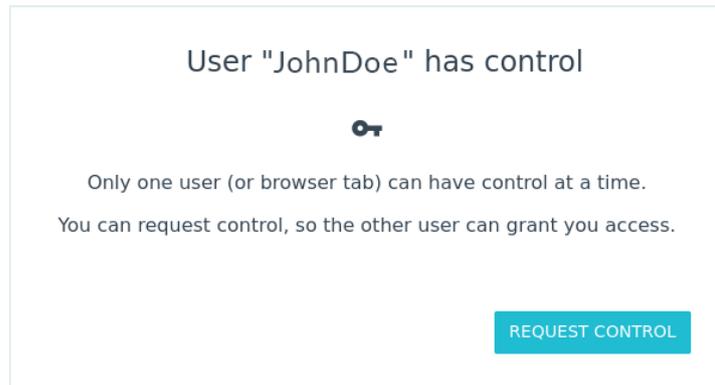


Abb.13.1 Kontrollanforderung

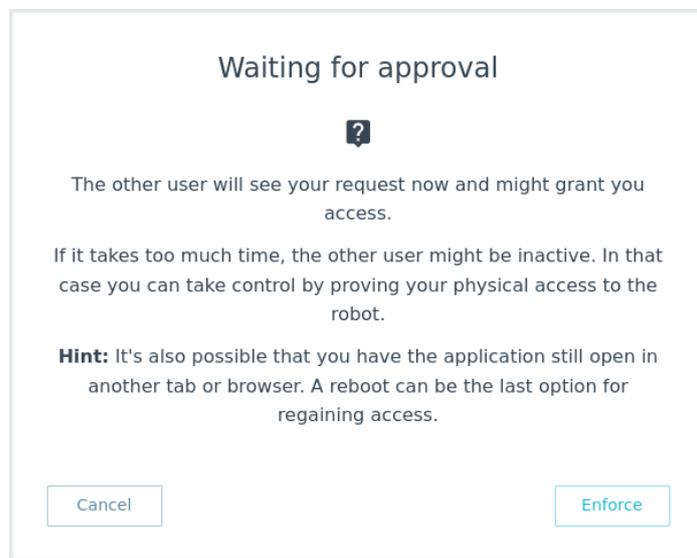


Abb.13.2 Benutzerverwaltung: Warten auf Bestätigung

Der Benutzer, der den SPoC-Token hat, erhält die Anfrage für die Kontrolle:

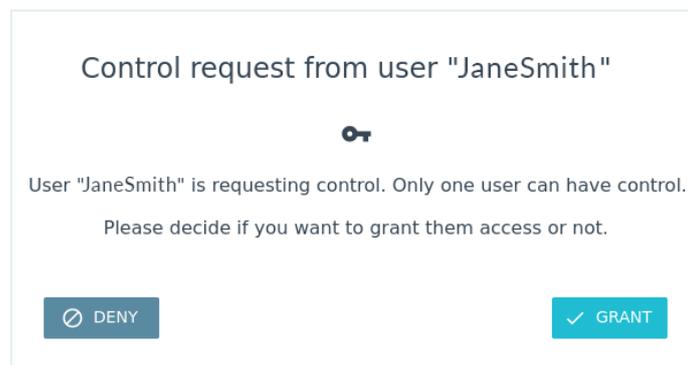


Abb.13.3 Benutzer Anfrage

Kontrollerzwingung

Wenn der Benutzer physischen Zugriff auf den Roboter hat, kann er die Kontrolle erzwingen. Anstatt die Kontrolle anzufragen, kann sie der Benutzer im Dialogfenster, das nach der Anmeldung angezeigt wird, erzwingen. Nachdem diese Option gewählt wurde, erhält der anfragende Benutzer ein Zeitfenster, in dem er den blauen Kreis am Roboterpiloten drücken kann, um die Kontrolle zu übernehmen. Der kontrollierende Benutzer wird über den Erzwingungsversuch innerhalb dieses Zeitfensters informiert. Der kontrollierende Benutzer hat dann die Möglichkeit, die Kontrolle zu bestätigen oder zu verweigern.

HINWEIS

Sie können das Zeitfenster für die Erzwingung der Kontrolle in den Systemeinstellungen anpassen. Standardmäßig ist das Zeitfenster auf 30 s eingestellt.

Ein neuer Benutzer erzwingt die Kontrolle:

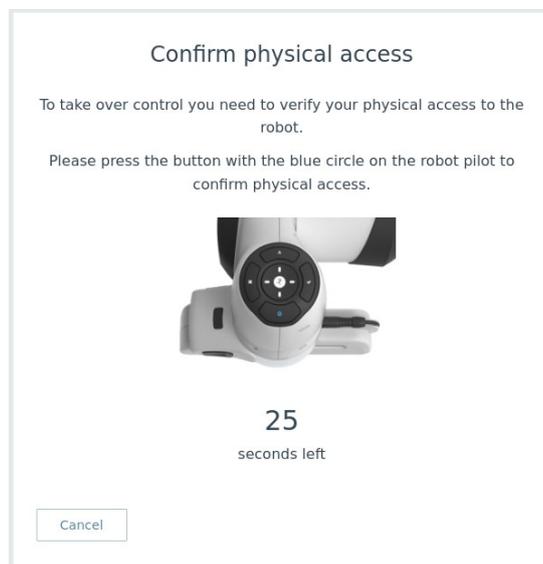


Abb.13.4 Kontrollabgabe erzwingen

Kontrollabgabe

Nachdem der kontrollierende Benutzer die Arbeit mit dem Roboter beendet hat, kann der kontrollierende Benutzer die Kontrolle im Roboter-Menü abgeben. Dadurch wird der Zugriff des kontrollierenden Benutzers gesperrt und der Token freigegeben. Andere Benutzer können nun eine Verbindung zum Roboter herstellen und die Kontrolle direkt übernehmen. Die Kontrolle wird auch freigegeben, wenn der kontrollierende Benutzer sich abmeldet.

Feldbus-Steuerung

Der Roboter kann auch über Feldbus-Schnittstellen gesteuert werden. Single Point of Control (SPoC) ist auch auf Feldbus-Schnittstellen anwendbar. Die erforderlichen Funktionen werden für die unterstützten Feldbus-Protokolle bereitgestellt, müssen während der Implementierung der Verbindung aber berücksichtigt werden. Datenzugriff und unkritische Aktionen sind über Feldbusse unabhängig vom Token-Status möglich.

Franka Research 3 stellt OPC UA-Serverfunktionen bereit.

HINWEIS

Alle Feldbusse haben die gleichen Rechte wie die Rolle „Bediener“.

HINWEIS

Wenn der Roboter über ein Feldbus-Protokoll gesteuert wird, gibt es keinen Anfragenablauf, mit dem andere Benutzer die Kontrolle mittels Franka UI übernehmen können. Wenn ein Franka UI-Benutzer die Kontrolle übernimmt, wird der Token vom Feldbus-Protokoll automatisch diesem Benutzer zugewiesen.



Weitere Informationen zur Verwendung von Modbus und OPC UA finden Sie im entsprechenden Handbuch bei Franka World.

13.3 Betriebsmodi

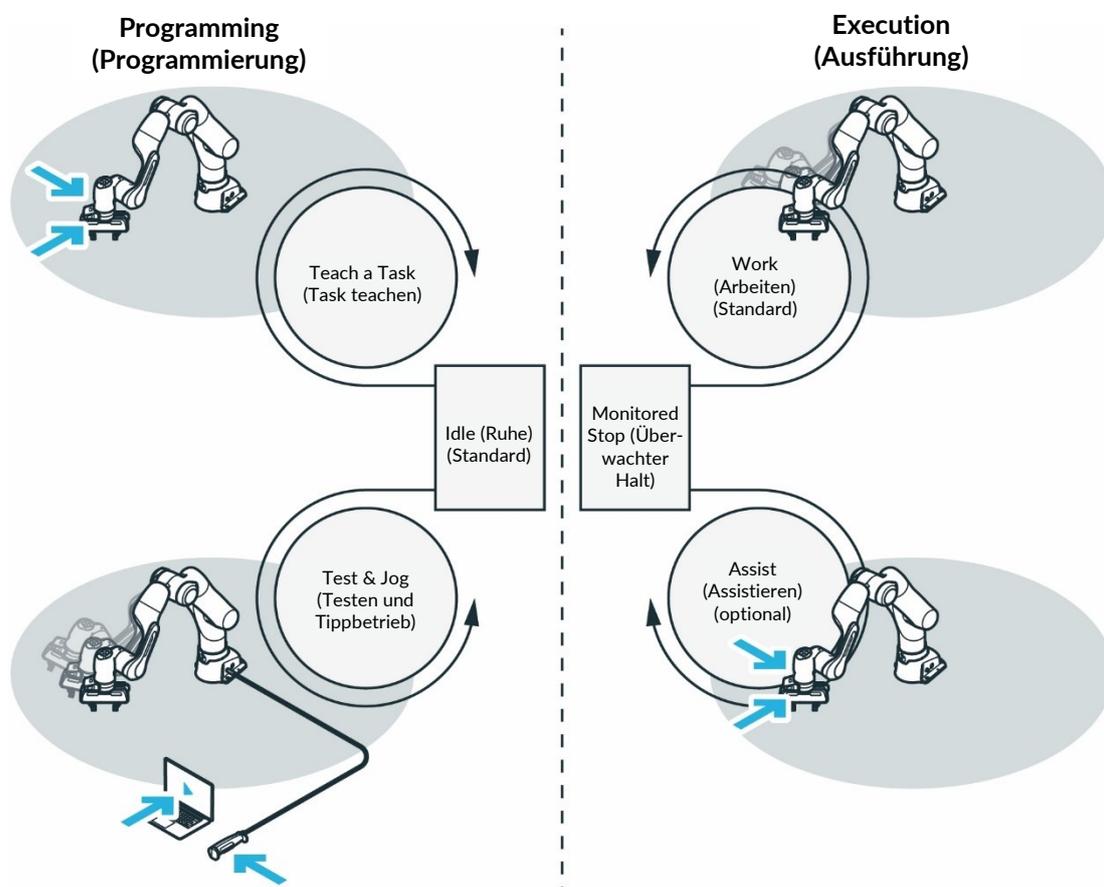


Abb.13.5 Übersicht Betriebsmodi

Franka Research 3 stellt folgende Betriebsmodi zur Verfügung:

1. Programming (Programmierung)
 - Idle (Ruhe) (Standard)
 - Teach a Task (Task teachen) (Zustimmtaste, Handführ-Taste)
 - Test & Jog (Testen und Tippbetrieb) (externe Zustimmereinrichtung, selbsttätig rückstellende Schaltfläche in Desk)

2. Execution (Ausführung)

- Work (Arbeiten) (Standard)
- Monitored Stop (Überwacher Halt)
- Assist (Assistieren) (Zustimmtaste, Handführ-Taste)

Umschalten

Mit dem Umschalter in der Seitenleiste von Desk können Sie zwischen den allgemeinen Modi „Programming“ (Programmierung) und „Execution“ (Ausführung) wechseln. Alle anderen Modi werden durch bestimmte Benutzerinteraktionen innerhalb der allgemeinen Modi implizit ausgewählt, z. B. durch das Drücken der externen Zustimmeinrichtung in „Programming“ (Programmierung).

Die allgemeinen Betriebsmodi können auch über die Feldbussteuerung umgeschaltet werden.

13.3.1 Programming (Programmierung)

Der Modus „Programming“ (Programmierung) ist ein Betriebsmodus, in dem der Roboter zur Ausführung bestimmter Tasks über die Franka UI programmiert werden kann.

Die Steuerung des Roboters über FCI ist im Modus „Programming“ nicht möglich.

Teach a Task (Task teachen) (Handführ-/Zustimmeinrichtung)

Der Administrator teacht den Roboter, indem er den Task und seine Apps parametriert. Dies erfolgt durch Handführung des Roboters mithilfe der Zustimm- und Handführ-Taste am Pilot-Griff (siehe Kapitel 13.6.2 „Teachen eines Tasks“).

Test & Jog (Testen und Tippbetrieb) (Externe Zustimmeinrichtung)

Der Administrator testet und überwacht die Ausführung aus sicherer Entfernung zum Roboter. Hierzu wird die externe Zustimmeinrichtung verwendet, die über den hierfür vorgesehenen Anschluss X4 mit dem Roboter verbunden ist. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 13.6.11 „Testen und Tippbetrieb“.

Typische Vorgehensweise beim Programmieren über die Franka UI

Gehen Sie bei der Programmierung mit dem Franka Research 3 wie folgt vor:

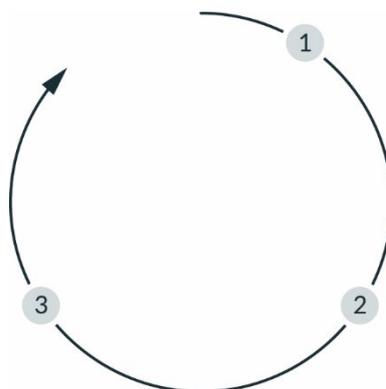


Abb.13.6 Vorgehensweise

1	Teach a Task (Task teachen)	3	Run a Task (Task ausführen)
2	Test & Jog (Testen und Tippbetrieb)		

Teach a Task (Task teachen) (1):

Teachen Sie Franka Research 3 mit einem Task.

Test & Jog (Testen und Tippbetrieb) (2):

Verlassen Sie den maximalen Raum und überprüfen Sie, ob der geteachte Task korrekt ausgeführt wird. Dazu ist die Geschwindigkeit begrenzt. Die Ausführung kann jederzeit gestoppt werden.

Run a Task (Task ausführen) (3):

Wenn ein Task geteacht wurde, führt Franka Research 3 den Task automatisch aus.

13.3.2 Execution (Ausführung)

Der Modus „Execution“ (Ausführung) ist der Betriebsmodus, in dem der Roboter, die zuvor über die Franka UI geteachten Tasks ausführt oder über das Franka Control Interface bewegt werden kann.

Work (Arbeiten)

Im Modus „Work“ (Arbeiten) ist die automatische Ausführung von Tasks aktiviert, ohne dass sichere externe Zustimmungsinrichtungen verwendet werden müssen. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 13.4 „Work“ (Arbeiten).

Monitored Stop (Überwachter Halt)

Der Roboter befindet sich in einem überwachten Stillstand. Dieser Modus wird in folgenden Fällen verwendet:
Ein Sicherheitssensor, verbunden mit einem sicheren Eingang, der in einer speziellen Sicherheitsregel unter Verwendung der Sicherheitsfunktion SMSS konfiguriert ist, erkennt die Anwesenheit eines Menschen.
Ein Übergangsmodus, um dem Benutzer den Modus „Assist“ (Assistieren) anzubieten.

Assist (Assistieren)

Dieser Modus kann während der Ausführung verwendet werden, wenn die Handführung Teil der Anwendung ist. Dieser Modus ist nur innerhalb des definierten gemeinsamen Arbeitsraums zulässig. Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 13.5 „Assist“

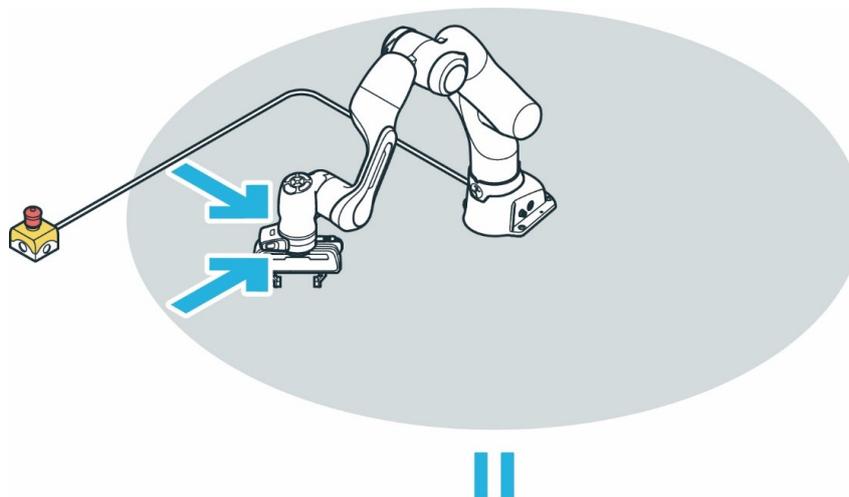


Abb.13.7 Assist Bedienung

⚠️ WARNUNG**Heiße Oberflächen und Handführung**

Bei Umgebungstemperaturen über 30 °C kann die Oberfläche zu heiß zum Anfassen werden. Daher ist die Verwendung der Funktion „Assist“ (Assistieren) im automatischen Modus bei Temperaturen über 30 °C nicht erlaubt.

13.3.3 Überblick über die Statusanzeigen

Auf beiden Seiten des Roboterfußes befinden sich Statusanzeigen, die ähnlich einer Ampel jeweils eine bestimmte Farbe annehmen. Die Statusanzeigen blinken langsam beim Hochfahren, wenn Franka Research 3 die Aufmerksamkeit des Benutzers erfordert oder der Benutzer Werte eingibt. Während anderer Vorgänge leuchten die Statusanzeigen in der Farbe des jeweiligen Zustands von Franka Research 3. Der Zustand von Franka Research 3 wird auch über eine kreisförmige Statusanzeige in der Mitte des Pilot-Bedienfelds angezeigt.

Wenn ein Bediener mit dem Arm interagiert, ist die Statusanzeige am Pilot-Bedienfeld ausgeschaltet.

Weitere Informationen zum Farbschema finden Sie im Kapitel 11.1 „Einschalten“.

⚠️ WARNUNG**Gefährliche und unkontrollierte Bewegungen des Arms**

Gefahr schwerer Verletzungen wie Quetschungen, Hautrisse (Skin Tears) und Stichverletzungen durch Arm und Endeffektoren.

- Stellen Sie sicher, dass der Endeffektor und/oder die Masse des Gegenstands sowie der Massenmittelpunkt (CoM) korrekt parametrisiert sind.
- Halten Sie sich während des Betriebs außerhalb des Arbeitsraums auf.

HINWEIS

Die Bewegungsgeschwindigkeit im Teach- oder Handführ-Modus ist voreingestellt. Die Geschwindigkeit kann je nach Risikobewertung des Arms im Rahmen seiner Anwendung reduziert werden.

13.3.4 Schritt-für-Schritt-Übersicht über Betriebsmodi und entsprechende Statusanzeigen

1. Schalten Sie die Steuerung ein.

Das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem wird aktiviert und Bewegungen sind mechanisch gesperrt.

Während des Hochfahrens blinken die Statusanzeigen langsam weiß.

Nach dem Hochfahren leuchten die Statusanzeigen durchgehend blau und zeigen damit an, dass die Bremsen noch eingelegt sind.

2. Um das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem zu öffnen, betätigen Sie „Unlock Joints“ (Gelenke entriegeln) in der Seitenleiste von Desk.

Die Statusanzeigen leuchten dauerhaft weiß.

Während der Entriegelung blinken die Statusanzeigen langsam blau.

Nach dem Entriegeln leuchten die Statusanzeigen wieder dauerhaft blau.

In der Seitenleiste von Desk wird „Joints unlocked“ (Gelenke entriegelt) angezeigt.

Franka Research 3 befindet sich im Modus „Work“ (Arbeiten).

3. Schalten Sie in Desk in den Modus „Programming“ (Programmierung).

Franka Research 3 befindet sich im Modus „Idle“ (Ruhe).

Die Statusanzeigen leuchten dauerhaft weiß.

4. Um den Arm für das Teach von Hand zu führen, drücken Sie die Handführ-Taste, während Sie gleichzeitig die Zustimmungstaste halb heruntergedrückt halten.

Die Statusanzeigen leuchten dauerhaft weiß.

5. Lassen Sie die Tasten los.

Franka Research 3 befindet sich im Modus „Idle“ (Ruhe).

Die Statusanzeigen leuchten dauerhaft weiß.

6. Verlassen Sie den maximalen Raum und nehmen Sie die externe Zustimmungseinrichtung und die Not-Halt-Einrichtung mit, um „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb) durchzuführen.

7. Betätigen Sie die externe Zustimmungseinrichtung.

Franka Research 3 befindet sich im Modus „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb).

Die Statusanzeigen leuchten dauerhaft blau.

8. Betätigen Sie die Wiedergabe-Schaltfläche in Desk.

Wenn ein Countdown konfiguriert wurde (siehe Abschnitt „Einleiten einer Bewegung“ in Kapitel 13.6.11 „Testen und Tippbetrieb“), blinkt die Statusanzeige am Roboter schnell grün, bis der Countdown abgelaufen ist.

Danach beginnt die Taskausführung.

Während der Ausführung leuchtet die Statusanzeige am Roboter grün.

Im Fehlerfall oder bei einem Sicherheitsverstoß leuchtet die Statusanzeige rot.

Wenn widersprüchliche sichere Eingänge vorhanden sind, blinkt die Statusanzeige langsam rosa.

9. Schalten Sie in Desk in den Modus „Execution“ (Ausführung).

Franka Research 3 geht in den Modus „Work“ (Arbeiten).

Die Statusanzeige leuchtet blau.

Tasks können ohne externe Zustimmungseinrichtung ausgeführt werden.

Während der Ausführung leuchtet die Statusanzeige grün.

Durch das Auslösen eines sicher überwachten Stillstands (SMSS) aus der Sicherheitskonfiguration (z. B. durch einen sicheren Eingang) geht Franka Research 3 in den Modus „Monitored Stop“ (Überwachter Halt).

10. Betätigen Sie die Handführ-Taste und die Zustimmungstaste.

11. Franka Research 3 geht in den Modus „Assist“ (Assistieren) und kann als Teil des Tasks geführt werden.

13.4 „Work“ (Arbeiten)

Im Modus „Work“ (Arbeiten) führt der Roboter seinen Task selbstständig aus. Anders als im Modus „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb) gibt es keine externe Zustimmungseinrichtung als Schutzmaßnahme, d. h. der Bediener muss sicher von den vom Arm ausgehenden Gefahren getrennt sein (gemäß EN ISO 10218-1:2011 und ISO 10218-2).

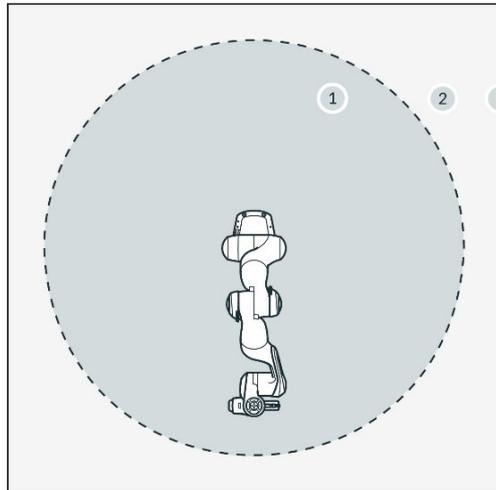


Abb.13.8 Bereichszuordnung

1	Maximaler Raum	3	Umgebende Schutzvorrichtungen
2	Schutzbereich		

Voraussetzungen bei Verwendung der Franka UI

- Ein Task wurde in „Teach a Task“ (Task teachen) erstellt.
- Der Task wurde in „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb) erfolgreich getestet.
- Das Sicherheitssystem läuft ohne Verstöße und Fehler.

HINWEIS

Bewerten Sie immer den ferngesteuerten Ausführungsbeginn und setzen Sie das Sicherheitskonzept im Rahmen des Sicherheitsdesigns (z. B. externe Schutzmaßnahmen) und der Sicherheitseinstellungen des Robotersystems um.

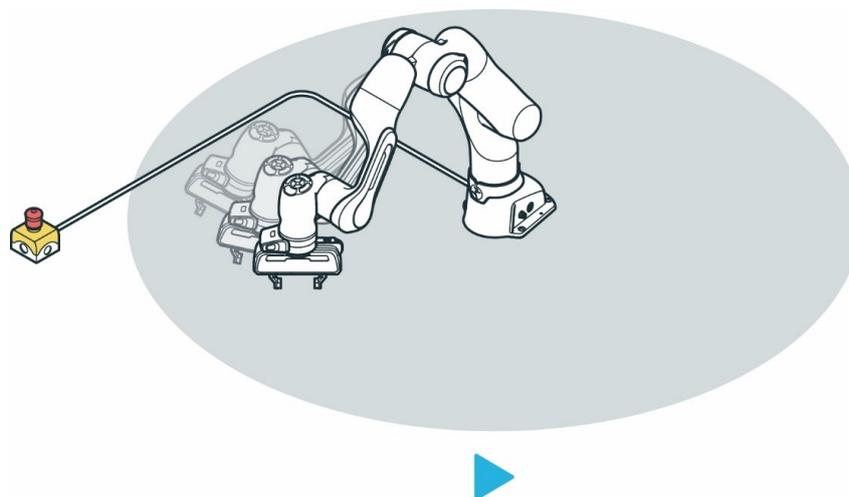


Abb.13.9 Work-Betrieb

HINWEIS

Geräuschpegel während des Betriebs < 70 dB(A)

Vorgehensweise

1. Wechseln Sie in den Betriebsmodi „Execution“
2. Betätigen Sie die Wiedergabe-Schaltfläche in Desk.

Es wird ein Bestätigungsdialo angezeigt.

3. Bestätigen Sie den Dialog.

Der Roboter führt den geteachten Task aus.

HINWEIS

Bei einer Kollision wird die Ausführung angehalten. Die fehlgeschlagene App wird hervorgehoben und eine Fehlerbeschreibung angezeigt.

HINWEIS

Jede Fehlermeldung wird in der Seitenleiste angezeigt. Dort können Informationen über den Fehler und seine Behebung eingesehen werden.

1. Um mit der Ausführung fortzufahren, drücken Sie die Wiedergabe-Schaltfläche für eine der Apps.
2. Um den Task zu beenden, drücken Sie die Stopp-Schaltfläche.

HINWEIS

Der ferngesteuerte Ausführungsbeginn muss bei der Umsetzung des jeweiligen Zellsicherheitskonzepts bewertet werden.

Voraussetzungen zur Verwendung des Franka Control Interface (FCI)

- Der FCI-Mode ist aktiviert (siehe 11.5 „Normaler Gebrauch“).
- Es besteht eine Netzwerkverbindung mit der Linux Workstation.
- Das Sicherheitssystem läuft ohne Verstöße und Fehler.
- Bremsen sind geöffnet
- Die Steuerung befindet sich im Execution-Mode

HINWEIS

Bei einem Fehler während der Steuerung über FCI wird die laufende Operation abgebrochen und der entstandene Fehler über das FCI übermittelt. In Franka UI wird eine Fehlermeldung angezeigt.

Das Programm des Nutzers muss nun so gestaltet sein, dass die Fehler automatisch als Ausgabe übermittelt werden.

13.5 Assist

Der Assist Modus ist ein Zustand des Betriebsmodus Execution (Ausführung). Dieser Modus ermöglicht einen kollaborativen Betrieb mit Handführung gemäß ISO 10218-1. Die Freischaltung des Modus muss durch einen Sicherheitsinbetriebnehmer im Watchman explizit erfolgen.

Wird der Roboter während der Ausführung eines Tasks in den sicher überwachten Stillstand (Save Monitored Stand Still (SMSS)) gebracht, schaltet der Roboter automatisch in den Assist Mode um, wenn die Zustimmung- und Handföhrtasten betätigt werden. Dieser Zustand wird in der Zustandsmeldung des Roboters im DESK angezeigt.

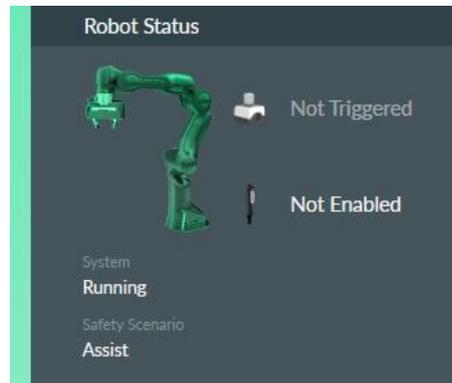


Abb.13.10 Hinweis auf Assist Modus

Der Bediener kann in diesem Modus den Roboter durch Betätigen des Zustimmungstasters am Pilot-Griff des Roboters in Handführung bewegen.

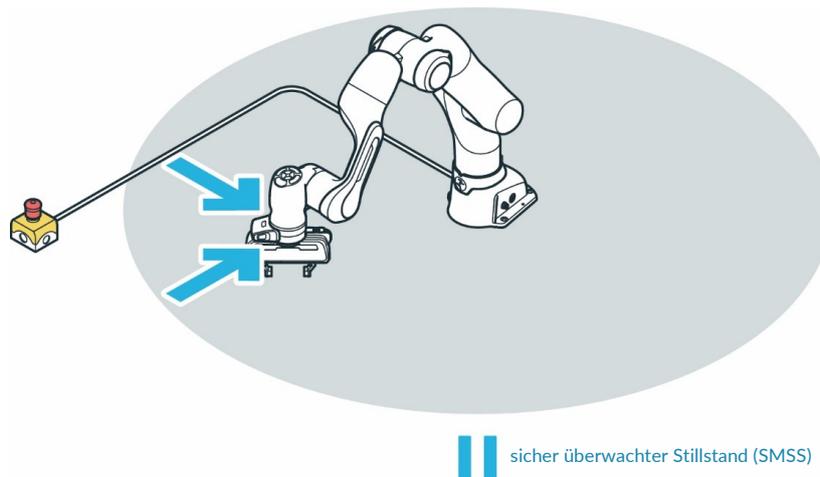


Abb.13.11 Bedingungen zur Bewegungsfreigabe im Assist Modus

! WARNUNG

Heiße Oberflächen und Handführung

Bei Umgebungstemperaturen über 30 °C kann die Oberfläche zu heiß zum Anfassen werden. Daher ist die Verwendung der Funktion „Assist“ (Assistieren) im automatischen Modus bei Temperaturen über 30 °C nicht erlaubt.

Wird die Bedingung des sicher überwachten Stillstandes (SMSS) wieder aufgehoben, setzt der Roboter bei Verwendung der Franka UI die Ausführung des angehaltenen Tasks fort und fährt die nächste Pose an.

Bei Verwendung des Franka Control Interfaces (FCI) wird durch den SMSS eine Fehlermeldung ausgegeben und die Ausführung der Roboterbewegung gestoppt. Die Aufhebung des SMSS führt hier nicht automatisch zu einem Wiederanlauf des Roboters. Dieser muss über die Befehlseingabe neu gestartet werden.

Bedingung zum Einleiten des Assist Modus:

- Aktivierter Assist-Modus in den Sicherheitseinstellungen im Watchman. Diese Aktivierung kann nur durch einen Sicherheitsinbetriebnehmern durchgeführt werden.
- Der Roboter muss sich im sicher überwachten Stillstand (SMSS) befinden. Hierzu muss im Watchman eine Regel im Work Scenario erstellt werden, die den Roboter in den sicher überwachten Zustand (**Save Monitored Stand Still**) bringt. Auslöser für diese Regel kann die Verarbeitung eines sicheren Eingangssignales (X3.2 oder X3.3) oder das Einfahren in einen definierten sicheren Raum sein. Es wird empfohlen, die Auslösung des sicher überwachten Stillstandes durch ein sicheres Eingangssignal einzuleiten.
- Betätigen der Zustimmung- und der Handföhrtaste.

Möglichkeiten der Bewegungen im Assist Modus:

- Durch Betätigung der Zustimmung- und Handföhrtaste am Pilot-Griff kann der Roboter frei im Handföhrenmodus bewegt werden.
- Bewegungen des montierten Endeffektors sind in dem Assist-Mode nicht freigegeben.

Beenden des Assist Modus:

Der Assist Modus wird automatisch beendet, wenn die Zustimmungstaste oder die Handföhrtaste losgelassen wird.

 **VORSICHT**

Ist der sicher überwachte Stillstand durch einen überwachten Raum ausgelöst, fährt der Roboter, wenn außerhalb des überwachten Raumes die Zustimmung- oder die Handföhrtaste losgelassen wird, sofort die nächste Pose an.

Planen Sie daher für die Verwendung des Assist Modes zur Einleitung des sicher überwachten Stillstandes (SMSS) einen sicheren Eingang (X3.2 oder X3.3) ein.

13.6 Franka UI

Franka UI ist die Bedienoberfläche der Roboter von Franka Robotics. Über diese kann der Roboter im Desk programmiert und bedient werden. Über Settings können allgemeine Einstellungen vorgenommen werden und über Watchman werden die erforderlichen Sicherheitsanpassungen konfiguriert.

Franka UI ist immer über die URL <https://robot.franka.de> wenn das Benutzerterminal am X5 – Roboternetzwerk am Robotersockel angeschlossen und der DHCP Client aktiviert ist.

Login

Nach Aufrufen der URL <https://robot.franka.de> erscheint der Login zum User Interface.

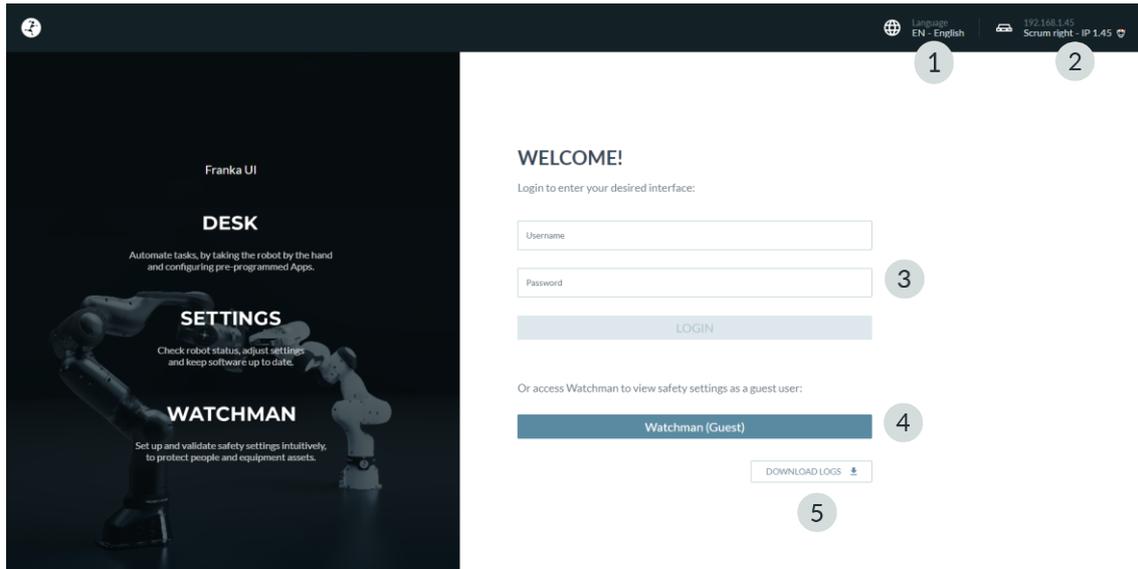


Abb.13.12: Login Franka User interface

1	Sprachauswahl	4	Watchman
2	Netzwerk Status	5	Download Log-Dateien
3	Login		

1 Sprachauswahl

Klicken Sie zur Auswahl der zur Verfügung stehenden Sprachen für das User Interface.

2 Netzwerk Status

Anzeige der aktuellen IP-Adresse des Roboters und des registrierten Namens des Roboters in der Franka World.

Durch Anklicken öffnet sich ein Menü mit folgender Auswahl:

- Link zur Franka World, mit Darstellung, ob der Roboter mit der Franka World verbunden ist (grüner oder roter Punkt).
- Schaltfläche Shut Down, zum Herunterfahren des Roboters.
- Schaltfläche Manuals, Beim Anklicken öffnet sich eine Downloadseite des Controllers mit der Möglichkeit das User Manual in allen verfügbaren Sprachen zu öffnen.



Abb.13.13: Download User Manual

3 Login

Eingabemaske für den Login; Nach dem Anmelden eines Benutzers erscheint die Ansicht von DESK.

4 Watchman

Direktzugriff auf das User Interface von Watchman im Betrachtungsmodus.

5 Download Log

Schaltfläche zum Herunterladen der Log-Dateien des Roboters.

Desk

Übersicht

Desk ist die Benutzerschnittstelle zur Programmierung, Konfiguration und Bedienung des Roboters in der Franka UI. Um Desk zu öffnen, geben Sie die folgende URL in den Browser ein: <https://robot.franka.de> und loggen Sie sich ein.

In Desk können Sie Tasks erstellen. Tasks sind chronologische Abfolgen von Apps. Apps wiederum sind die Bausteine eines Tasks und beschreiben die grundlegenden Fähigkeiten von Franka Research 3, z. B. „Greifen“, „Ablegen“ oder „Taste drücken“.

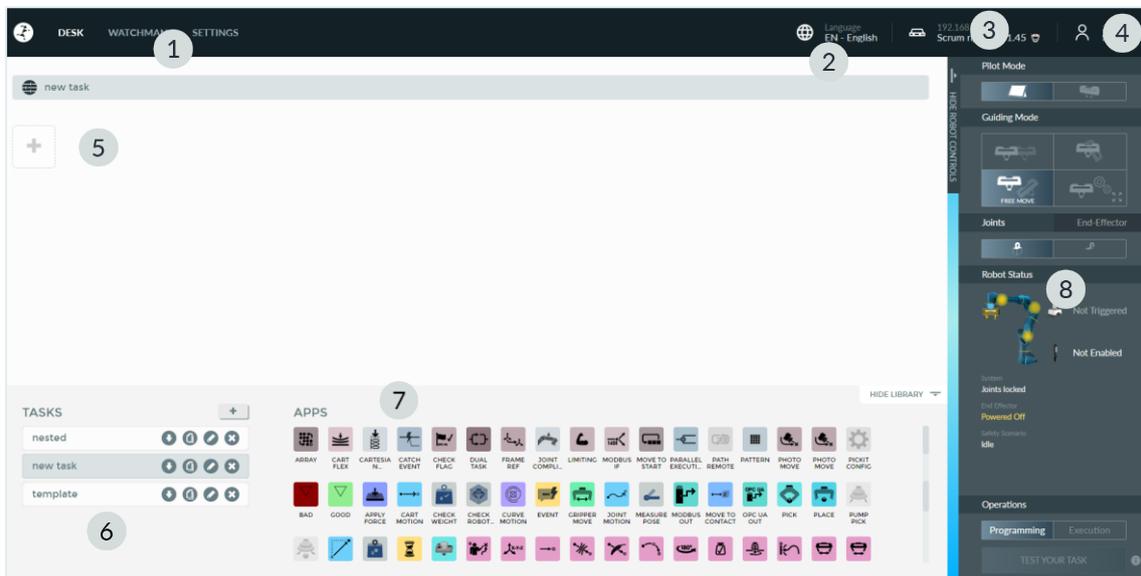


Abb.13.14 Desk

1	Schnell Navigation	5	Zeitleiste
2	Sprachauswahl	6	Tasks
3	System-Menü	7	Apps
4	Benutzer-Menü	8	Seitenleiste

1 Schnellnavigation

Zum schnellen Umschalten zwischen den Ansichten von DESK, WATCHMAN und den SETTINGS.

2 Sprachauswahl

Klicken Sie zur Auswahl der zur Verfügung stehenden Sprachen für das User Interface.

3 System-Menü

Anzeige der aktuellen IP-Adresse des Roboters und des registrierten Namens des Roboters in der Franka World. Durch Anklicken öffnet sich das System-Menü mit folgender Auswahl:

- [Link zur Franka World](#); mit Darstellung, ob der Roboter mit der Franka World verbunden ist (grüner oder roter Punkt).
- [Schaltfläche Reboot](#); zum Neustarten des Roboters.
- [Schaltfläche Shut Down](#); zum Herunterfahren des Roboters.
- [Schaltfläche Activate FCI](#).
- [Schaltfläche Manuals](#); Beim Anklicken öffnet sich eine Downloadseite des Controllers mit der Möglichkeit das User Manual in allen verfügbaren Sprachen zu öffnen.

4 Benutzer-Menü

In der Login Information wird der aktuell angemeldete Benutzer und dessen Rolle angezeigt. Durch Klicken auf diese Schaltfläche öffnet sich das Benutzer-Menü mit folgender Auswahl:

- [Release Control](#); Abgabe der Kontrolle über den Roboter.
- [Log Out](#); Abmeldung des aktuellen Benutzers von dem User Interface.

5 Zeitleiste

Ordnen Sie Ihre Apps in der Zeitleiste an, um Ihren Task zu programmieren. Die Zeitleiste stellt die chronologische Abfolge eines Tasks dar.

6 Tasks

Im Bereich „Tasks“ werden alle konfigurierten Tasks des Roboters aufgelistet. Hier können Sie auf bereits vorhandene Tasks zugreifen und die Tasks verwalten. Darüber hinaus haben Sie die Möglichkeit, Tasks zu erstellen, herunterzuladen, zu klonen, umzubenennen oder zu löschen. Importieren Sie einen Task, indem Sie eine vom aktuellen oder einem anderen Roboter heruntergeladene Taskdatei per Drag & Drop in den Bereich „Tasks“ ziehen.

Tasks von einem anderen Robotersystem von Franka Robotics werden von Franka Research 3 nicht unterstützt.

HINWEIS

Stellen Sie sicher, dass Sie immer ein Backup von Systemlogs, Sicherheitslogs und erstellten Tasks erstellen.

7 Apps

Alle installierten Apps von Franka World können hier eingesehen werden. Die Apps aus diesem Bereich von Desk können direkt im Bereich „Tasks“ verwendet werden. Ziehen Sie die gewünschten Apps per Drag & Drop in die Zeitleiste, um sie zu verwenden und zu konfigurieren.

8 Seitenleiste

Über die Seitenleiste kann der Benutzer den Roboter steuern, indem er den Pilot-Modus auswählt (1), einen Handführ-Modus auswählt (2), die Gelenke verriegelt/entriegelt (3) oder den Endeffektor ein- und ausschaltet (4). Sie zeigt den aktuellen Status des Roboters sowie wichtige Meldungen an (5 & 6). Sie ermöglicht auch den Wechsel des Betriebsmodus (7) und den Start von Tasks (8), um diese auszuführen oder zu testen.

- 1 **Pilot Modus:**
Umschalten zwischen Desk-Steuerung und Endeffektorsteuerung
- 2 **Guiding Mode:**
 - Translation
 - Rotation
 - Frei
 - Benutzerdefiniert
- 3 **Gelenke verriegeln:**
 - Lock
 - Unlock
- 4 **Endeffektor aktivieren:**
 - Einschalten
 - Ausschalten
- 5 **Statusanzeige Roboter**
Status und Meldungen
- 6 **Statusleiste**
Farbige Darstellung des Roboterstatus, siehe Farbtabelle in Kapitel 11.1 „Einschalten“
- 7 **Betriebsmodus**
 - Programmierung
 - Ausführung
- 8 **Start Ausführung**

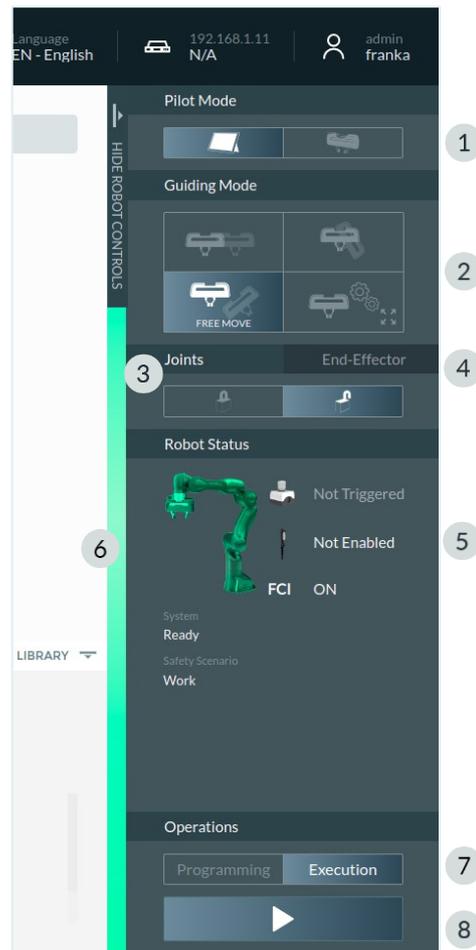


Abb.13.15 Desk Seitenleiste

Watchman

Mit der Webanwendung Watchman kann nur ein Sicherheitsbetriebsnehmer Sicherheitseinstellungen bearbeiten, validieren und integrieren. Allerdings ist jeder Benutzer berechtigt, die aktuellen Sicherheitseinstellungen in Watchman einzusehen.

Um die aktuellen Sicherheitseinstellungen in Watchman anzuzeigen, klicken Sie in der oberen Menüleiste auf „WATCHMAN“ oder rufen Sie im Browser <https://robot.franka.de/watchman> auf.

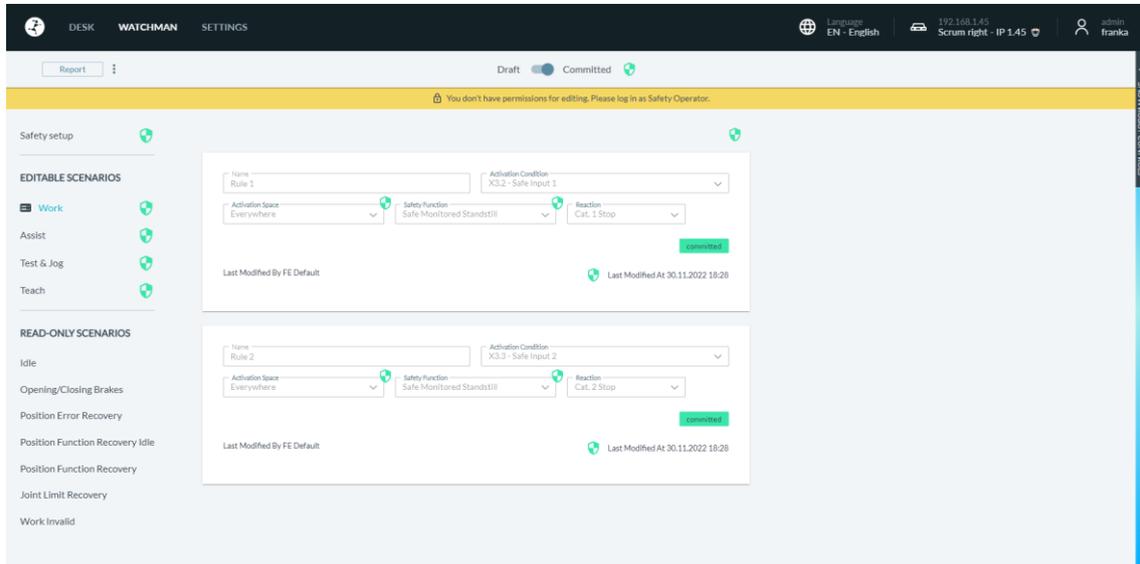


Abb.13.16 Watchman

Die ausführliche Beschreibung der Oberfläche sowie die Vorgehensweise zur Konfiguration der Sicherheitseinstellungen des Roboters finden Sie im Kapitel 12 „SICHERHEITSKONFIGURATION / “.

Settings-Schnittstelle

In der Settings-Schnittstelle stehen Administratoren diverse Funktionen zur Konfiguration des Roboters zur Verfügung.

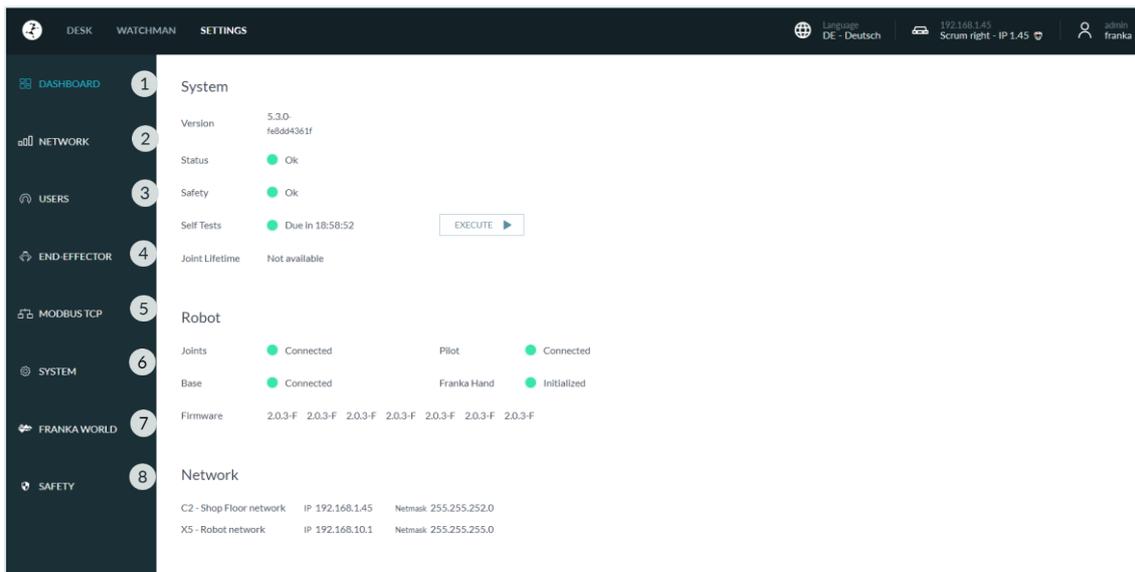


Abb.13.17 Menü Einstellungen

1	Systemübersicht	5	Modbus TCP Einstellungen
2	Netzwerkeinstellungen	6	Systemeinstellungen
3	Benutzerverwaltung	7	Franka World Synchronisation
4	Endeffektor Konfiguration	8	Safety

1 Übersicht über den Systemstatus

- Systeminformationen zur Steuerung
- Systeminformationen zum Arm
- Netzwerkangaben der angeschlossenen Netzwerke

2 Verwaltung von Netzwerkkonfigurationen

- Adresskonfiguration des X5 Roboter Netzwerkes
- Konfiguration des Firmen-Netzwerkes C2

3 Benutzerverwaltung

- Anlegen, Bearbeiten und Entfernen von Benutzern

4 Konfiguration des Endeffektors

- Aktivieren der Energieversorgung des Endeffektors
- Auswahl des Endeffektors
- Konfiguration der Endeffektorparameter

5 Modbus-Konfiguration

- Download Modbus Manual
- Aktivierung der Modbus-Funktion
- Upload und Download der Modbus Konfiguration

6 Systemeinstellungen

- Herunterladen von Systemlogs
- Zurücksetzen auf Werkseinstellungen
- Fahren in Packpose

7 Franka World Synchronisation

- Installation von Apps und Features
- Software-Updates von Franka World

8 Sicherheitseinstellungen

- Herunterladen des Sicherheitslogs
- Konfiguration der Wartezeit zur Bewegungseinleitung
- Konfiguration der SPoC-Token-Zwangszeitüberschreitung

13.6.1 Apps

Apps nutzen die gesamte Komplexität des Franka Research 3 Systems, um über einfach verständliche modulare Bausteine Prozesse wie Greifen, Stecken, Einsetzen und Schrauben für jedermann nutzbar bereitzustellen. Mit Desk können Apps so angeordnet werden, dass im Handumdrehen ganze Tasks entstehen. Die erstellten Tasks können schnell angepasst, wiederverwendet oder auf mehrere Roboter übertragen werden, um die Rüstkosten deutlich zu senken. Einzelne Apps und Tasks können parametrisiert werden, indem Franka Research 3 Posen geteacht werden oder kontextrelevante Parameter wie Geschwindigkeit, Dauer, Kräfte und auslösende Aktionen hinzugefügt werden.



Besuchen Sie unseren Store auf <https://franka.world>, um unser ständig wachsendes Portfolio an Apps und Lösungen zu durchstöbern!

13.6.2 Teachen eines Tasks

WARNUNG

Verletzungsgefahr bei der Handführung

Gefahr von Hautrissen (Skin Tears) oder Stichverletzungen während der Handführung.

- Achten Sie darauf, dass der maximale Raum frei von scharfen Kanten ist.
- Bewahren Sie keine spitzen Gegenstände im maximalen Raum auf.
- Weitere Informationen finden Sie im Kapitel 10.8 „Praktische Tipps für die Verwendung und Aufstellung von Franka Research 3“.

HINWEIS

Bevor Sie einen Task mit Franka Research 3 ausführen, lesen Sie bitte zuerst das Kapitel 11 „BETRIEB“ durch.

13.6.3 Erstellen eines Tasks

Vorgehensweise

1. Um einen neuen Task zu erstellen und auszuwählen, betätigen Sie das „+“-Symbol im Bereich „Tasks“ und vergeben Sie einen Namen.

Es wird ein neuer Task mit einer leeren Zeitleiste erstellt.

2. Ziehen Sie die entsprechenden Apps per Drag & Drop aus dem Bereich „Apps“ in die Zeitleiste und programmieren Sie so einen individuellen Task. Alternativ können Sie auch auf die jeweiligen Apps doppelklicken, um sie der Zeitleiste hinzuzufügen.
3. Ordnen Sie die Apps per Drag & Drop in der gewünschten Reihenfolge an. Die programmierten Tasks werden von links nach rechts ausgeführt.
4. Um Apps aus einem Task zu entfernen, ziehen Sie die entsprechenden Apps aus der Zeitleiste in den Bereich „Apps“.

Alternativ können Sie mit der rechten Maustaste auf eine oder mehrere Apps klicken. Dies öffnet ein Menü, in dem Sie einzelne Apps aktivieren, deaktivieren oder löschen können.

5. Um die Einstellungen auf Task-Ebene zu ändern, z. B. die Ausführungsgeschwindigkeit, klicken Sie in der Zeitleiste auf den Tasknamen.

13.6.4 Task-Einstellungen

Vorgehensweise

1. Klicken Sie auf den Namen des Tasks in der oberen linken Ecke von Desk.
2. Stellen Sie die Parameter für Robotergeschwindigkeit, Nachgiebigkeit/Steifigkeit und Empfindlichkeitsschwellen ein.

HINWEIS

Die Navigation und Parametrierung kann auch über Tasten am Piloten erfolgen.

13.6.5 Parametrierung von Apps

! WARNUNG

Aus Endeffektoren fallende Gegenstände bei der Erstinstallation

Vom Greifer herabfallende Gegenstände führen zu Verletzungen an Händen, Fingern, Füßen und Zehen.

- Tragen Sie stets persönliche Schutzausrüstung (z. B. Sicherheitsschuhe).
- Verwenden Sie geeignete Greifer, um das Herabfallen von Gegenständen zu vermeiden.
- Berücksichtigen Sie bei der Risikobeurteilung gemäß 10218-2 Form, Textur und Gewicht der erfassten Objekte. Die Verwendung von leichten und/oder runden Gegenständen kann das Risiko erheblich mindern.
- Bringen Sie Ihre Hände nicht zwischen gegriffene und feststehende Gegenstände (z. B. Tisch).
- Beladen Sie den Endeffektor nicht vor dem Start, da jedes Mal nach dem Lösen der Bremsen beim Einschalten eine Referenzfahrt erfolgen kann.

Nachdem der Administrator einen Task erstellt und mindestens eine App hinzugefügt hat, können die App-Parameter konfiguriert werden.

Voraussetzungen

- Ein Task wurde erstellt und für die Anzeige in der Zeitleiste ausgewählt.
- Dem Task wurde eine App hinzugefügt.

Vorgehensweise

1. Um eine App im erstellten Task zu öffnen, klicken Sie die App an. *Es erscheint ein entsprechendes Kontextmenü zum Einstellen der Parameter.*
2. Folgen Sie den Anweisungen im Kontextmenü der App, um Posen zu teachen bzw. zu parametrisieren.
3. Führen Sie den Roboter von Hand in die gewünschte Pose.
4. Drücken Sie die Teachtaste auf dem Pilot-Bedienfeld, um die Pose zu bestätigen.

Weitere Informationen über das Pilot-Bedienfeld und seine Tasten finden Sie im Abschnitt Pilot-Draufsicht im Kapitel 6.1 „Arm“.

Weitere Informationen zur Handführung finden Sie im Abschnitt „Handführungskonfigurationen“ im Kapitel 13.6.2 „Teachen eines Tasks“.

Die Kontextmenüs der Apps unterscheiden sich und enthalten einen oder mehrere Schritte zur Eingabe von Parametern, z. B. zum Teachen von Posen oder zur Eingabe der Ausführungsgeschwindigkeit.

Nur aktivierte Apps werden ausgeführt und müssen geteacht werden.

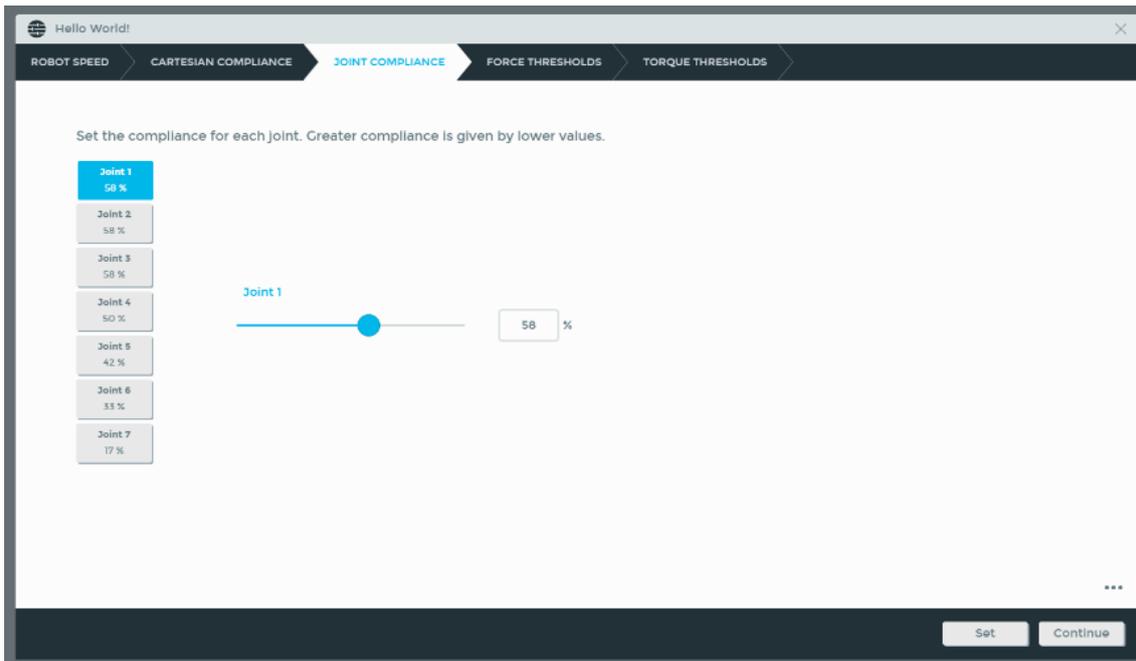


Abb.13.18 App Parametrisierung

HINWEIS

Die Pilot Tasten können auch zur Navigation und Parametrierung verwendet werden.

13.6.6 Teachen einer Pose**VORSICHT****Unerwartetes Bewegen des Arms**

Falsch eingestellte Masse- und Massenmittelpunktswerte (CoM) können zu Verletzungen, wie z. B. Quetschungen, führen.

- Überprüfen Sie die Masse und den Massenmittelpunkt (CoM) jedes Endeffektors und aller damit gegriffenen Gegenstände.
- Korrigieren Sie die Werte, falls erforderlich.

Voraussetzungen

Dem Task wurde eine App mit Posen-Parametern hinzugefügt.

Vorgehensweise

1. Klicken Sie die App an, um sie zu öffnen.

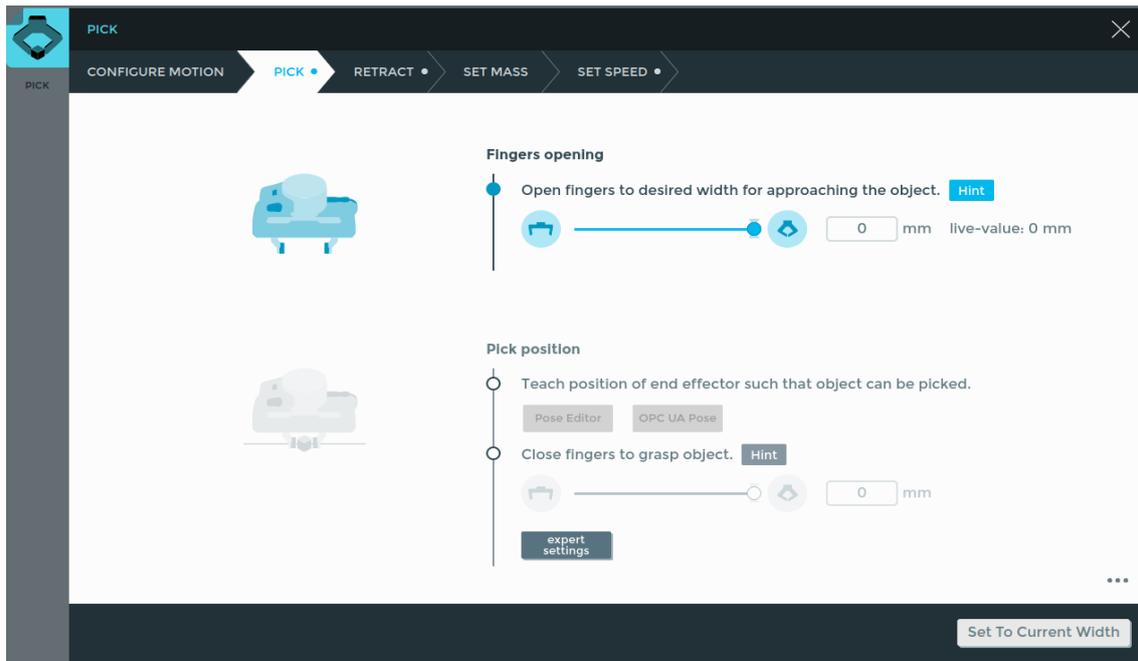


Abb.13.19 Oberfläche einer App

2. Klicken Sie auf den zum Teachen erforderlichen Schritt in der App.

Führen Sie den Arm wie in Kapitel 13.6.9 „Handführung“ beschrieben.

3. Beenden Sie die Handführung des Arms.
4. Lassen Sie die Tasten los, wenn die richtige Pose erreicht ist.
5. Bestätigen Sie die Pose durch Drücken der Teachtaste.

Das Teachen einer Pose in der App ist nun abgeschlossen.

13.6.7 Posen-Feineinstellung

Vorgehensweise

1. Klicken Sie auf die App, in der die Pose angepasst werden soll.

Das Kontextmenü erscheint.

2. Führen Sie im Kontextmenü einen Rechtsklick auf der Pose aus, die angepasst werden soll.
3. Justieren Sie die kartesische Pose des Endeffektors translatorisch und/oder rotatorisch über die Plus- / Minustasten (2) in Einzelschritten. Wenn Sie die Pose angepasst haben, können Sie über die Schaltfläche „HOLD TO MOVE“ (3) den Arm auf die nachjustierte Pose fahren.

Über die Schaltfläche „TAKE LIVE POS“ (4) kann die durch zuvor durchgeführte Handführung erreichte Pose übernommen werden und über „TAKE STORED POSE“ (5) kann die aktuell in der Steuerung gespeicherte Pose wieder als aktuelle Konfiguration übernommen werden.

4. Zum Speichern der Pose klicken Sie auf „SAVE“ (1).

Die Pose wird angepasst.

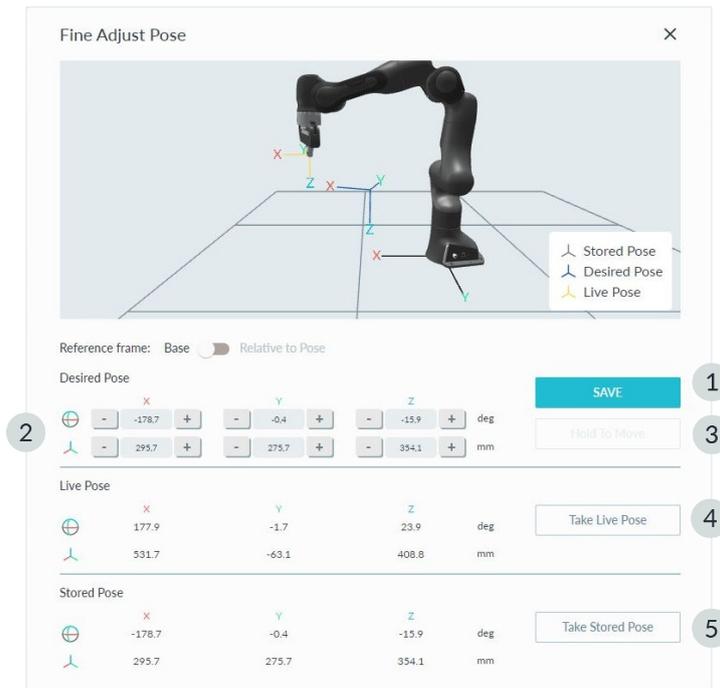


Abb.13.20 App Feineinstellung von Posen

13.6.8 Konfiguration Handführung

Im Handführ-Modus folgt die Bewegung des Arms der entsprechenden Handführungskonfiguration, die in der Seitenleiste angezeigt wird. Die Handführungskonfiguration kann durch Drücken der Handführ-Modus-Taste auf der Oberseite des Pilot-Griffs gewechselt werden. Die gewünschte Konfiguration kann auch in der Seitenleiste ausgewählt werden. Die folgenden Konfigurationen sind wählbar:

- **Translation**
Der Arm kann nur zum Ändern der kartesischen Position des Endeffektors bewegt werden. Seine Orientierung bleibt so, wie sie vor dem Aufrufen des Handführ-Modus war.
- **Rotation**
Der Arm kann nur zum Ändern der kartesischen Orientierung des Endeffektors bewegt werden. Seine Position bleibt so, wie sie vor dem Aufrufen des Handführ-Modus war. Das Referenzkoordinatensystem für diese Rotation ist das vordefinierte Koordinatensystem des Endeffektors.
- **Frei**
Der Arm kann frei bewegt werden. Alle sieben Gelenke sind beweglich.
- **Benutzerdefiniert**
Der Benutzer kann das Handführverhalten für jede kartesische Translations- und Rotationsachse definieren. Der Ellbogen kann beweglich oder fest sein.

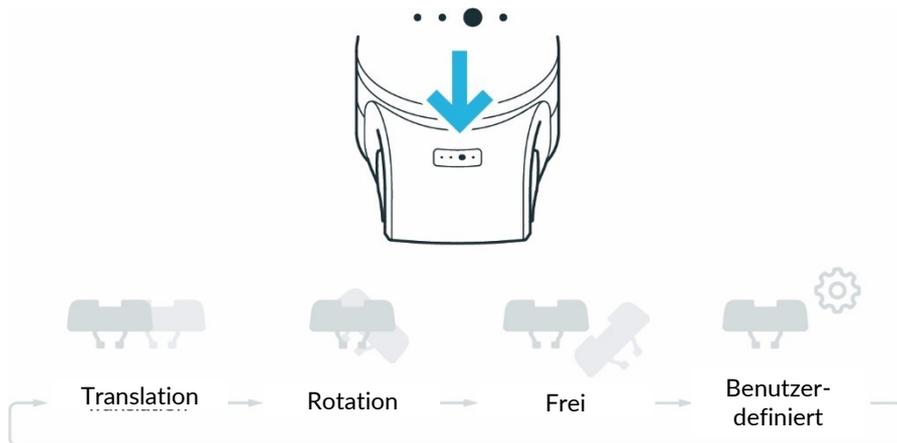


Abb.13.21 Übersicht Umschaltung Handführ-Modis



Abb.13.22 Handführung Darstellung

Wenn „Benutzerdefiniert“ ausgewählt ist, kann der Benutzer Einschränkungen für die Handführung festlegen:

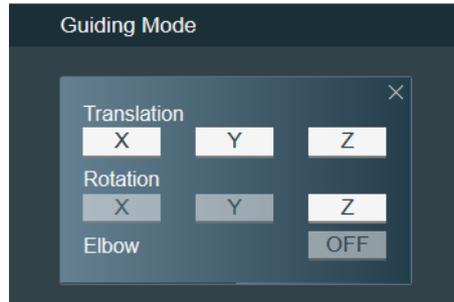


Abb.13.23 Einstellungen Benutzerdefinierte Handführung

Erforderliche Komponenten für die Handführung

Verwenden Sie den Piloten, um den Arm von Hand zu führen.

HINWEIS

Bedienen Sie Desk direkt über den Touchscreen oder mit Ihrer Maus/Tastatur.

HINWEIS

Die Bewegungsgeschwindigkeit im Teach- oder Handführ-Modus ist voreingestellt. Die Geschwindigkeit kann je nach Risikobewertung des Arms im Rahmen seiner Anwendung in den Einstellungen von Watchman reduziert werden.

SICHERHEITSANWEISUNG

Voraussetzungen

1. Die Steuerung muss eingeschaltet und hochgefahren sein.
2. Alle externen Geräte, die an X3 angeschlossen sind, müssen Bewegungen zulassen.
3. Der Not-Halt ist zurückgesetzt.

Vorgehensweise

- Verlassen Sie den maximalen Raum und stellen Sie sicher, dass sich keine anderen Personen innerhalb des maximalen Raums aufhalten.
- Klicken Sie in Desk auf „Unlock Joints“ (Gelenke entriegeln).

Alle sieben Achsen machen eine kleine Bewegung und es sind sieben Klickgeräusche zu hören.

Der Arm befindet sich jetzt im Modus „Idle“ (Ruhe) oder „Monitored Stop“ (Überwachter Halt).

Gehen Sie zurück in den maximalen Raum, um die Handführung zu starten.



Weitere Informationen zum Piloten finden Sie im Kapitel 6.1 „Arm“.



Weitere Informationen entnehmen Sie Kapitel 10.8 „Praktische Tipps für die Verwendung und Aufstellung von“.

13.6.9 Handführung

VORSICHT

Unerwartetes Bewegens des Arms

Falsch eingestellte Masse- und Massenmittelpunktswerte (CoM) können zu Verletzungen, wie z. B. Quetschungen, führen.

- Überprüfen Sie die Masse und den Massenmittelpunkt (CoM) jedes Endeffektors und aller damit gegriffenen Gegenstände.
- Korrigieren Sie die Werte, falls erforderlich.

Vorgehensweise

1. Betätigen Sie die Handführ-Taste und drücken Sie die Zustimmungstaste zur Hälfte ein.

Die Handführung ist jetzt aktiviert.

Die Statusanzeige am Roboterfuß leuchtet weiß.

2. Führen Sie den Arm von Hand.
3. Beenden Sie die Handführung des Arms.
4. Lassen Sie die Tasten los, wenn die richtige Pose erreicht ist.
5. Bestätigen Sie die Pose durch Drücken der Teachtaste.

Das Teachen einer Pose in der App ist nun abgeschlossen.

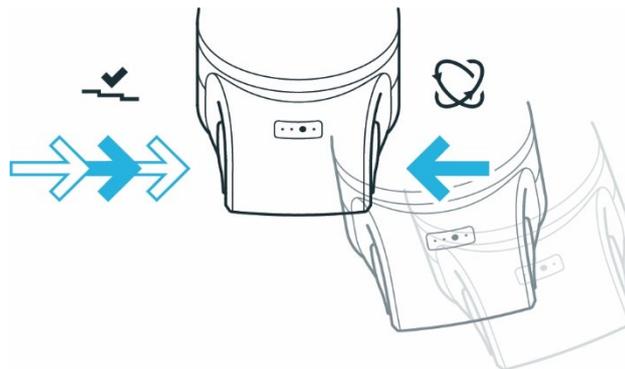


Abb.13.24 Zustimmung zur Handführung

HINWEIS

Verwenden Sie die externe Zustimmungseinrichtung nicht zur Handführung des Roboters, da dies zu einem Fehler führen würde.

HINWEIS

Führen Sie den Arm nicht, wenn er verriegelt ist.

HINWEIS

Die bei der Handführung übertragene Schwingung liegt unter $2,5 \text{ m/s}^2$. Dies wurde nach den in der DIN EN 1032:2009-02 festgelegten Prüfverfahren getestet.

13.6.10 Bearbeiten der Endeffektor-Einstellungen

Eine korrekte Konfiguration ist für den Betrieb von Franka Research 3 unerlässlich. Bei falscher Konfiguration werden die Gravitationskräfte nicht vollständig kompensiert und der Arm regelt auf die falschen Zielwerte.

Vorgehensweise

1. Rufen Sie die Franka UI auf.
2. Rufen Sie die Settings-Schnittstelle auf.
3. Wählen Sie das Untermenü für den Endeffektor.
Die Eingabemaske öffnet sich.
4. Geben Sie die jeweiligen technischen Daten ein, z. B. Masse oder Massenträgheitsmatrix.

Bei einer falschen Konfiguration kann folgendes Verhalten auftreten:

- Der Arm kann im Handführ-Modus in bestimmte Richtungen ziehen.
- Die Steuerung kann im Betriebsmodus beeinträchtigt sein, sodass die erwartete Empfindlichkeit des Arms für die Kollisionserkennung reduziert ist.
- Das Tracking-Verhalten kann beeinträchtigt sein.

Sobald der Task geteacht ist und die korrekten Endeffektor-Einstellungen vorgenommen wurden, schalten Sie auf „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb) um, um den Task mit einer angemessenen Ausführungsgeschwindigkeit zu testen. Stellen Sie sicher, dass es nicht zu Kollisionen kommt und dass alles einwandfrei funktioniert. Dabei können Sie die Bewegung jederzeit durch Loslassen der externen Zustimmungseinrichtung anhalten.

13.6.11 Testen und Tippbetrieb (Test & Jog)

HINWEIS

Bevor Sie einen Task mit Franka Research 3 ausführen, lesen Sie bitte zuerst das Kapitel 11 „BETRIEB“ durch.

Einleiten einer Bewegung

In den Einstellungen kann ein optionaler Countdown für die Task-Ausführung konfiguriert und bearbeitet werden.

Wenn Sie einen Task im Modus „Test & Jog (Testen und Tippbetrieb)“ oder „Work“ (Arbeiten) starten, wird der Countdown angezeigt, bevor der Task ausgeführt wird. Während des Countdowns zeigen die Statusanzeigen am Roboterfuß den gestarteten Task durch schnelles Blinken in Grün an.

HINWEIS

Nach einem Neustart des Systems wird der Kontroll-Token zurückgesetzt.

HINWEIS

Stellen Sie die Wartezeit in den Systemeinstellungen ein. Standardmäßig ist die Wartezeit auf 0 s eingestellt.

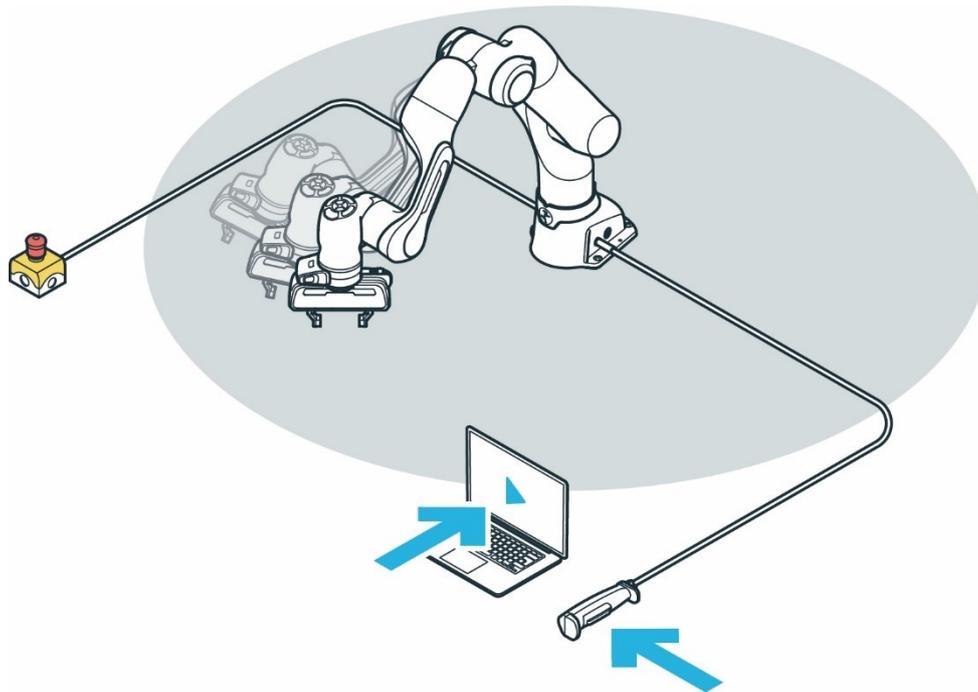


Abb.13.25 Test- & Tippbetrieb

Testen

SICHERHEITSAUWEISUNG

Voraussetzungen

- Der Roboter wurde mit einem Task geteacht.
Die externe Zustimmungseinrichtung ist an X4 angeschlossen.
Der Bediener hat den maximalen Raum verlassen.
Der Bediener hat sich vergewissert, dass sich keine anderen Personen im Sicherheitsbereich aufhalten.
Der Bediener muss seine volle Aufmerksamkeit auf die anstehende Roboterbewegung richten.

Vorgehensweise

Um den Roboter zu aktivieren, drücken Sie die Taste an der externen Zustimmungseinrichtung. Optional: Wählen Sie eine geeignete Ausführungsgeschwindigkeit im Abschnitt „Operation“ (Betrieb) in der Seitenleiste aus. *Die Standardgeschwindigkeit beträgt 0,25 m/s.*

Halten Sie die Wiedergabe-Schaltfläche unter „Test & Jog“ (Testen und Tippbetrieb) im Abschnitt „Operation“ (Betrieb) der Seitenleiste gedrückt.

Die Ausführung des Tasks wird abgebrochen, wenn entweder die Wiedergabe-Schaltfläche oder die externe Zustimmungseinrichtung losgelassen wird.

Wenn ein Countdown für die Task-Ausführung konfiguriert wurde, wird ein Bestätigungsdialo angezeigt. Während des Countdowns kann die Ausführung noch abgebrochen werden. Die Statusanzeigen des Roboters blinken während des Countdowns schnell grün.

Wenn der Roboter den Task wie vorgesehen ausführt, fahren Sie mit Kapitel 13.4 „Work“ (Arbeiten) fort.

Falls Anpassungen vorgenommen werden müssen, gehen Sie zurück zu Kapitel 13.6.2 „Teachen eines Tasks“.

HINWEIS

Das System überwacht die Verbindung mit dem selbsttätig rückstellenden Bedienelement der Franka UI mit einer maximalen Zeitüberschreitung von 1 s. Wird ein Verbindungsverlust festgestellt, während ein selbsttätig rückstellendes Bedienelement gedrückt wird, wird das System angehalten.

13.7 Franka Control Interface (FCI)

Das Franka Control Interface (FCI) ermöglicht eine schnelle und direkte bidirektionale Low-Level-Verbindung mit dem Arm, der Franka Hand und der Cobot Pump. Sie liefert den aktuellen Status des Roboters und ermöglicht eine direkte Steuerung mit einem externen, über Ethernet angeschlossenen Workstation-PC.

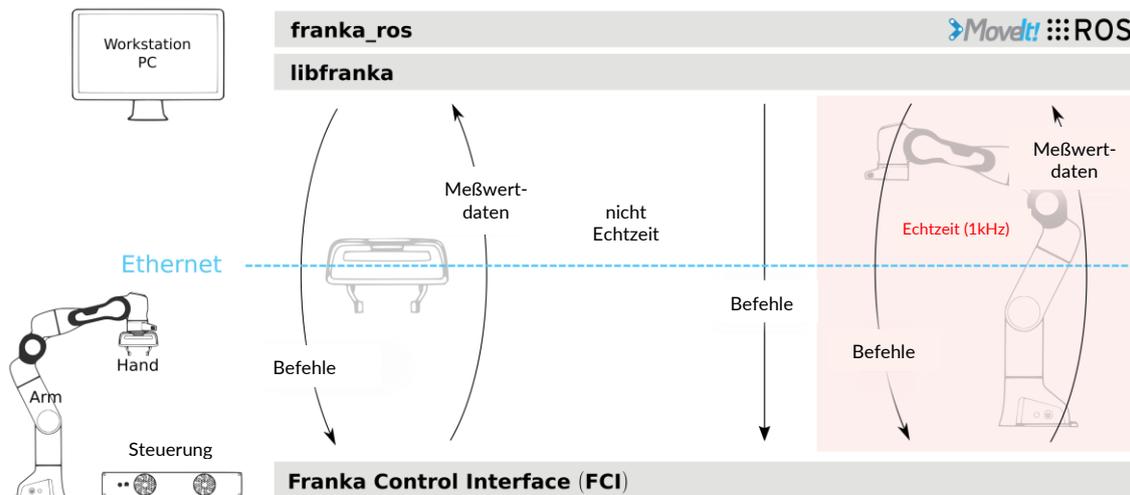


Abb.13.26 Schematische Übersicht FCI

Durch die Verwendung von libfranka, unsere Open-Source-C++-FCI Client, können Sie Echtzeit-Steuerwerte mit 1 kHz über 5 verschiedene Schnittstellen senden:

- Schwerkraft- und reibungskompensierte Drehmomentbefehle auf Gelenkebene.
- Regelung der Gelenkposition
- Regelung der Gelenkgeschwindigkeit.
- Regelung der kartesischen Position
- Regelung der kartesischen Geschwindigkeit.

Gleichzeitig erhalten Sie Zugang zu 1-kHz-Messungen von:

- Gemessene Gelenkdaten, wie z. B. die Signale der Positions-, Geschwindigkeits- und Drehmomentsensoren.
- Schätzung der einwirkenden Drehmomente und Kräfte.
- Verschiedene Kollisions- und Kontaktinformationen.

Sie erhalten außerdem Zugriff auf die Robotermodellbibliothek, die Folgendes bietet:

- Vorwärtskinematik aller Robotergelenke.
- Jacobi-Matrix aller Robotergelenke.
- Dynamik: Trägheitsmatrix, Coriolis- und Zentrifugalvektor und Schwerkraftvektor.

Darüber hinaus verbindet franka_ros und franka_ros2 die Franka Robotics Researchroboter mit dem gesamten ROS-Ökosystem. Es integriert libfranka in ROS und ROS2 Control. Zusätzlich enthält es URDF-Modelle und detaillierte 3D-Muster unserer Roboter und Endeffektoren, die eine Visualisierung (z.B. RViz) und kinematische Simulationen ermöglichen. Die [MoveIt!](#)-Integration macht es einfach, den Roboter zu bewegen und den Greifer zu steuern, und die in [MoveIt!](#) bereitgestellten Beispiele zeigen Ihnen, wie Sie Ihren Roboter mit ROS steuern können.

WARNUNG

Beachten Sie, dass die Steuerung des Roboters über FCI bei aktivierten Funktionen SLP-C, SLS-C oder SLP-J nicht möglich ist. Hiervon betroffen sind die Sicherheitsfunktionen, die räumliche Positionsüberwachung (Inside/Outside Area) und kartesische Geschwindigkeitsüberwachungen (maximum Velocity) beinhalten. Werden diese im Watchman in Regeln verwendet, so ist die Steuerung über FCI nicht möglich.

HINWEIS

Die Daten werden mit einer Frequenz von 1 kHz über das Netz gesendet. Daher ist eine gute Netzwerkverbindung erforderlich!

HINWEIS

Während FCI aktiv ist, haben Sie die volle, exklusive Kontrolle über Arm und Hand. Das bedeutet, dass eine Steuerung des Arms nicht gleichzeitig über Apps und FCI erfolgen kann!

13.7.1 Prinzipielles Arbeiten mit der FCI-Schnittstelle

Das Steuern des Roboters über die FCI-Schnittstelle kann mit Hilfe der libfranka in der C++ Umgebung umgesetzt werden. Hierzu sind fundierte Kenntnisse in Linux-Umgebung sowie der C++ Programmierung empfohlen. Alternativ kann die Steuerung des Roboters über die FCI Schnittstelle auch durch ROS, ROS2 erfolgen.

In dem nachfolgenden Abschnitt ist das prinzipielle Vorgehen zur Programmierung mit Hilfe von libfranka in der C++-Umgebung beschrieben.

Executables (ausführbare Programmdateien)

Über die zuvor, wie im Kapitel 13.7 „Franka Control Interface (FCI)“ beschriebene libfranka können ausführbare Programmdateien (Executables) erstellt werden.

Im Unterordner „examples“ der libfranka sind Beispielsprogramme aufgeführt. Sie können diese zum einfachen Einstieg als Basis verwenden und daraus Kopien erstellen, die entsprechend Ihren Anforderungen angepasst werden.

Nachfolgend finden Sie, zur Erläuterung der Struktur eines Skriptes, den Quellcode des Beispiels „generate_joint_position_motion.cpp“ aus der libfranka.

```
// Copyright (c) 2017 Franka Robotics GmbH
// Use of this source code is governed by the Apache-2.0 license, see LICENSE
#include <cmath>
#include <iostream>

#include <franka/exception.h>
#include <franka/robot.h>
#include "examples_common.h"
/**
 * @example generate_joint_position_motion.cpp
 * An example showing how to generate a joint position motion.
 *
 * @warning Before executing this example, make sure there is enough space in front of the robot.
 */
int main(int argc, char** argv) {
    if (argc != 2) {
        std::cerr << "Usage: " << argv[0] << " <robot-hostname>" << std::endl;
        return -1;
    }
    try {
        franka::Robot robot(argv[1]);
        setDefaultBehavior(robot);

        // First move the robot to a suitable joint configuration
        std::array<double, 7> q_goal = {{0, -M_PI_4, 0, -3 * M_PI_4, 0, M_PI_2, M_PI_4}};
        MotionGenerator motion_generator(0.5, q_goal);
        std::cout << "WARNING: This example will move the robot! "
                  << "Please make sure to have the user stop button at hand!" << std::endl
                  << "Press Enter to continue..." << std::endl;
        std::cin.ignore();
        robot.control(motion_generator);
        std::cout << "Finished moving to initial joint configuration." << std::endl;
        // Set additional parameters always before the control loop, NEVER in the control loop!
        // Set collision behavior.
        robot.setCollisionBehavior(
            {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}}, {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}},
            {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}}, {{20.0, 20.0, 18.0, 18.0, 16.0, 14.0, 12.0}},
            {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}}, {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}},
            {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}}, {{20.0, 20.0, 20.0, 25.0, 25.0, 25.0}});
        std::array<double, 7> initial_position;
        double time = 0.0;
        robot.control([&initial_position, &time](const franka::RobotState& robot_state,
                                                franka::Duration period) -> franka::JointPositions {
            time += period.toSec();
            if (time == 0.0) {
                initial_position = robot_state.q_d;
            }
            double delta_angle = M_PI / 8.0 * (1 - std::cos(M_PI / 2.5 * time));

            franka::JointPositions output = {{initial_position[0], initial_position[1],
                                             initial_position[2], initial_position[3] + delta_angle,
                                             initial_position[4] + delta_angle, initial_position[5],
                                             initial_position[6] + delta_angle}};

            if (time >= 5.0) {
                std::cout << std::endl << "Finished motion, shutting down example" << std::endl;
                return franka::MotionFinished(output);
            }
            return output;
        });
    }
};
```

```

} catch (const franka::Exception& e) {
    std::cout << e.what() << std::endl;
    return -1;
}
return 0;
}

```

In C++ werden über die Zeichenfolge „`///`“ Texte ausgeklammert. Diese dienen z.B. als Information des Programmierers zur Programmstruktur.

Der Include-Befehl „`#include <path-spec>`“ am Anfang des Skriptes weist den Prozessor an, den Inhalt aus der in der Pfadspezifikation an dem Punkt einzuschließen, an dem die `-Anweisung` angezeigt wird. Sie können zum Beispiel so auf vordefinierte Funktionen aus der `libfranka` zurückgreifen.

Die Zeile „`int main(int argc, char** argv) { }`“ beinhaltet innerhalb der einfachen Klammern die Kommandozeilenparameter. Innerhalb der geschweiften Klammern steht die eigentliche Hauptfunktion des Skriptes. Die Hauptfunktion wird durch eine schließende geschweifte Klammer beendet.

In der Hauptfunktion können nun verschiedene Befehle ausgeführt bzw. Aufrufe von inkludierten Unterfunktionen Funktion erfolgen.

Wie zuvor bereits erwähnt, bedarf die Steuerung des Roboters ein fundiertes Wissen in der C++ Programmierung.

HINWEIS

Um den sofortigen Bewegungsstart des Roboters abzufangen, empfiehlt Franka Robotics, eine Abfrageprozedur am Anfang eines Skriptes zu erstellen, die erst nach aktiver Bestätigung die Ausführung des Programmes ausführt. Solche Abfragen finden Sie auch in den Beispielskripten in der `libfranka`.

Erstellen oder Ändern von Executables

Wenn Sie eigene Executables erstellen möchten, empfehlen wir Ihnen ein eigenes Projekt anzulegen. Erstellen Sie hierzu Ihren Projektordner. In diesem Ordner muss eine „`CMakeLists.txt`“ erstellt werden. Diese Datei sollte nach dem folgenden Schema aufgebaut werden.

```

project(hello_world)

find_package(Franka REQUIRED)

add_executable(hello_world hello_world.cpp)

target_link_libraries(hello_world Franka::Franka)

```

Speichern Sie in Ihrem Projektordner Ihre Source-Code-Dateien zu Ihren Executables (`xxxxx.cpp`). Ergänzen Sie die „`CMakeLists.txt`“-Datei entsprechend um ihre Source-Codes.

Erstellen Sie nun einen Build-Ordner in Ihrem Projekt. Und führen Sie aus diesem Ordner heraus den folgenden Befehl aus:

```
cmake ..
```

Ihr Build wird nun entsprechend der `CMakeLists.txt` erstellt.

Anschließend führen Sie zum Kompilieren den folgenden Befehl aus ihrem Build-Ordner heraus aus:

```
make
```

Ihr Projekt ist nun erfolgreich kompiliert.

Ausführung von Executables

Um Executables ausführen zu können, müssen Sie diese aus dem erstellten Build Ihres Projektes ausführen.

Ein Executable wird ausgeführt, in dem Sie in dem Build-Ordner Ihres Projektes, in dem dieses gespeichert ist, ein Terminal öffnen und folgenden Befehl ausführen:

```
./name executable <ip roboter>
```

Tragen Sie den Namen des Executable und die IP-Adresse des Roboters ein.

Das Skript wird nun ausgeführt.

⚠️ WARNUNG

Die Ausführung eines Executable kann direkt Bewegungen des Roboters einleiten und somit zu Verletzungen führen.
Achten Sie vor dem Starten eines Executable darauf, dass sich keine Personen im Gefahrenbereich des Roboters aufhalten!

Um die Ausführung eines Executable zu beenden / abubrechen, können Sie die Tastenkombination <CTRL>+<C> drücken.

13.8 Fehlerbehebung

13.8.1 Allgemeiner Gebrauch

Behebbarer Fehler

Eine Liste der Sicherheitsfehler, aus denen eine Wiederherstellung möglich ist, finden Sie im Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“.

Fehler	Abhilfe
Statusanzeige von Franka Research 3 leuchtet weiß	Möglicherweise wurde eine der beiden Tasten am Pilot-Griff nicht richtig gedrückt. Lassen Sie die beiden Tasten los und drücken Sie die Zustimmungstaste halb ein, während Sie gleichzeitig die Handführ-Taste gedrückt halten. Achten Sie darauf, dass Sie die Zustimmungstaste nicht ganz herunterdrücken, da ansonsten die Bewegung des Arms gestoppt wird.
Statusanzeige von Franka Research 3 leuchtet rosa	Das System empfängt widersprüchliche Aktivierungssignale. Schließen Sie alle Eingänge, bevor Sie den Roboter wieder bewegen. Die geöffneten Eingänge X3.1 (Not-Halt) und X4 (externe Zustimmungseinrichtung) sind in Desk rosa hervorgehoben.
Statusanzeige von Franka Research 3 leuchtet oder blinkt gelb	Das System hat eine Warnung im System festgestellt. Je nach Art der Warnung kann das System trotz aktiver Warnung evtl. weiterbetrieben werden.
Statusanzeige von Franka Research 3 blinkt rot	Es ist ein Anwendungsfehler oder ein Sicherheitsverstoß aufgetreten. Der Fehler oder der Verstoß muss behoben werden, bevor das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem wieder von Desk aus freigegeben werden kann.
Statusanzeige von Franka Research 3 leuchtet rot	Ein Problem ist aufgetreten. Falls dies durch einen Neustart des Systems nicht behoben werden kann, kontaktieren Sie bitte einen Ansprechpartner, einen Dienstleister oder uns direkt unter support@franka.de .

Arm zieht beim Teachen stark in eine Richtung

Überprüfen Sie sofort die Einstellungen für den Endeffektor und stellen Sie sicher, dass der richtige Endeffektor ausgewählt und konfiguriert wurde. Stellen Sie sicher, dass Franka Research 3 auf einer ebenen Fläche innerhalb der zulässigen Neigungstoleranz montiert ist.

Wenn Sie eine Verbindung zu einem kundenspezifischen Endeffektor oder einem Drittanbieter-Endeffektor herstellen, vergewissern Sie sich, dass Sie diesen ordnungsgemäß durch Aktualisieren der Transformationsmatrix kompensiert haben. Um den korrekten Werkzeugmittelpunkt einzustellen, stellen Sie das Gewicht ein und legen Sie den Massenmittelpunkt (CoM) relativ zum Flansch fest.

HINWEIS

Wenn ein kundenspezifischer Endeffektor oder ein Drittanbieter-Endeffektor installiert wurde, überprüfen Sie Folgendes:

1. Aktualisieren Sie die Transformationsmatrix, sodass der richtige Werkzeugmittelpunkt eingestellt ist.
2. Passen Sie das Gewicht des Endeffektors an.
3. Stellen Sie den Massenmittelpunkt (CoM) in Bezug auf den Flansch ein.
4. Aktualisieren Sie die Trägheitsmatrix.

Sollte das Problem weiterhin bestehen, wenden Sie sich bitte an Ihren Servicepartner oder den Support unter support@franka.de. Nehmen Sie das System erst dann wieder in Betrieb, wenn das Problem behoben ist.

Bei schwerer externer Verkabelung kann eine Drift nicht verhindert werden, da diese mit den Einstellungen in Franka Research 3 nicht für alle Posen kompensiert werden kann.

Lautes Klicken beim Ausschalten

Dieses Klicken ertönt beim Verriegeln des Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystems und ist normal. In die Gelenke werden Verriegelungsbolzen eingefahren, mit denen die Gelenke mechanisch verriegelt werden.

Gelenklimitfehler

Bei einem Gelenklimitfehler wurde ein Gelenk des Roboters aus dem zulässigen Bewegungsbereich geführt. Es erscheint folgende Fehlermeldung:

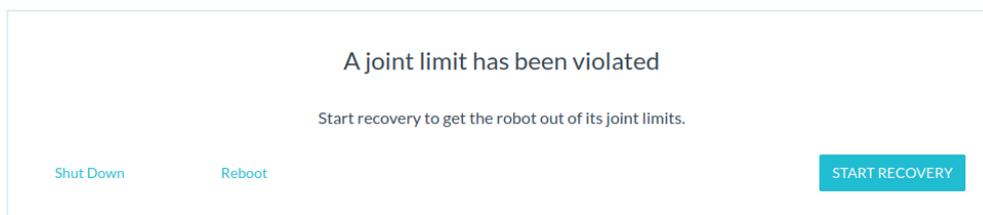


Abb.13.27 Meldung "A Joint limit has been violated"

Die Behebung dieses Fehlers kann nur durch einen Sicherheitsinbetriebnehmer durchgeführt werden. Bei eingeloggten Sicherheitsinbetriebnehmern erscheint die Schaltfläche „START RECOVERY“.

Durch Anklicken von "START RECOVERY" wird die Prozedur zum Wiederherstellen des Gelenkfehlers gestartet. Es öffnet sich ein Dialog mit der Darstellung des betroffenen Gelenkes.

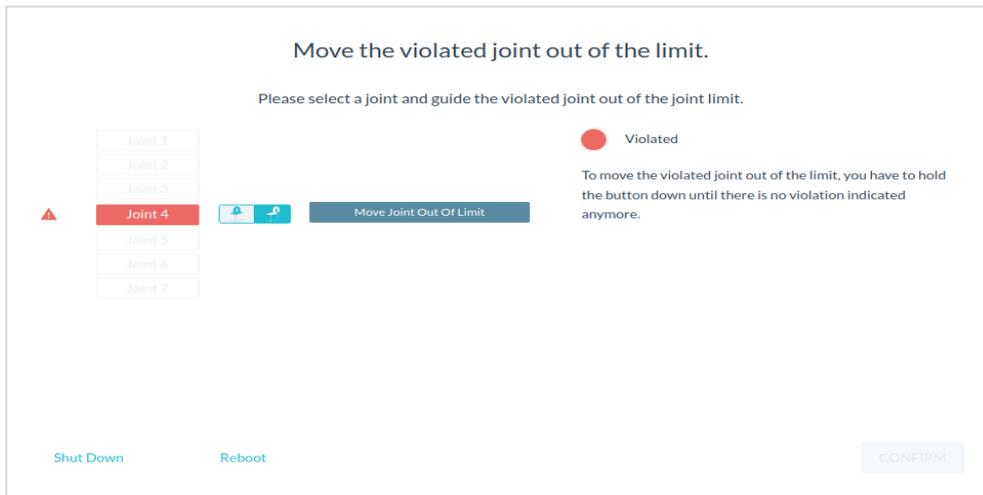


Abb.13.28 Meldung mit Anzeige des fehlerhaften Gelenks

Betätigen Sie nun das externe Zustimmunggerät und klicken Sie auf „Move Joint Out Of Limit“. Halten Sie beides so lange, bis die folgende Meldung erscheint:

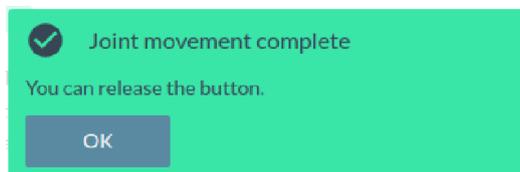


Abb.13.29 Bestätigung Gelenk ist wieder im Limit

Das Gelenk befindet sich nun wieder innerhalb des Bewegungslimits. Klicken Sie nun auf „CONFIRM“ und schließen Sie dadurch die Wiederherstellung ab.

Gelenkpositionsfehler

Bei einem Gelenkpositionsfehler sind die Positionsdaten eines Gelenkes in der Steuerung verloren gegangen. Dies kann z.B. durch einen Stromausfall bei offenen Bremsen ausgelöst werden. Dieser Fehler bedarf zur Behebung einer Prozedur, die die Wiederherstellung der Positionszuordnung bzw. Gelenkcalibrierung ermöglicht. Angezeigt wird dieser Fehler durch die nachfolgende Meldung im Desk.



Abb.13.30 Meldung "Joint position error detected"

Die Behebung dieses Fehlers kann nur durch einen Sicherheitsinbetriebnehmern durchgeführt werden. Bei eingeloggtten Sicherheitsinbetriebnehmern erscheint die Schaltfläche „START RECOVERY“.

Nach dem Anklicken von „START RECOVERY“ wird eine Meldung geöffnet, in der die fehlerhaften Gelenke dargestellt werden.

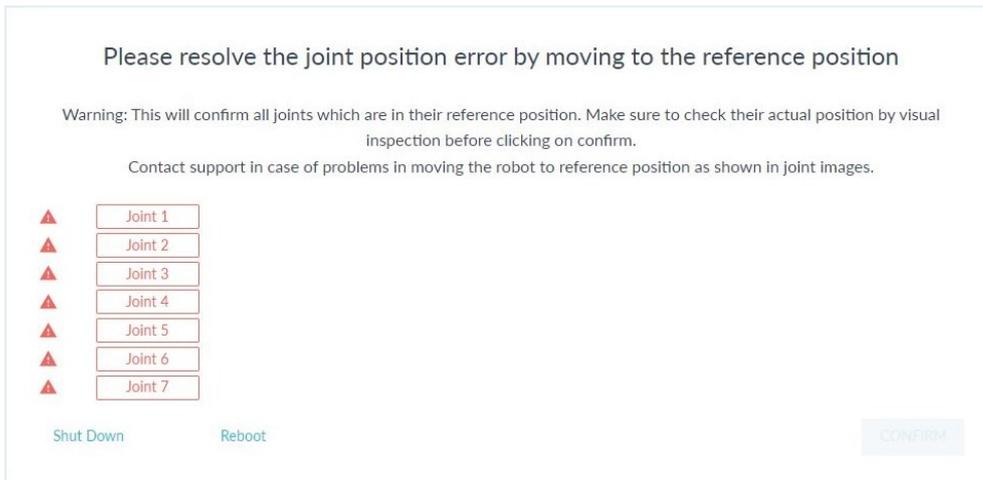


Abb.13.31 Meldung mit Anzeige der fehlerhaften Gelenke

Klicken Sie ein beliebiges fehlerhaft gemeldetes Gelenk an. Die Ansicht zum Wiederherstellen des Gelenkes wird angezeigt.

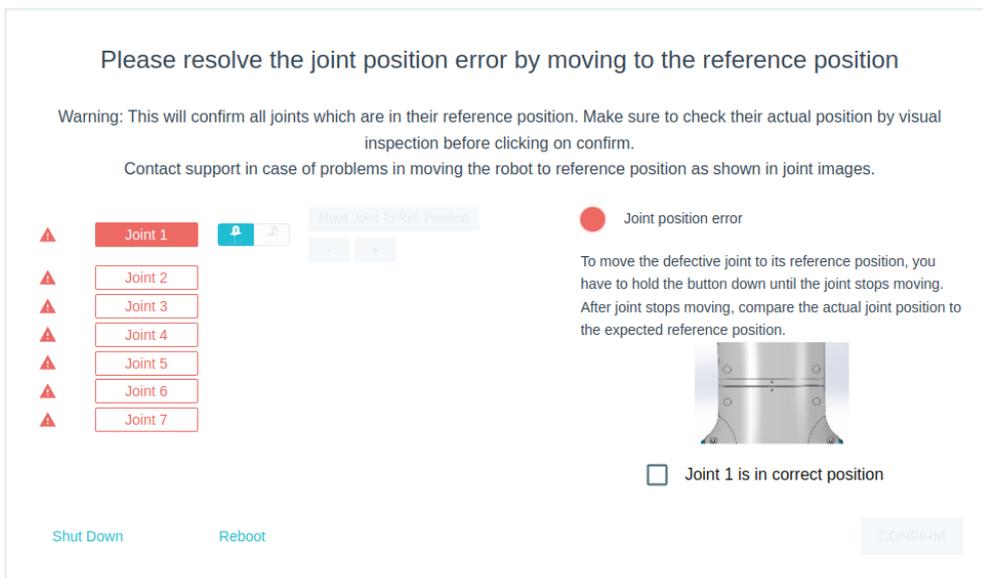


Abb.13.32 Wiederherstellung Gelenk verriegelt

Betätigen Sie nun die externe Zustimmungsrückmeldung und halten Sie diese bis zum Abschluss der Wiederherstellung des Gelenkes gedrückt. Klicken Sie auf das Entsperrsymbol des Gelenkes.

HINWEIS

Achten Sie bei Betätigung der externen Zustimmungsrückmeldung darauf, dass Sie sich außerhalb des Gefahrenbereichs befinden, um die Ausführung der Wiederherstellung aus sicherer Entfernung zu überprüfen.

Der Roboter entsperrt nun dieses Gelenk.

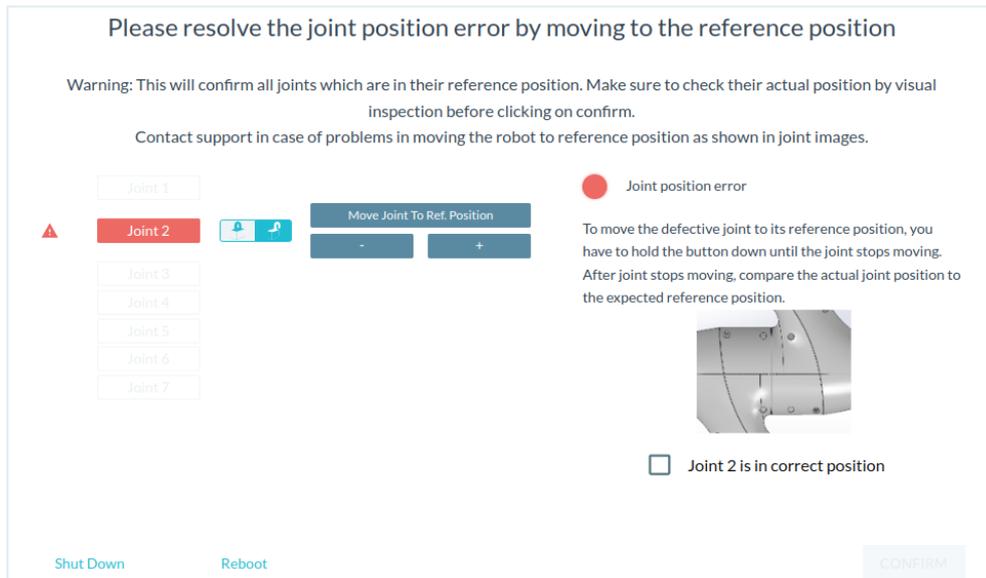


Abb.13.33 Wiederherstellung Gelenk bereit zum Verfahren

Klicken Sie anschließend auf die Schaltfläche „Move Joint To Ref. Position“ und halten Sie diese so lange gedrückt, bis am Roboter die Markierung der Referenzposition erreicht ist. Alternativ hierzu können auch die „+ / -“ Tasten zum Bewegen des Roboters verwendet werden.

Wenn das Gelenk die korrekte Position erreicht hat, erscheint die folgende Meldung:



Abb.13.34 Bestätigung Position erreicht

Überprüfen Sie visuell, ob sich das betroffene Gelenk in die Referenzposition bewegt hat. Ist dies nicht der Fall, d. h. ein Gelenk hat sich nicht in die richtige Referenzposition bewegt, wenden Sie sich an den Support.

Wenn sich die Gelenkposition in der Referenzposition befindet, können sie die externe Zustimmungsrückmeldung wieder loslassen. Setzen Sie nun den Haken zum Bestätigen der korrekten Referenzposition des Gelenkes und Klicken Sie auf die Schaltfläche „CONFIRM“. Die Gelenkposition ist nun neu referenziert.

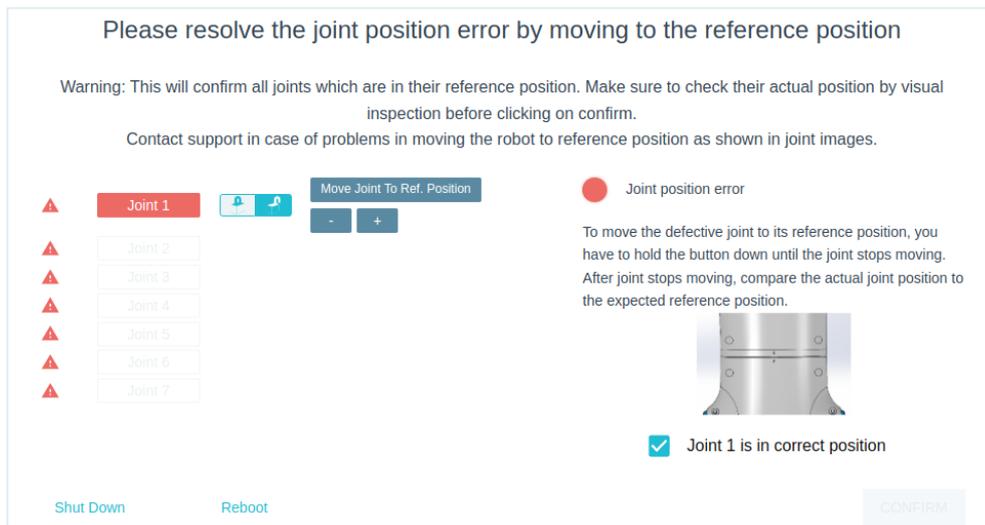


Abb.13.35 Wiederherstellung Gelenk bestätigt

Führen sie den beschriebenen Vorgang nun für alle weiteren, noch als fehlerhaft angezeigten Gelenke durch. Wenn Sie die Schaltflächen zum Verfahren nicht halten, erscheint die folgende Meldung:



Abb.13.36 Meldung Schaltfläche nicht gehalten

Wenn Sie das Verfahren vor dem Erreichen der Referenzposition beenden, erscheint die folgende Meldung:

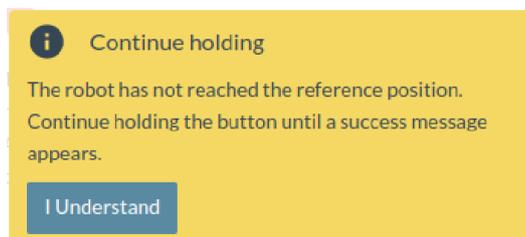


Abb.13.37 Meldung Referenzposition noch nicht erreicht

Sollte der Roboter keine Bewegung ausführen, dann erscheint die folgende Meldung:

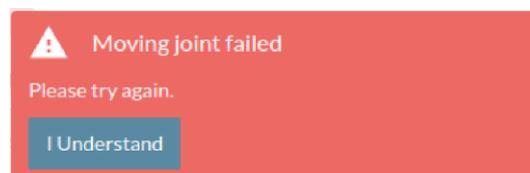


Abb.13.38 Meldung Bewegungsfehler

In diesem Fall prüfen Sie, ob alle erforderlichen Bedingungen zum Bewegen erfüllt sind und versuchen Sie erneut die Bewegung zu starten.

Sollten Sie eine Gelenkposition nicht anfahren können, da diese ggf. durch eine Störkontur nicht erreicht werden kann, so können Sie andere Gelenke des Roboters beliebig über die „+/-“-Tasten verfahren und somit die Erreichbarkeit der Referenzpositionen des zu referenzierenden Gelenkes zu ermöglichen.

Nachdem alle fehlerhaft gemeldeten Gelenke referenziert wurden, ist die Wiederherstellung der Referenzposition des Roboters abgeschlossen. Bestätigen Sie die Wiederherstellung durch Klicken auf „CONFIRM“.

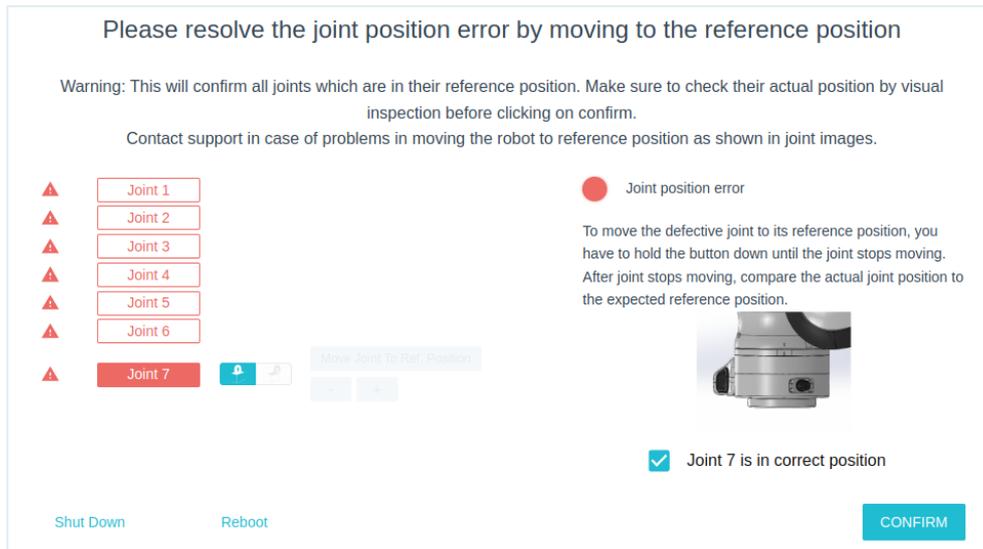


Abb.13.39 Bestätigung der Wiederherstellung

Der Roboter kann jetzt wieder verwendet werden.

HINWEIS

Nach der Wiederherstellung von Gelenkpositionsfehlern kann das System nicht garantieren, dass zuvor geteachte Posen noch korrekt angefahren werden. Prüfen Sie daher die Posen ihrer Tasks, bevor Sie diese im Execute starten.

Wenn die Wiederherstellung nicht erfolgreich abgeschlossen werden kann, wurde die eventuell Roboterhardware beschädigt oder es liegt ein Softwarefehler vor. Fahren Sie in diesem Fall das System herunter, nehmen Sie den Roboter außer Betrieb und wenden Sie sich an den Support.

Fehler beim Entriegeln der Gelenke

Wenn die Gelenkentriegelung fehlschlägt, gehen Sie wie folgt vor:

1. Schalten Sie den Roboter aus, trennen Sie ihn von der Stromversorgung und trennen Sie das Verbindungskabel zwischen Arm und Steuerung. Wie Sie Franka Research 3 sicher außer Betrieb nehmen, erfahren Sie im Abschnitt „Trennen von Franka Research 3 von der Stromversorgung“ im Kapitel 11.6 „Ausschalten und Wiedereinschalten“.
2. Überprüfen Sie die Kontaktpins auf mögliche Schäden.
Wenn keine Schäden zu erkennen sind, bringen Sie das Kabel wieder vorsichtig an und vergewissern Sie sich, dass es fest sitzt. Schalten Sie den Roboter ein und versuchen Sie, die Gelenke zu entriegeln.
3. Sollte das Problem weiterhin bestehen, wenden Sie sich an Ihren Servicepartner oder an den Support unter support@franka.de und stellen Sie die Seriennummer des Arms und die Logdateien des Roboters bereit. Sie finden die Logdateien in Desk unter „Settings“ (Einstellungen) – „System“ – „Download log files“ (Logdateien herunterladen).

Roboter fährt nicht vollständig hoch

Vorgehensweise

1. Schalten Sie die Steuerung aus.
2. Trennen Sie das System von seiner Stromquelle.

Wie Sie Franka Research 3 sicher außer Betrieb nehmen, erfahren Sie im Abschnitt „Trennen von Franka Research 3 von der Stromversorgung“ im Kapitel 10.3 „Vorbereiten des Aufstellungsorts“.

3. Trennen Sie das Verbindungskabel zwischen Arm und Steuerung.
4. Überprüfen Sie die Kontaktpins auf mögliche Schäden.
5. Wenn keine Schäden zu erkennen sind, bringen Sie das Kabel vorsichtig wieder fest an und vergewissern Sie sich, dass es fest sitzt.
6. Schalten Sie den Roboter ein.

Wenn das Problem fortbesteht, wenden Sie sich unter Angabe der Seriennummer des Arms an Ihren Servicepartner oder an support@franka.de.

Desk zeigt dauerhaft „Shutting down the system“ (System wird heruntergefahren) an

Sie haben das System heruntergefahren. Sobald sich die vorderen Lüfter der Steuerung nicht mehr drehen, kann die Steuerung mit dem Schalter auf der Rückseite abgeschaltet werden. Dann kann das Browserfenster von Desk geschlossen werden.

Roboter fährt nach Einschalten der Steuerung nicht hoch

Dieses Problem tritt auf, wenn das System über Desk ausgeschaltet wurde, der Netzschalter der Steuerung aber nicht ausgeschaltet wurde. Abhilfe: Schalten Sie die Steuerung aus und warten Sie ein bis wie Minuten. Schalten Sie sie wieder ein. Die Steuerung sollte nun starten.

Wiedereinschalten nach einem unerwarteten Halt

Wie Sie das System nach einem unerwarteten Stopp wieder einschalten, erfahren Sie im Abschnitt „Wiedereinschalten“ im Kapitel 11.6 „Ausschalten und Wiedereinschalten“.

13.8.2 Fehlerbehebung bei Verwendung von FCI

Bei Fehlern, die mit der Verwendung von FCI zusammenhängen, schauen Sie bitte in der Online FCI-Dokumentation unter <https://franka.world/> nach.

Sie erhalten dort ausführliche und aktualisierte Information zur Behebung verschiedener Fehlerszenarien, die auftreten können.

14 VERWALTEN VON FRANKA RESEARCH 3

14.1 Franka World



Franka World ist eine Online-Plattform, die Kunden, Partner sowie Software- und Hardware-Entwickler vernetzt, deren Tätigkeiten sich um die Produkte und Dienstleistungen von Franka Robotics drehen. Franka World stellt Tools für die Verwaltung von Franka Research 3, Zugang zu einem Online-Store mit einem ständig wachsenden Angebot an Soft- und Hardwareprodukten und die Möglichkeit bereit, Teil einer aktiven und engagierten Community zu werden.

Besuchen Sie <https://franka.world/>, um alle Vorteile zu nutzen.



Erhalten Sie im Franka World-Benutzerhandbuch einen Überblick über alle Franka World-Features und wie Sie diese für sich nutzen können: <https://download.franka.de/franka-world-manual/>

14.2 Verwalten von Apps und Features

Über den Franka World Store erworbene Apps und Features können über den Tab „Franka World“ in der Settings-Schnittstelle abgerufen und auf dem Roboter installiert werden. Wenn der Roboter online ist, erfolgt die Synchronisierung zwischen Roboter und Franka World-Konto einfach und schnell. Der Bediener kann die Synchronisierung aber auch auf der gleichen Oberfläche manuell durchführen, sollte der Roboter offline sein. Je nachdem, ob der Roboter online oder offline ist, passt sich die Ansicht automatisch an.

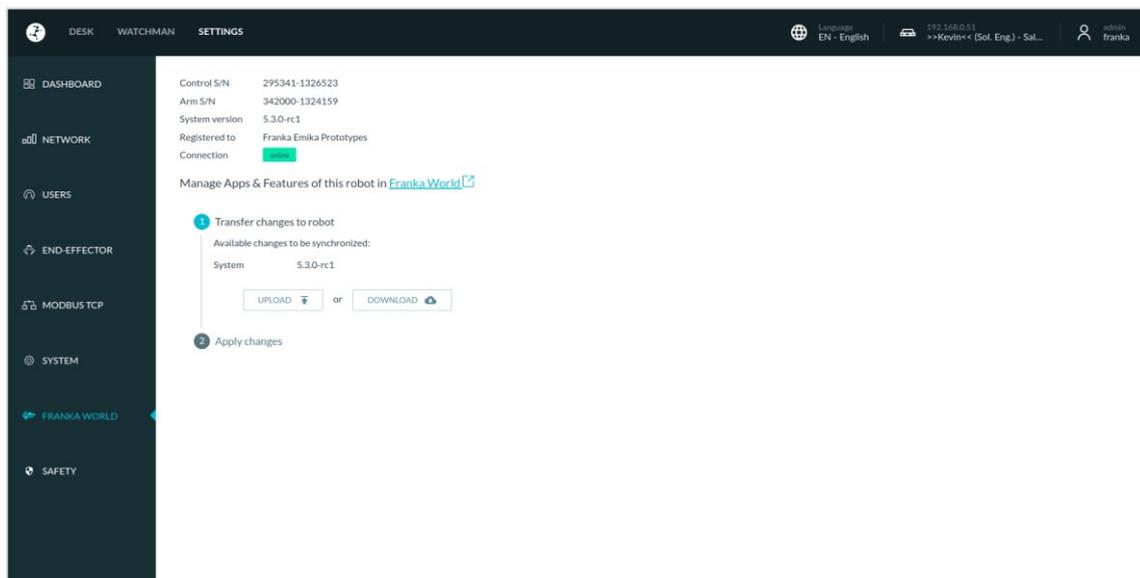


Abb.14.1 Verwalten von Apps und Features über Franka World

HINWEIS

Wenn neue Apps oder Funktionen von Franka World installiert werden müssen, wird auch das Betriebssystem bei Bedarf aktualisiert.

Registrierung des Roboters

Voraussetzungen

- Der Roboter muss online sein.
- Sie müssen bei Franka World angemeldet sein.

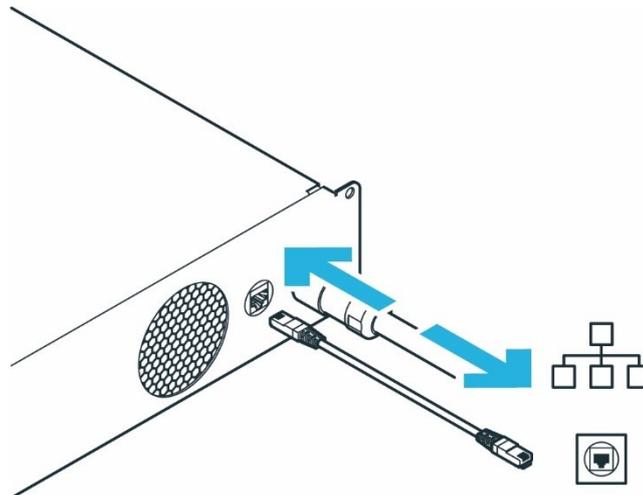


Abb.14.2 Netzwerkanbindung der Steuerung

Vorgehensweise

1. Rufen Sie die Settings-Schnittstelle auf.
2. Betätigen Sie „REGISTER DEVICE“ (Gerät registrieren).

Sie werden auf eine andere Seite weitergeleitet, auf der die Seriennummer Ihres Roboters und andere Eigentumsnachweise angegeben sind.

3. Geben Sie bei Bedarf Ihre E-Mail-Adresse und Ihr Passwort ein und melden Sie sich an.

Sie werden zu einer weiteren Website geleitet.

4. Wählen Sie ein Konto, um Ihren Roboter zu registrieren.
5. Betätigen Sie „REGISTER“ (Registrieren).

Der Roboter ist jetzt registriert.

6. Rufen Sie „Manage“ (Verwalten) auf.
7. Um sich alle registrierten Roboter anzeigen zu lassen, betätigen Sie „Devices“ (Geräte).

14.3 Hub

Hub ist der zentrale Wissensbereich innerhalb von Franka World. Dort erhalten Sie Zugang zu Dokumentationen, Tutorials, Codes und Updates zu unseren Robotern von Franka Robotics und deren Schnittstellen. Weitere Informationen finden Sie unter <https://franka.world/>.

14.4 Updates

System-Updates

Updates für das Betriebssystem können bequem über den Tab „Franka World“ in den Settings-Ansicht heruntergeladen werden. Hierzu muss der Roboter Online Zugriff zur Fanka World haben.

Die Steuerung prüft regelmäßig auf verfügbare Updates des Betriebssystems und zeigt diese im „Franka World“ Tab der Settings-Schnittstelle an.

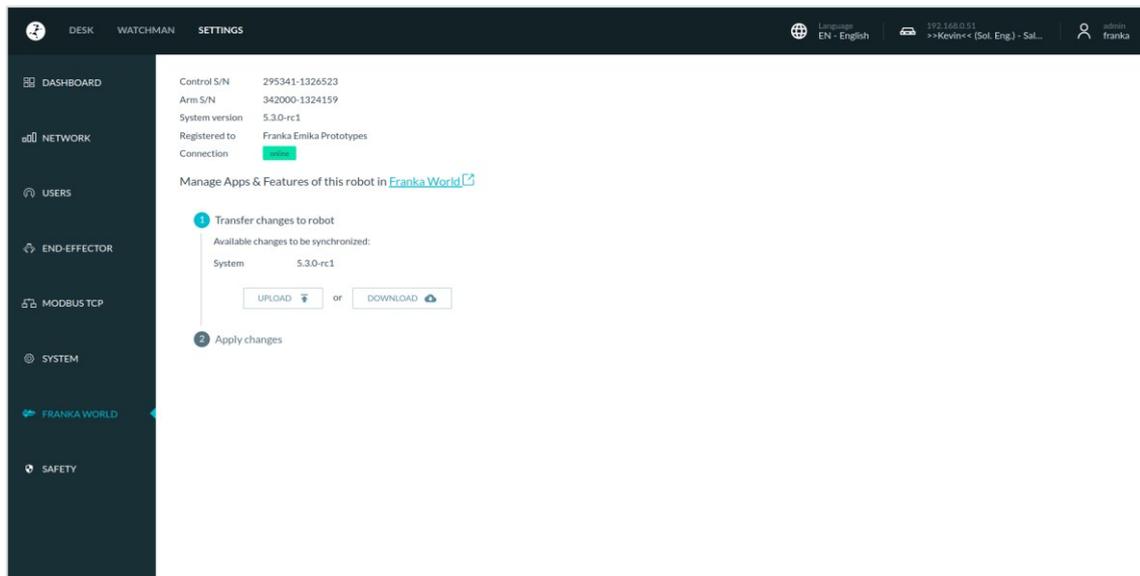


Abb.14.3 Verwalten von Updates über Franka World

Möchten Sie die Updates übernehmen, so klicken Sie auf „DOWNLOAD“. Die Update-Daten werden heruntergeladen. Nach Beendigung des Herunterladens wird die Anzeige „Apply changes“ hervorgehoben. Klicken Sie nun auf „NEXT“ um die Installation durchzuführen.

Nach dem Update wird das Betriebssystem neu gestartet. Die Stromzufuhr zum Roboter darf währenddessen nicht unterbrochen werden.

Verfügt Ihr Roboter über keinen Online-Zugang zur Franka World, so können Sie ein Update auch manuell starten. Hierzu kann auf der Franka World Seite die Update-Datei heruntergeladen werden und über das am Roboter angeschlossene Bediengerät auf den Roboter hochgeladen werden. Klicken Sie hierzu im Tab „Franka World“ der Settings-Schnittstelle auf „UPLOAD“ und wählen Sie die zuvor heruntergeladene Download-Datei aus. Nach dem manuellen Hochladen der Update-Datei auf den Roboter wird analog zur Online-Version die Bestätigung zum Installieren benötigt.

Nach der manuellen Installation des Updates erscheint eine Download-Schaltfläche für die Statusdatei des durchgeführten Updates. Laden Sie die Datei herunter und laden Sie diese in Ihrem Franka World Account wieder hoch. Diese Statusdatei synchronisiert den Updatestand Ihres Roboters mit der Franka World.

HINWEIS

Wenn neue Apps oder Funktionen von Franka World installiert werden müssen, wird das Betriebssystem bei Bedarf aktualisiert.

14.5 Backup

Ein Backup der Steuerung besteht aus mehreren relevanten Kategorien der Steuerungsdaten. Diese sind in der Regel:

- Sicherheitskonfiguration des Systems,
- Netzwerkeinstellungen,
- ModBus Konfiguration,
- Endeffektor Konfiguration,
- User Konfiguration,

- Erstellte Tasks.

Mit der aktuellen Firmware bzw. vorherigen Versionen der Steuerung muss ein System-Backup in fünf Einzelschritten manuell durchgeführt werden. Diese Schritte sind:

- ✓ Sichern der Sicherheitseinstellungen
- ✓ Sichern der Netzwerkeinstellungen
- ✓ Sichern der ModBus Konfiguration
- ✓ Sichern der Endeffektor Konfiguration
- ✓ Sichern der erstellten Tasks

Das Sichern der User Verwaltung ist aktuell nicht möglich. Wir empfehlen daher, die angelegten User und deren konfigurierte Berechtigung als Screenshot zu sichern und als Datei bei den restlichen Backup-Daten abzulegen. Das Wiederherstellen der User Verwaltung kann bei der aktuellen Firmware nur durch die Neuerstellung der User erfolgen.

Legen Sie auf einem geeigneten Speichermedium, welches an Ihrem User Interface angeschlossen ist, ein Sicherungsverzeichnis für die Backupdateien an. Die erforderlichen Schritte zum Erstellen der Backup-Daten werden nachfolgend erläutert.

14.5.1 Sicherheitskonfiguration

Die Sicherheitskonfiguration (Safety Configuration) kann in der aktuellen Firmware nicht als eine Sicherungsdatei gespeichert werden. Zur Sicherung der erstellten Konfiguration muss der Report im Watchman geöffnet und als PDF im Sicherungsverzeichnis abgelegt werden. Gehen Sie hierzu nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Im Menü von Desk Watchman auswählen
- ✓ Im linken oberen Eck der Watchman Bedienoberfläche auf „Report“ klicken.
- ✓ Den Bericht als PDF speichern und im Sicherungsverzeichnis ablegen.

Es sind noch zwei weitere Parameter der Sicherheitskonfiguration außerhalb von Watchman zu sichern. Gehen Sie hierzu wie folgt vor:

- ✓ Im Menü von Desk „Settings“ auswählen.
- ✓ Die Ansicht „SAFETY“ öffnen.
- ✓ Erstellen eines Screenshots der Ansicht und Ablegen im Sicherungsverzeichnis.

Die relevanten Parameter in dieser Ansicht sind:

- Work Execution Wait Time
- Token Force Timeout

Für den Fall einer Wiederherstellung müssen die Parameter und Regeln manuell im Watchman bzw. in der „Settings/SAFETY“ Oberfläche eingetragen und validiert werden.

14.5.2 Network Setting

Zur Sicherung der Netzwerkeinstellungen gehen Sie nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Öffnen der Settings auf Desk
- ✓ Auswählen der „NETWORK“ Ansicht
- ✓ Erstellen Sie von dieser Ansicht einen Screenshot und speichern Sie diesen in dem angelegten Sicherungsverzeichnis.

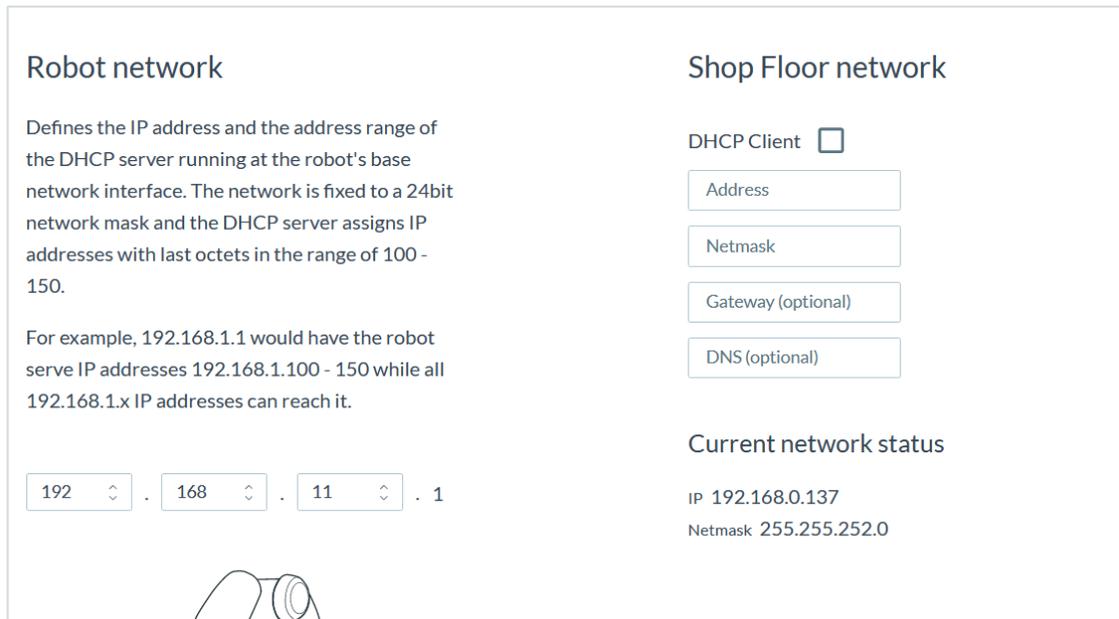


Abb.14.4: Network Settings

Im Falle einer erforderlichen Wiederherstellung der Konfiguration müssen die im Screenshot aufgeführten Parameter manuell eingetragen werden.

14.5.3 Modbus Konfiguration

Zur Sicherung der Modbus Konfiguration gehen Sie nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Öffnen der Settings auf Desk
- ✓ Auswählen der „MODBUS TCP“ Ansicht
- ✓ Das Klicken auf „DOWNLOAD“ speichert die Modbus Konfiguration mit folgendem Dateinamen auf dem angeschlossenen Userinterface ab: „modbus.json“

Speichern Sie die heruntergeladene Datei in dem zuvor angelegten Sicherungsverzeichnis.

Über die „UPLOAD“ Schaltfläche können Sie eine Modbus Konfiguration wieder in das System hochladen.

14.5.4 Endeffektor Konfiguration

Zur Sicherung der Endeffektor Konfiguration gehen Sie nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Öffnen der Settings auf Desk
- ✓ Auswählen der „END_EFFECTOR“ Ansicht
- ✓ Klicken auf das Editiersymbol neben „Mechanical Data“
- ✓ Das Klicken auf „DOWNLOAD“ speichert die Endeffektor Konfiguration mit folgendem Dateinamen auf dem angeschlossenen Userinterface ab: „endeffector-config.json“

Speichern Sie die heruntergeladene Datei in dem zuvor angelegten Sicherungsverzeichnis.

Über die „UPLOAD“ Schaltfläche können Sie eine Endeffektor Konfiguration wieder in das System hochladen.

14.5.5 Sichern der erstellten Tasks

Die erstellten Tasks können in der Desk-Ansicht einzeln heruntergeladen werden.

Zum Herunterladen eines Tasks gehen Sie nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Öffnen Sie die Desk-Ansicht
- ✓ Auswählen des gewünschten Tasks

- ✓ Klicken auf das Downloadsymbol startet den Downloadvorgang.

Speichern Sie alle heruntergeladenen Tasks in dem Sicherungsverzeichnis.

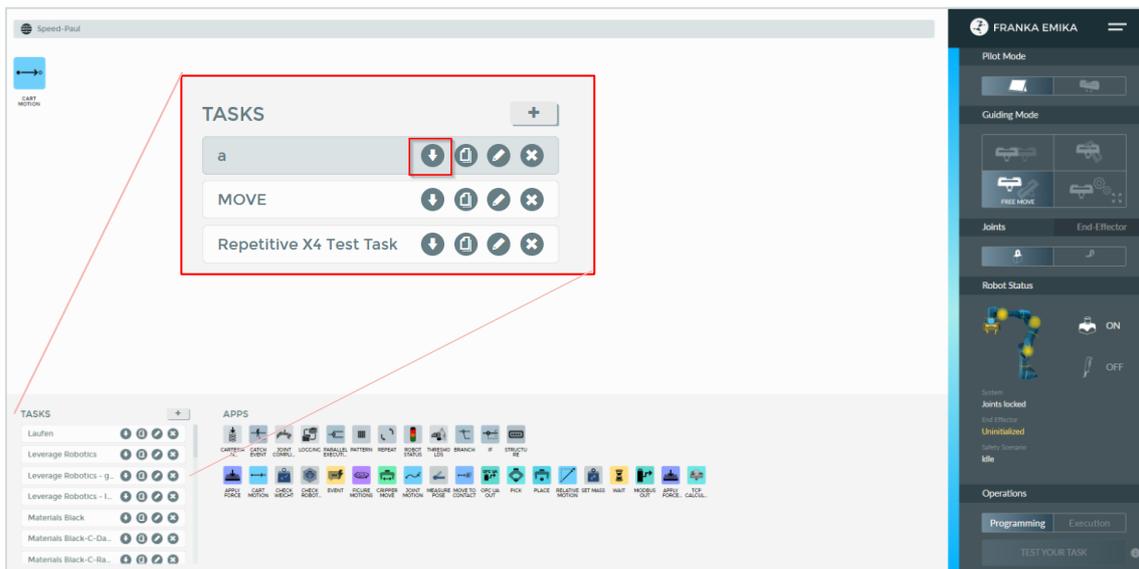


Abb.14.5: Task sichern

Um einen Task wiederherzustellen, verschieben Sie die heruntergeladene Task-Datei aus dem Dateiverzeichnis per Drag & Drop in die Task-Liste in Desk.

15 WARTUNG UND ENTSORGUNG

15.1 Wartung

Der Arm und die Steuerung des Franka Research 3 sind unter normalen Betriebsbedingungen für einen wartungsfreien Betrieb von ca. 20.000 Stunden ausgelegt. Die zugrunde gelegten normalen Betriebsbedingungen wurden aus verschiedenen repräsentativen Anwendungsfällen des Robotersystems abgeleitet und durch Analysen und Tests verifiziert. Wenn eine Kundenanwendung von diesen zugrunde gelegten Betriebsbedingungen stark abweicht, kann sich die Dauer unter Umständen verlängern oder verkürzen. Wenn sich das System dieser Betriebsdauer annähert, wird die Kontaktaufnahme mit dem Support von Franka Robotics (support@franke.de) empfohlen. Das Auswerten der Log-Daten des Systems durch das Support-Team wird dann eventuell notwendige Maßnahmen aufzeigen.

HINWEIS

Wenn bei einer Sichtprüfung Schäden an der Struktur des Roboters festgestellt werden, muss der Roboter unabhängig von der aktuellen Betriebsdauer außer Betrieb genommen werden.

HINWEIS

- Aktivieren Sie alle 12 Monate während der Inbetriebnahme das Not-Halt-System.
- Setzen Sie alle 12 Monate während der Inbetriebnahme das Not-Halt-System wieder zurück.
- Überprüfen Sie alle 12 Monate sämtliche Sicherheitseinrichtungen, z. B. das Not-Halt-System, auf ihre Funktion.
- Überprüfen Sie alle zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen, die zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs getroffen wurden.

15.2 Reinigung

GEFAHR

Gefahr eines Stromschlags

Die unsachgemäße Verwendung von flüssigen Reinigungsmitteln sowie nicht ordnungsgemäß vom Stromnetz getrennte Geräte können zu tödlichen Unfällen führen.

- Reinigen Sie niemals Geräte, die nicht sicher vom Stromnetz getrennt wurden.
- Verwenden Sie zur Reinigung der Geräte keine flüssigen Reinigungsmittel.

Die folgenden Dinge müssen bei der Reinigung beachtet werden:

- Die Reinigung darf nur von qualifizierten Personen durchgeführt werden.
- Die Reinigung ist nur zulässig, wenn Franka Research 3 sicher angehalten wurde und vom Stromnetz getrennt ist.
- Das Ausschalten und Trennen des Geräts muss von qualifizierten Personen durchgeführt werden.
- Verwenden Sie für die Reinigung des Geräts keine Flüssigkeiten.
- Verwenden Sie keine chemischen Reinigungsmittel.
- Die Komponenten dürfen nur mit einem trockenen Tuch gereinigt werden.
- In das Gerät darf keine Flüssigkeit eindringen.

Üben Sie keine große Kraft auf den Arm aus. Die zu reinigende Teile müssen manuell abgestützt werden, um den Arm nicht zu überlasten und möglicherweise zu beschädigen.

HINWEIS

Sachschaden an den Geräten

- Verwenden Sie zur Reinigung der Geräte keine flüssigen Reinigungsmittel.

15.3 Entsorgung

Entsorgung

Die Entsorgung von Franka Research 3 darf nur nach den jeweiligen länderspezifischen Gesetzen, Vorschriften und Bestimmungen erfolgen.

Batterie

Die Steuerung enthält eine Knopfzellenbatterie. Diese Knopfzellenbatterie muss gemäß den einschlägigen länderspezifischen Gesetzen, Vorschriften und Bestimmungen getrennt entsorgt werden.

Öffnen Sie die Steuerung, um die Batterie zu entnehmen.

HINWEIS

Das Öffnen der Steuerung ist nur zum Zeitpunkt der Entsorgung zulässig, um die Knopfzellenbatterie zu entnehmen.

Rückgabe von Verpackungsabfällen

Für die Rückgabe von gebrauchten Verpackungen wenden Sie sich bitte an Franka Robotics.

16 SERVICE UND SUPPORT

HINWEIS

Wenn Sie Franka Research 3 bei einem unserer Vertriebspartner gekauft haben oder mit einem Dienstleister zusammengearbeitet haben, setzen Sie sich bitte zuerst mit diesem in Verbindung. Unsere Partner können Informationen bündeln und Franka Robotics für die Fehlersuche und weitere Unterstützung einbinden.

Unter www.franka.world finden Sie zusätzliches Material und weitere Informationen über unseren Roboter.

Für alle Anfragen bezüglich Service und Support kontaktieren Sie uns bitte unter support@franka.de. In unserem Service- und Support-Center wird ein Ticket für Ihre Anfrage erstellt, und unsere Experten antworten Ihnen so schnell wie möglich.

Wenn Sie mit unserem Service in Kontakt treten, halten Sie bitte folgende Informationen bereit:

- ✓ Kunden-Nr.
- ✓ Serien-Nr. der Steuerung
- ✓ Seriennummer des Armes
- ✓ Log-Files des Systems

16.1 Rescue System

Für den Fall, dass die Steuerung nicht bootet oder ein Administrator-Login nicht möglich ist, ist in der Steuerung ein Rescue System implementiert.

Im Rescue-System werden nur grundlegende Funktionen für den Zugriff auf die Steuerung unterstützt. Diese Funktionen können sein:

- das Abrufen von System-Logs zur weiteren Fehleranalyse mit dem Kunden,
- das Abrufen der Konfiguration der Netzwerkeinstellung des Rescue-Systems,
- die Reinstallation der Systemversion durch Synchronisation mit Franka World,
- das Zurücksetzen des Hauptsystems auf Werkseinstellungen.

Roboterbewegungen oder andere Interaktionen mit dem Arm oder dem Endeffektor werden nicht unterstützt.

Um Zugriff auf die Benutzeroberfläche des Rescue-Systems zu erhalten, schließen Sie ein Bediengerät mit Zugriff auf einen Browser über ein Ethernet-Kabel an den X5-Anschluss der Arm-Basis an.

Um die Steuerung manuell in das Rescue System zu booten, führen Sie die folgenden Schritte aus:

- ✓ Fahren Sie die Steuerung herunter und schalten sie den Hauptschalter aus, sobald die Lüfter abgeschaltet sind.
- ✓ Warten Sie ca. 10 sek. bevor Sie die Steuerung durch Einschalten des Hauptschalters erneut starten.
- ✓ Warten Sie mindestens 20 sek. und weniger als 40 sek.
- ✓ Schalten Sie die Steuerung mit dem Hauptschalter aus.
- ✓ Warten Sie 10 sek.
- ✓ Starten Sie die Steuerung erneut durch Einschalten des Hauptschalters.

Die Steuerung sollte nun in das Rescue-System booten. Nach Aufruf der Weboberfläche robot.franka.de auf dem angeschlossenen Benutzergerät wird im Browser die folgende Bedienoberfläche angezeigt.

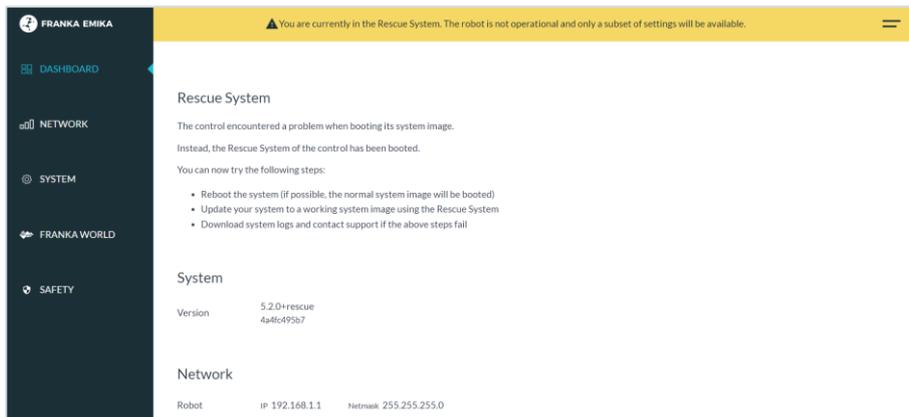


Abb.16.1: Rescue System

Network

Das Rescue System versucht, die hinterlegten Netzwerkeinstellungen des Hauptsystems zu verwenden. Gelingt dies nicht, werden die Standardeinstellungen verwendet.

Auf dieser Seite können Sie die Netzwerkeinstellungen der Steuerung vorübergehend anpassen. Die Einstellungen gelten nur temporär innerhalb des Rescue Systems und werden nach einem Neustart nicht in das Hauptsystem übernommen.

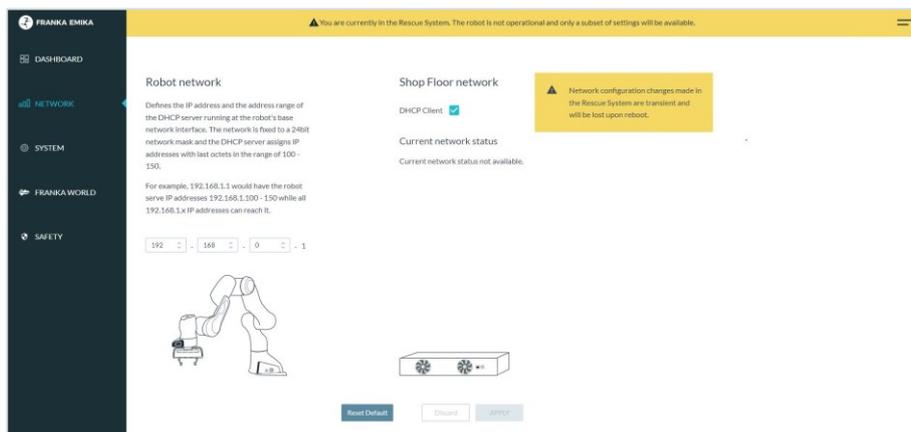


Abb.16.2: Netzwerk

System

Auf dieser Seite können Sie den Download der Log-Datei starten oder den Factory Reset einleiten.

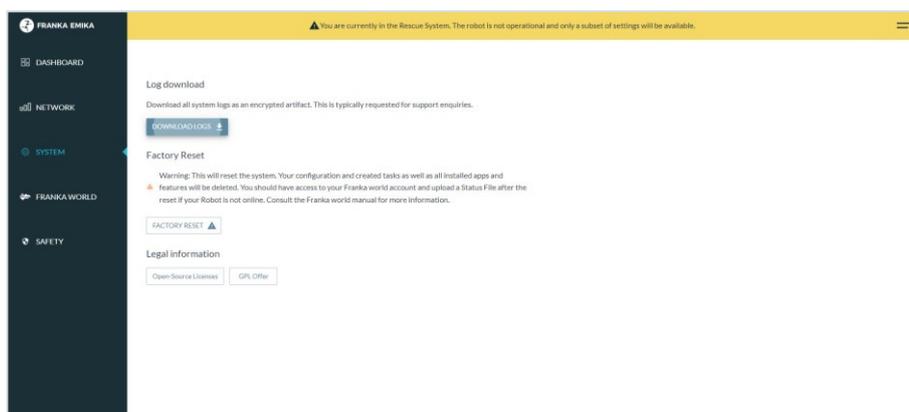


Abb.16.3 Log Download und Factory Reset

- Log Download

Beim Herunterladen von Protokollen sammelt das Rescue System die Protokolldateien des Hauptsystems. Wenn das Dateisystem des Hauptsystems beschädigt ist, kann dieser Vorgang fehlschlagen.

- **Factory Reset**

Mit der Funktion zum Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen wird das **Hauptsystem** zurückgesetzt. Alle Konfigurationen und erstellten Tasks sowie alle installierten Apps und Funktionen werden gelöscht. Dies hat keine Auswirkungen auf das Rescue System selbst. Nach dem Zurücksetzen muss das System durch den Benutzer neu gestartet werden.

Franka World

Diese Funktion ermöglicht die erneute Installation oder Aktualisierung der Systemsoftware des Hauptsystems. Das Installieren von Apps und Features ist im Rescue System nicht möglich. Um eine fehlerfreie Installation der Systemsoftware sicherzustellen, werden bei dieser Art der Installation alle Apps und Features gelöscht.

Nach erfolgreicher Installation und Booten des Hauptsystems können alle Apps und Features über die Franka World Seite im Hauptsystem neu installiert werden. Zuvor erstellte Tasks können jedoch nur wiederhergestellt werden, wenn diese zuvor gesichert wurden.

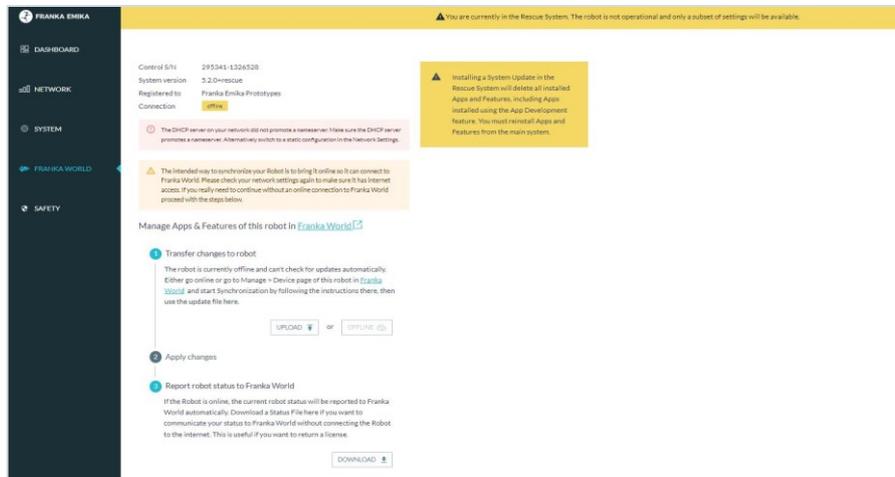


Abb.16.4: Franka World

Safety

Auf dieser Seite können Sie das Sicherheitsprotokoll „Safety Log“ herunterladen.

Das Sicherheitsprotokoll enthält alle sicherheitsrelevanten Ereignisse, die seit dem ersten Start des Roboters aufgetreten sind.

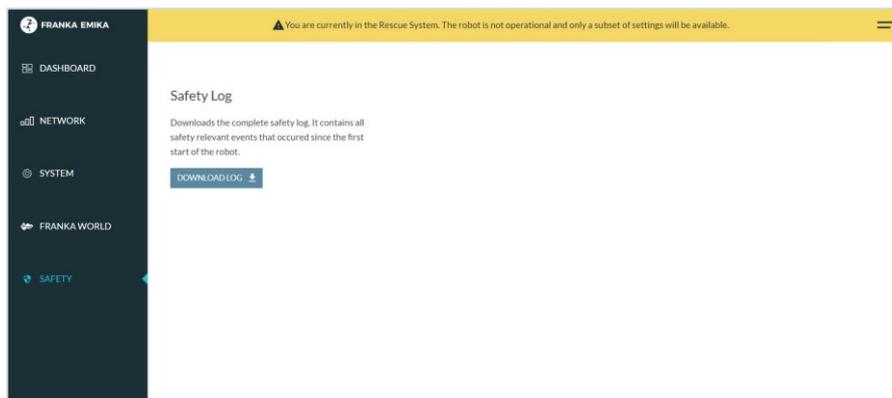


Abb.16.5: Safety Log

Verlassen des Rescue Systems

Zum Verlassen des Rescue Systems muss ein Neustart der Steuerung durchgeführt werden. Die Steuerung startet anschließend wieder im regulären System.

16.2 Hardware Tausch

Bei Schäden an der Steuerung oder am Arm kann es erforderlich sein, einen Austausch der jeweiligen defekten Komponente durchzuführen.

16.2.1 Austausch der Steuerung

Im Falle einer defekten Steuerung sind zwei Situationen zu betrachten.

1. Die Steuerung lässt sich noch starten und kann sich mit der Franka World verbinden.
2. Die Steuerung lässt sich nicht mehr starten und/oder mit der Franka World synchronisieren.

Für die Situation, dass die Steuerung noch startet und sich mit der Franka World verbinden kann, können alle installierten Features und Apps über die Franka World von der defekten Steuerung gelöst und in der Franka World zum Übertragen auf die neue Steuerung bereitgestellt werden. Gehen Sie hierzu nach den folgenden Schritten vor:

- 1 Führen Sie ein Backup der Steuerung, wie im Kapitel 14.5 „BACKUP“ beschrieben durch.
- 2 Rufen Sie über die URL <https://franka.world> die Franka World auf.
- 3 Wechseln Sie in der Menüleiste auf die „MANAGE“-Ansicht. Hier werden Ihnen nun alle auf Sie bzw. Ihre Firma registrierten Steuerungen aufgelistet.
- 4 Wählen Sie die betroffene Steuerung aus. Es werden alle Systeminformationen des Roboters sowie die auf der Steuerung installierten Features dargestellt.

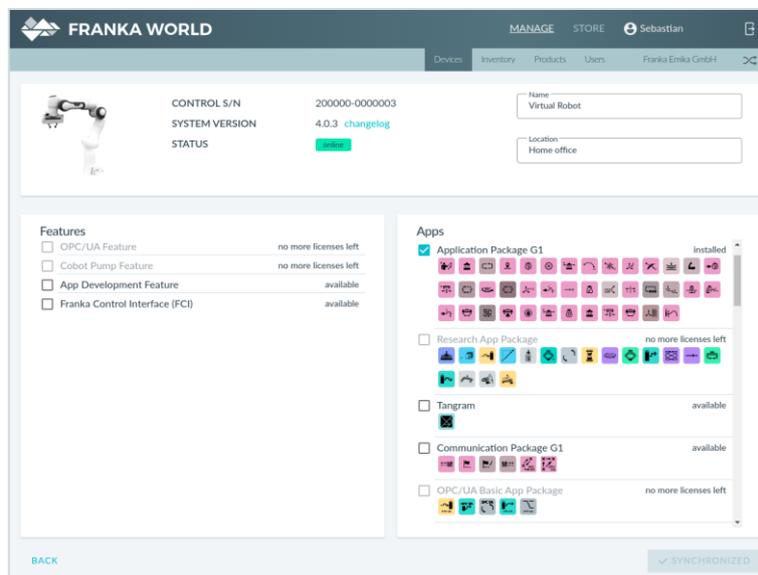


Abb.16.6: Geräte-Detaillansicht

- 5 Durch das Entfernen der blauen Haken werden die jeweiligen Features zum Lösen von der Steuerung vorgemerkt. Bevor Sie alle blauen Haken entfernen, machen Sie ein Screenshot bzw. notieren Sie, welche Features auf der Steuerung installiert waren.
- 6 Nachdem die blauen Haken entfernt wurden, erscheint die Schaltfläche „Synchronized“ mit einem blauen haken. Durch Anklicken wird das Lösen von der Steuerung initiiert und mit dem nächsten Synchronisieren der Steuerung ausgeführt.

- 7 Rufen Sie nun im Browser die URL <https://franka.robot.de> auf und wählen Sie im Menü von Desk „Settings“ aus.
- 8 Öffnen Sie die Ansicht Franka World. Ihnen wird nun angezeigt, dass Änderungen am Roboter durchgeführt werden sollen. Klicken Sie auf „Download“, um die Änderungen herunterzuladen. Es ist auch möglich die Update-Datei manuell in das System einzuspielen.

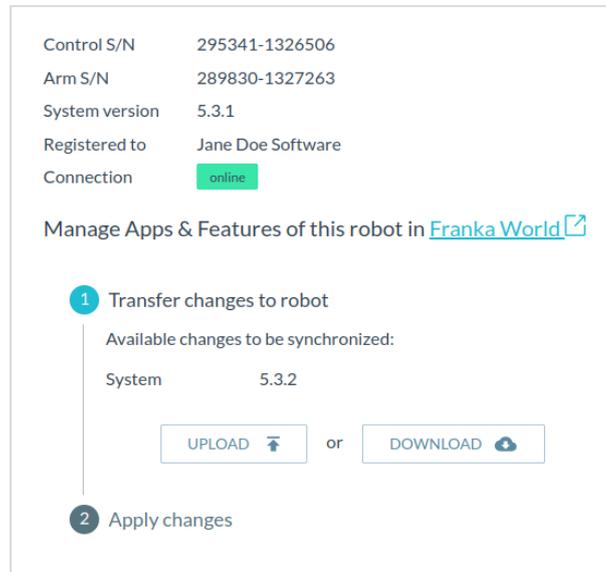


Abb.16.7: Sync-Aufforderung

- 9 Nach dem Einlesen der Update-Daten erscheinen die Schaltflächen „DISCARD“ und „APPLY“. Zum Übernehmen klicken Sie auf „APPLY“.
- 10 Je nach Änderung kann es zu einem Neustart des Systems kommen. Nach Fertigstellung erscheint in der Ansicht „Everything up-to-Date“.

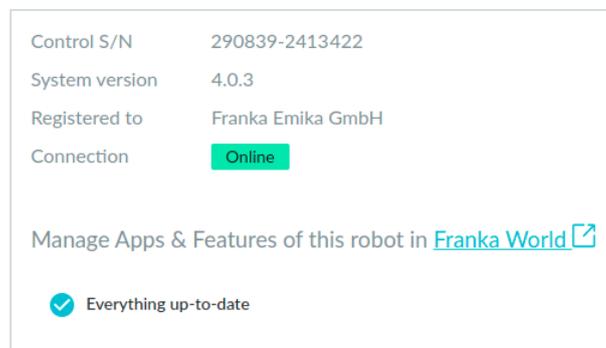


Abb.16.8: Everything up-to-date

Die Lizenzzugehörigkeit Ihrer Features und Apps sind nun von der alten Steuerung gelöst und stehen in der Franka World zum Verknüpfen zur Verfügung.

- 11 Tauschen Sie nun die alte Steuerung gegen die neue Steuerung aus. Gehen Sie hierzu nach den im Kapitel 16.2.1 „Austausch der Steuerung“ beschriebenen Schritten vor.
- 12 Schalten Sie die neue Steuerung ein und rufen Sie nach dem Start des Systems über die URL <https://franka.robot.de> die Desk-Oberfläche auf.
- 13 Wechseln Sie zur „Settings/Franka World“-Ansicht und führen Sie die Registrierung durch Klicken auf die Schaltfläche „REGISTER“ durch. Nach erfolgter Registrierung können Sie Ihre Steuerung in der Franka World konfigurieren.

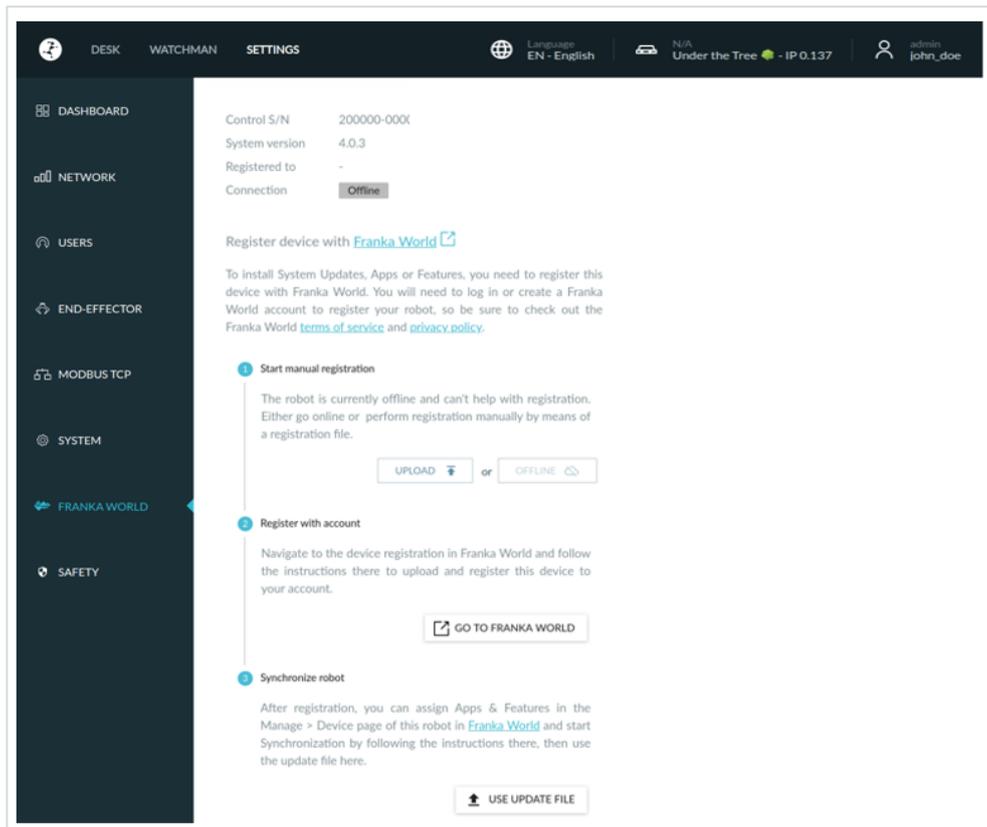


Abb.16.9: Steuerung registrieren

- 14 Öffnen Sie die URL: <https://franka.world> im Browser und loggen Sie sich ein.
- 15 Wechseln Sie zur MANAGE Ansicht und prüfen Sie, ob die neue Steuerung angezeigt wird.
- 16 Wählen Sie die neue Steuerung aus und öffnen Sie die Ansicht durch Anklicken.
- 17 Ihnen werden nun die Daten der neuen Steuerung sowie alle in Ihrem Account verfügbaren Features angezeigt.
- 18 Füllen Sie entsprechend des Screenshots bzw. Ihrer Notizen der alten Steuerung alle Informationsfelder aus und wählen Sie die Features durch Setzen des jeweiligen Hakens aus.
- 19 Klicken Sie auf die Schaltfläche „SYNCHRONIZED“ zum Übernehmen der Daten.
- 20 Wechseln Sie im Browser nun zur Desk-Ansicht des Roboters durch die Eingabe der URL <https://franka.robot.de> und rufen Sie dort die „Settings/Franka World“ Ansicht auf.
- 21 Ihnen werden nun die Änderungen, die Sie in der Franka World aktiviert haben, angezeigt. Klicken Sie auf „DOWNLOAD“.
- 22 Nachdem alle Daten heruntergeladen wurden, können Sie die Übernahme durch Klicken auf „APPLY“ übernehmen. Die Steuerung installiert nun alle Änderungen und führt ggf. einen Neustart durch.
- 23 Um ihre Steuerung nun auf den Stand der alten Steuerung zu bringen, stellen Sie aus den Backup-Daten der alten Steuerung das System wieder her. Gehen Sie hierzu nach der im Kapitel 14.5 „BACKUP“ beschriebenen Vorgehensweise vor.

Für die Situation, dass sich die Steuerung nicht mehr starten lässt und somit eine Synchronisierung mit der Franka World nicht mehr möglich ist, müssen die Lizenzen der alten Steuerung durch den Support der Franka Robotics GmbH von der defekten Steuerung gelöst werden.

Übersenden Sie hierzu eine Mail mit folgenden Angaben an den Support unter: support@franka.de:

- Accountname (Franka World)
- Account-Nr. (Franka World)

- Seriennummer der defekten Steuerung
- Seriennummer der neuen Steuerung (optional)
- Plattform (FP3/FR3)

Nach dem Lösen der Lizenzen durch den Support stehen Ihnen die Lizenzen in der Franka World wieder zum Verknüpfen mit einer Steuerung zur Verfügung.

Verbinden Sie nun die neue Steuerung mit dem Arm und schalten Sie diese anschließend ein. Zum Übertragen der Features und Apps gehen Sie nun entsprechend den zuvor beschriebenen Schritten 13 bis 22 vor. Verfügen Sie noch über ein Update der alten Control, so können Sie die Daten entsprechend der im Kapitel 14.4 „Updates“ beschriebenen Vorgehensweise in die neue Steuerung einspielen.

Mechanischer Austausch der Steuerung

Zum mechanischen Austausch der Steuerung gehen Sie nach den folgenden Schritten vor:

- ✓ Durchführung eines Backups, sofern die defekte Steuerung dies noch ermöglicht
- ✓ Fahren Sie den Roboter herunter (Shut down)
- ✓ Schalten Sie die Steuerung am Hauptschalter aus
- ✓ Trennen Sie die Steuerung vom Stromnetz
- ✓ Trennen Sie die Steckverbindung C1 (Verbindungskabel zum Roboter) sowie die Netzwerkverbindung C2 an der Steuerung
- ✓ Tauschen Sie die defekte Steuerung gegen die Ersatz-Steuerung aus. Beachten Sie die erforderlichen Umgebungsbedingungen für die Steuerung (siehe Kapitel 10 „Montage & Installation“)
- ✓ Verbinden Sie das Verbindungskabel des Roboters mit der Steckverbindung C1 an der Steuerung
- ✓ Stellen Sie die Netzwerkverbindung C2 her
- ✓ Schließen Sie die Steuerung am Stromnetz an
- ✓ Verbinden Sie Ihr Bediengerät mit Hilfe eines Ethernet-Kabels mit dem Anschluss X5 am Roboterfuß
- ✓ Schalten Sie die Steuerung mit dem Hauptschalter ein

17 ANHANG

17.1 Anhaltezeiten und -wege

In den nachfolgenden Diagrammen sind die Anhaltezeiten und Anhaltewege der Achsen 1 bis 4 entsprechend der Anforderung aus der EN ISO 10218-1 aufgeführt.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht die Achspositionen für die unterschiedlichen Ausladungszustände des Franka Research 3.

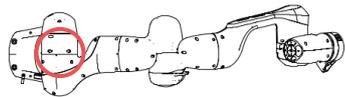
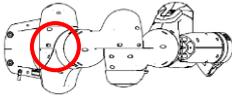
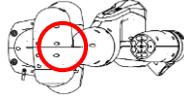
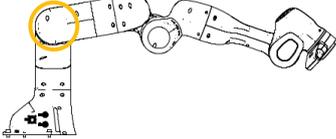
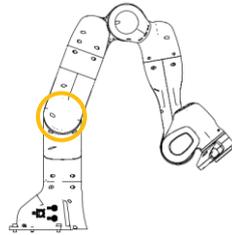
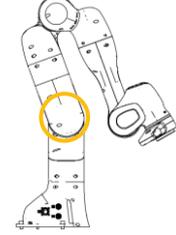
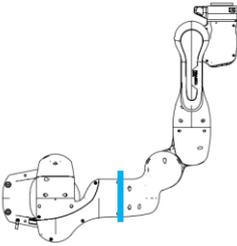
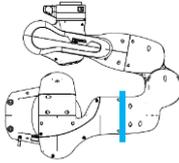
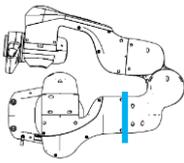
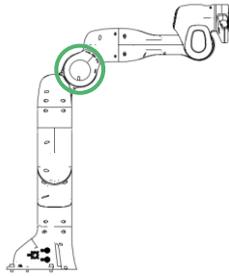
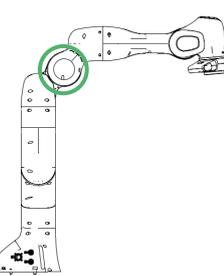
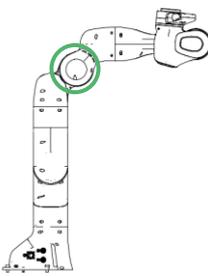
	Ausladung 100%	Ausladung 66%	Ausladung 33%
Achse 1			
Achse 2			
Achse 3			
Achse 4			

Abb.17.1: Darstellung Ausladungszustände

17.2 Stopp Kategorie 1

In der nachfolgen Tabelle sind die Maximalwerte der Achsen 1-4 für die Stopp Kategorie 1 zusammengefasst.

Achse	max. Anhalteweg [rad]	max. Anhaltezeit [s]
1	0,803	0,735
2	0,798	0,682
3	0,684	0,534
4	0,455	0,418

17.2.1 Achse 1

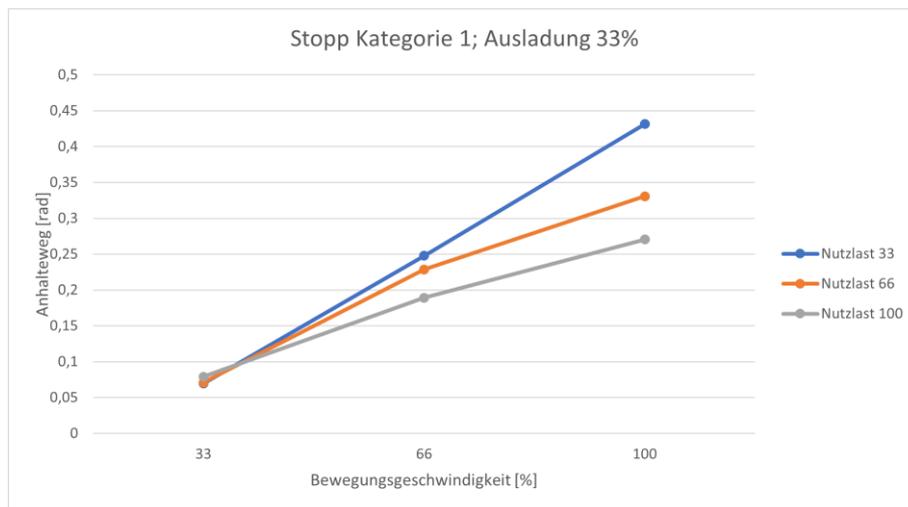


Abb.17.2: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 33%

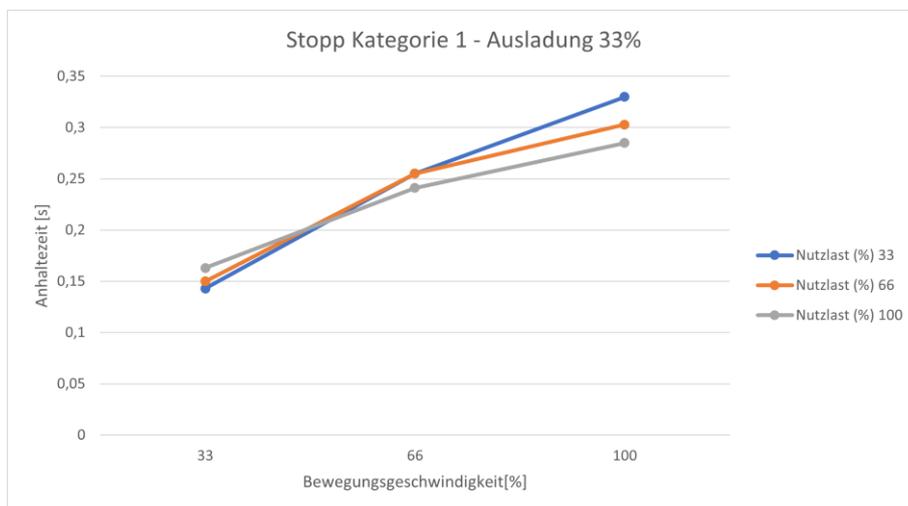


Abb.17.3: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 33%

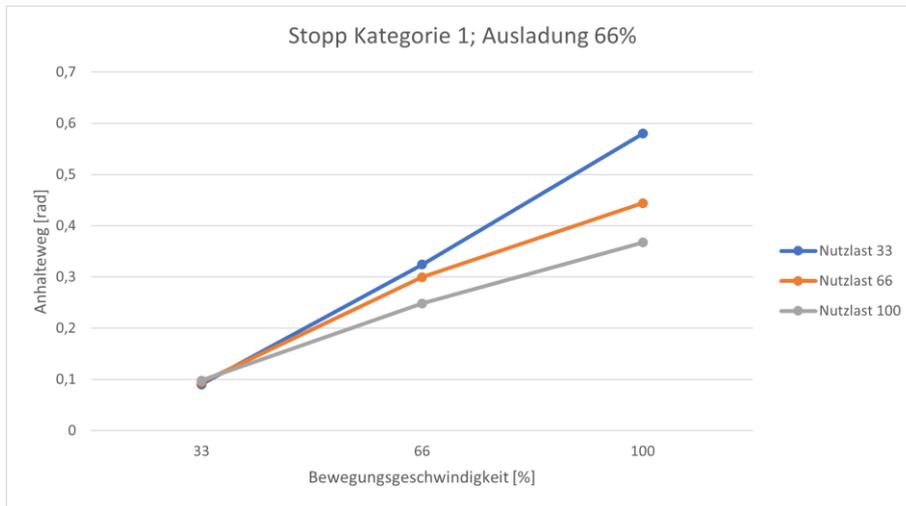


Abb.17.4: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 66%

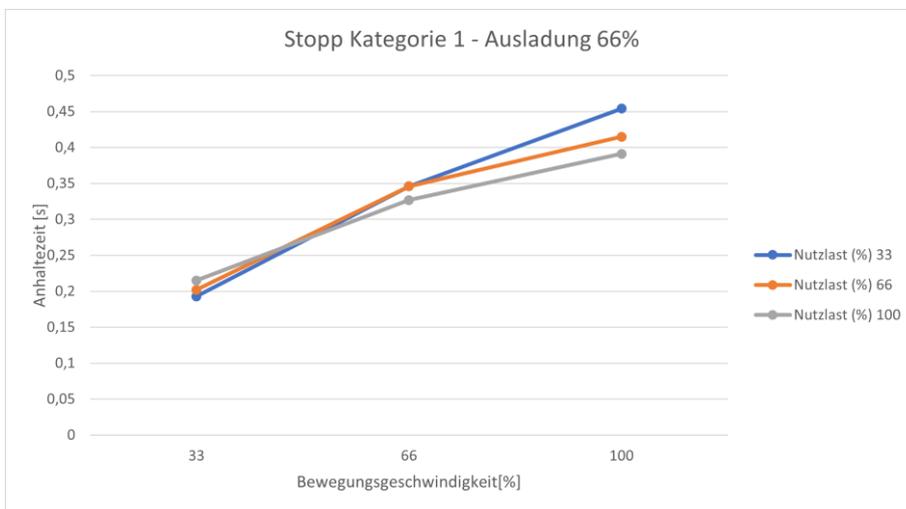


Abb.17.5: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 66%

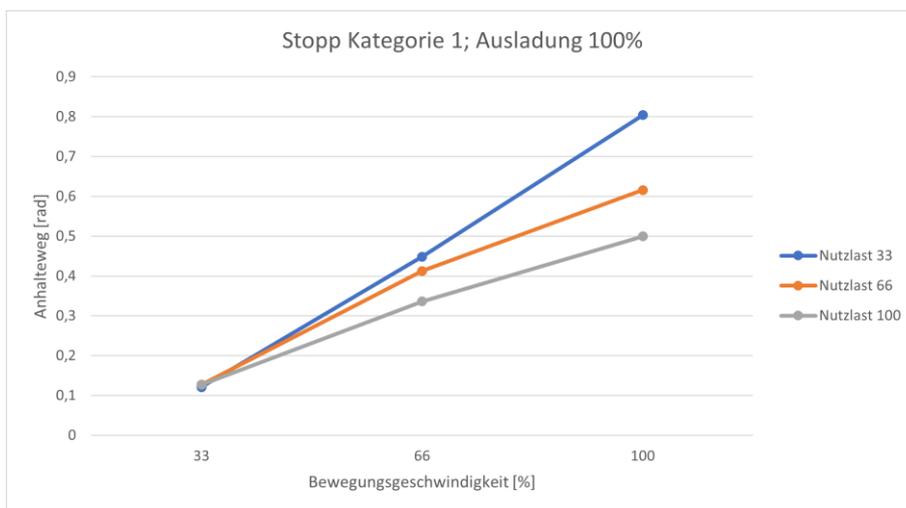


Abb.17.6: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 100%

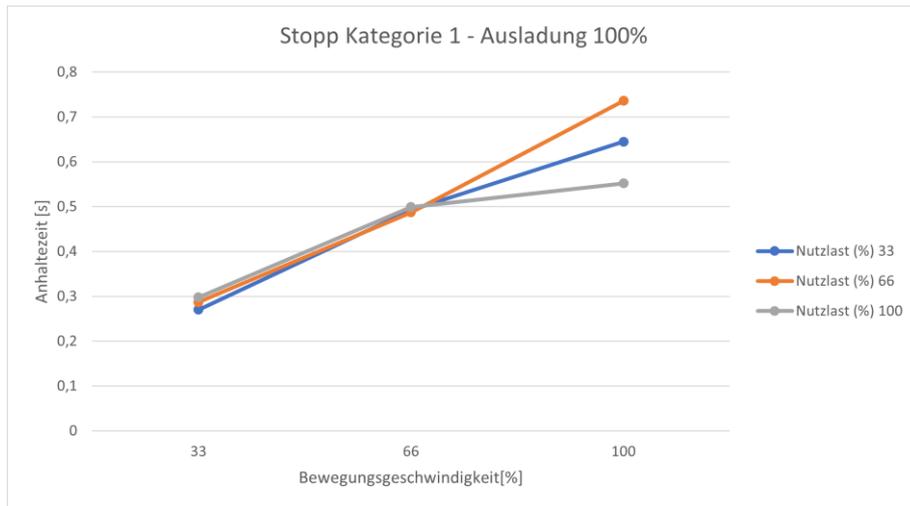


Abb.17.7: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 100%

17.2.2 Achse 2

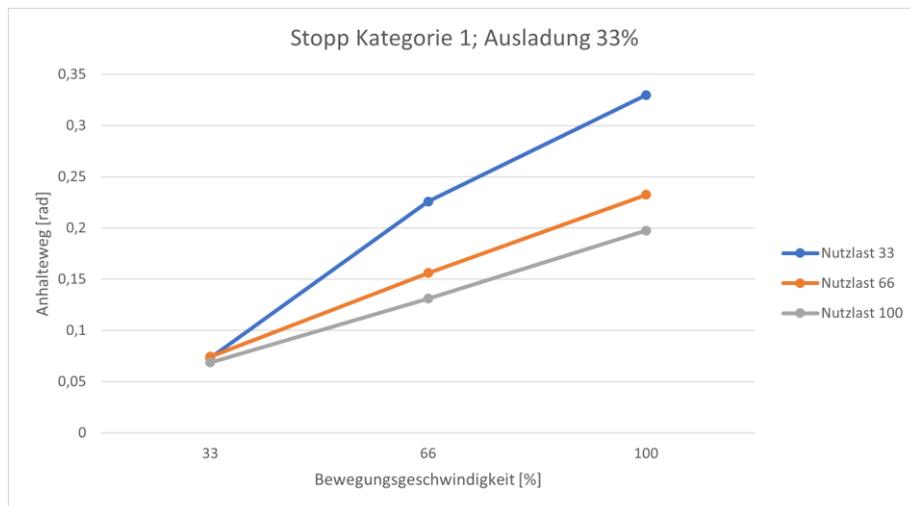


Abb.17.8: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 33%

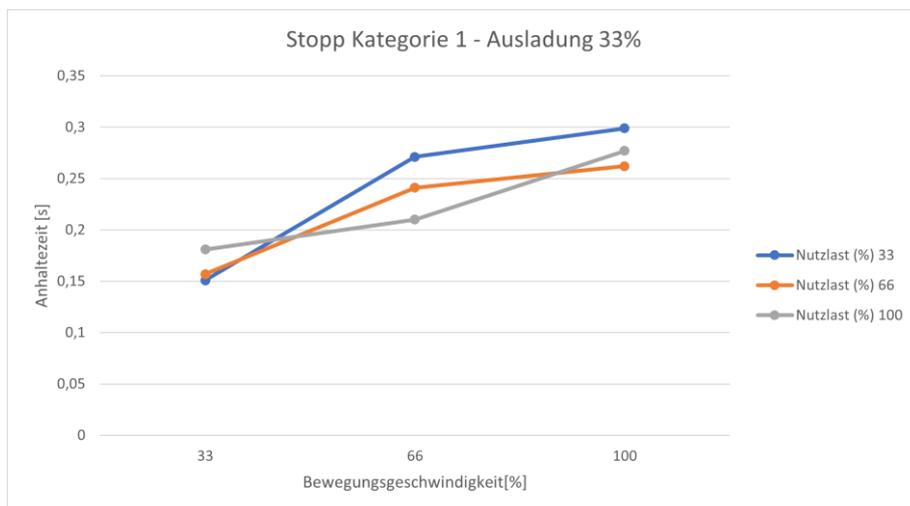


Abb.17.9: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 33%

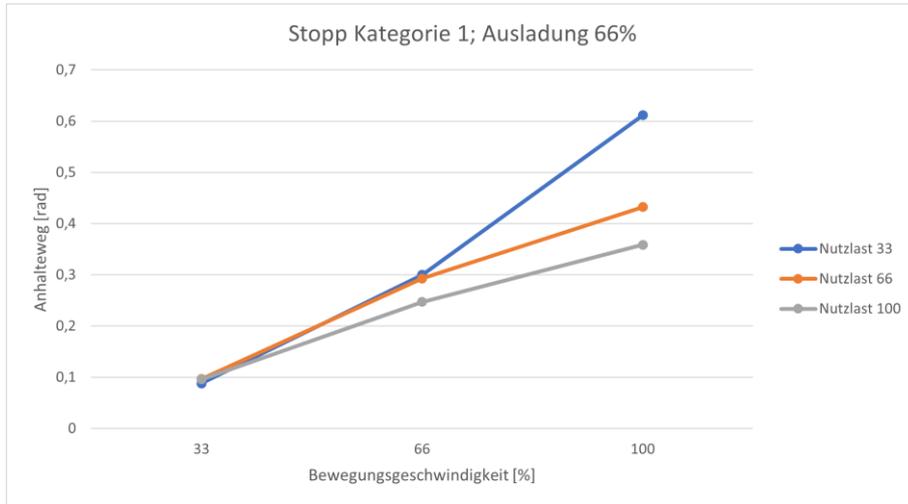


Abb.17.10: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 66%

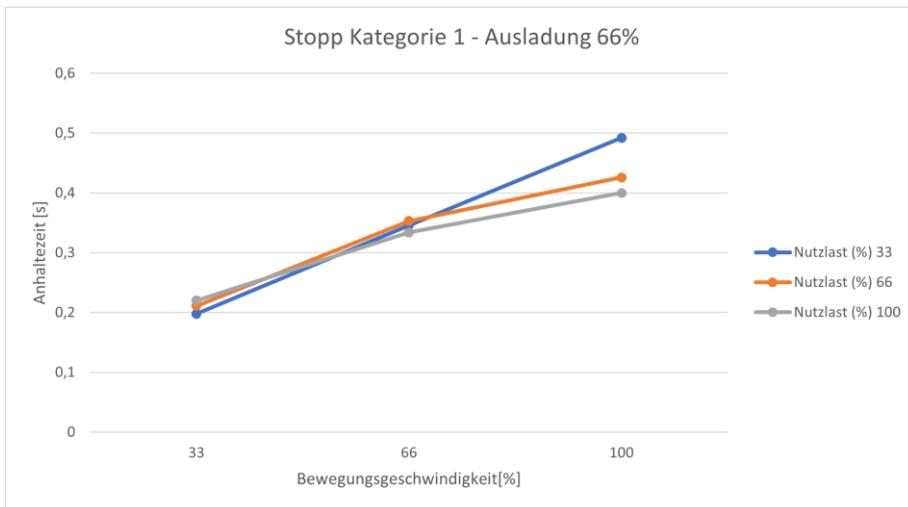


Abb.17.11: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 66%

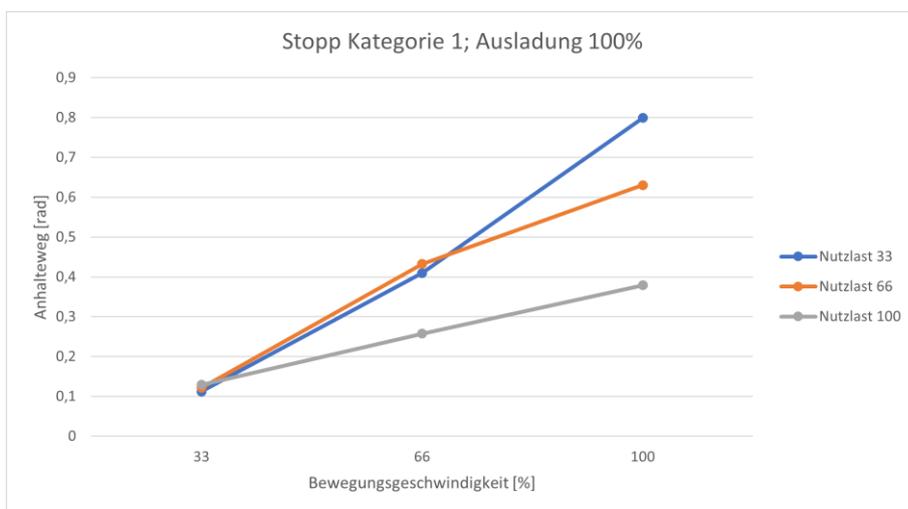


Abb.17.12: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 100%

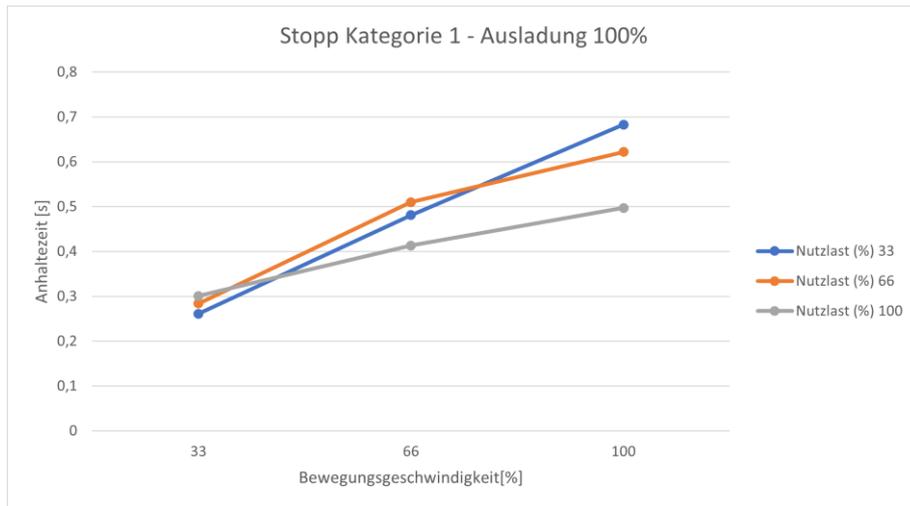


Abb.17.13: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 100%

17.2.3 Achse 3

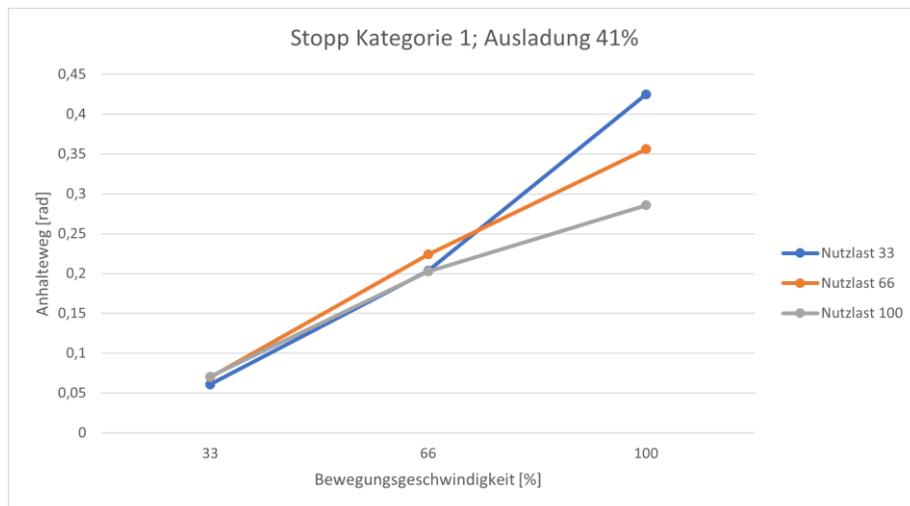


Abb.17.14: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 41%

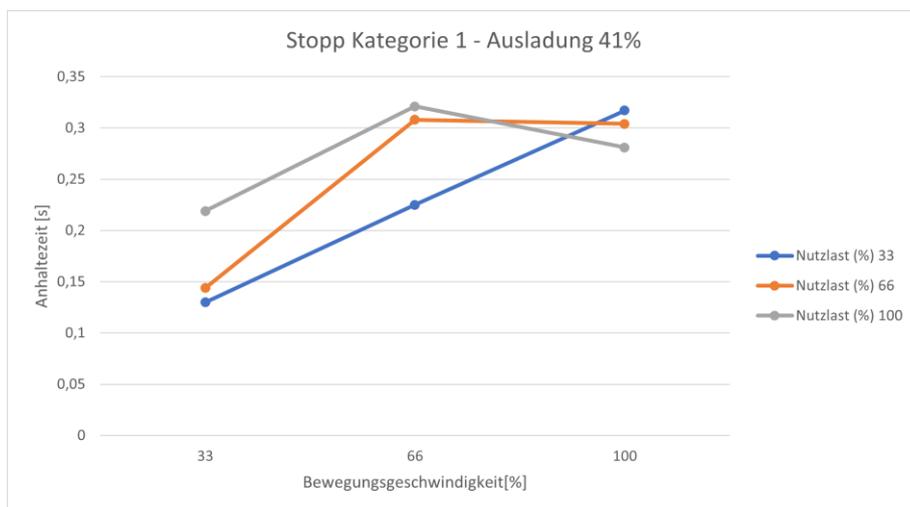


Abb.17.15: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 41%

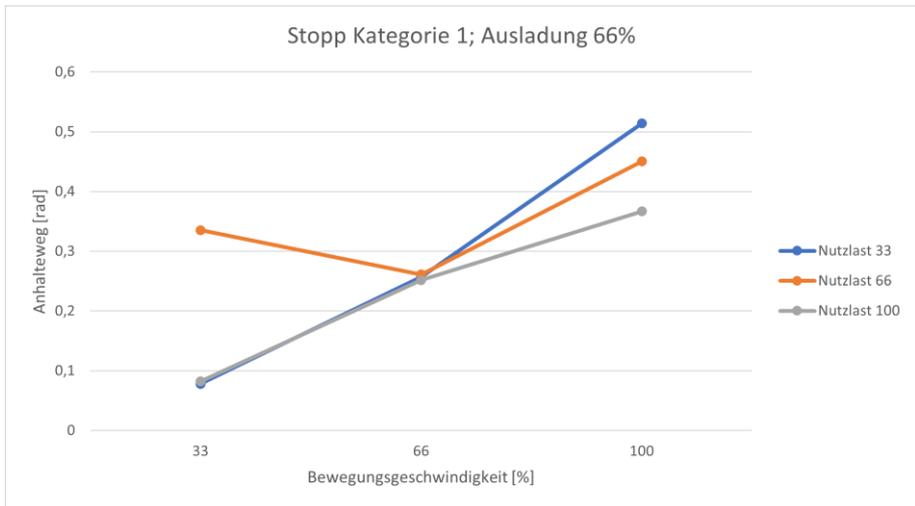


Abb.17.16: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 66%

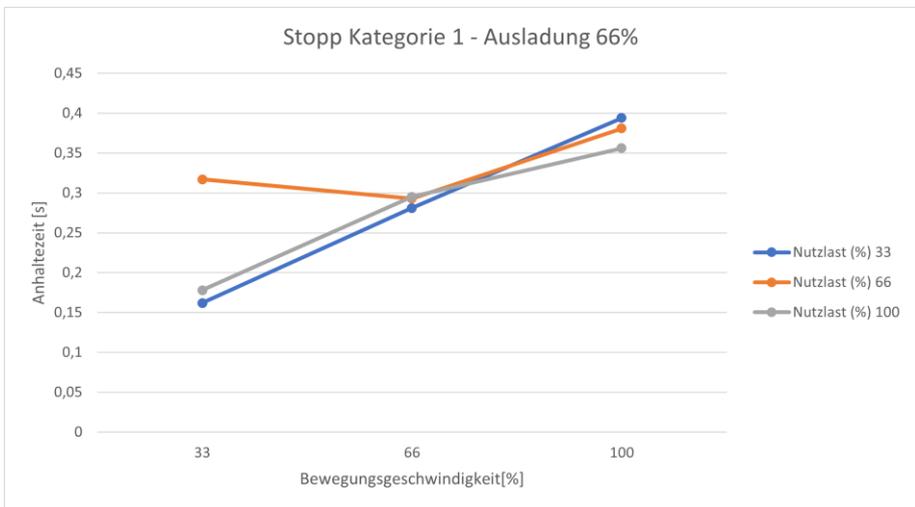


Abb.17.17: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 66%

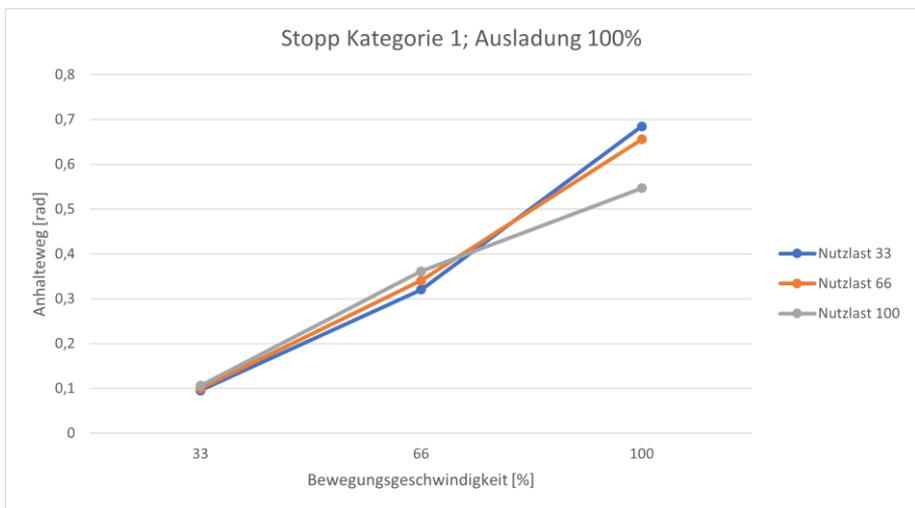


Abb.17.18: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 100%

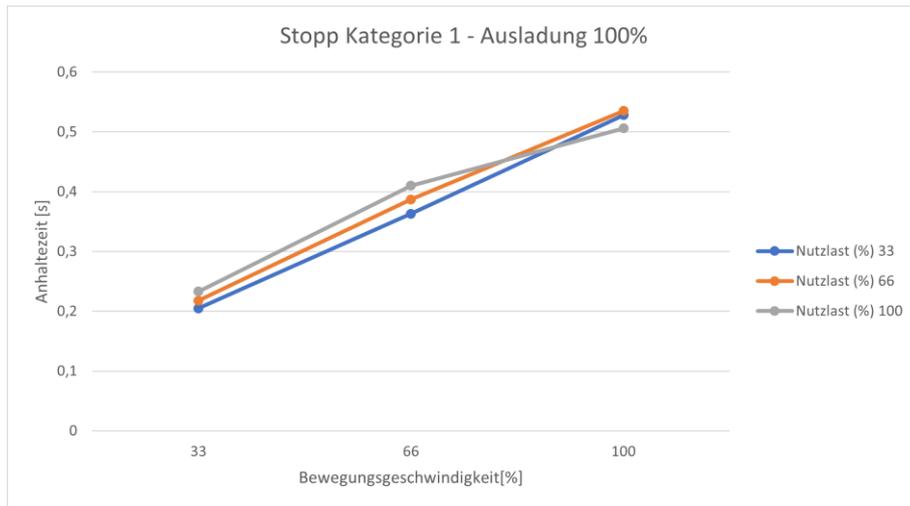


Abb.17.19: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 100%

17.2.4 Achse 4

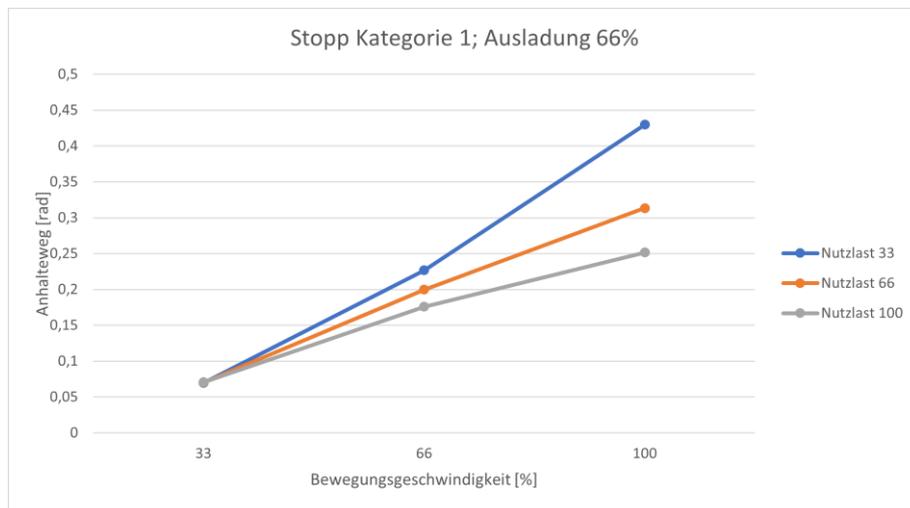


Abb.17.20: Weg; Stopp Cat 1; Achse 4 66%

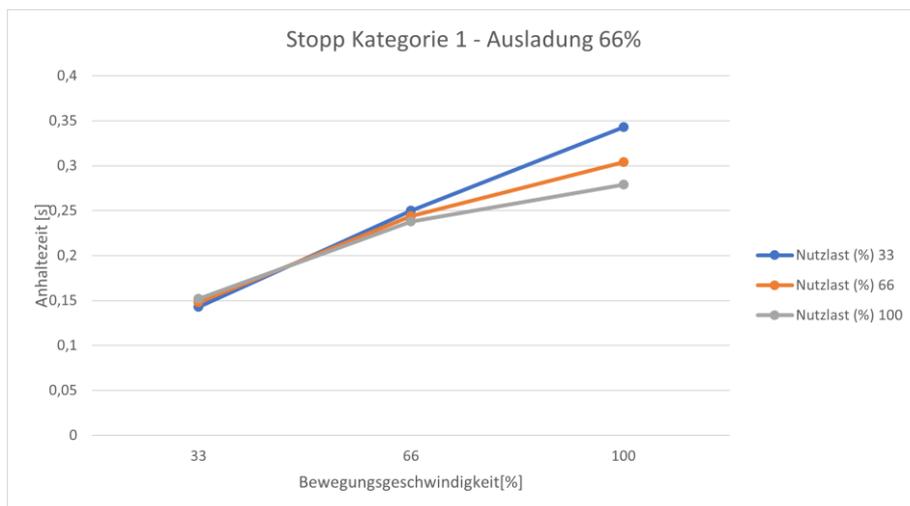


Abb.17.21: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 4 66%

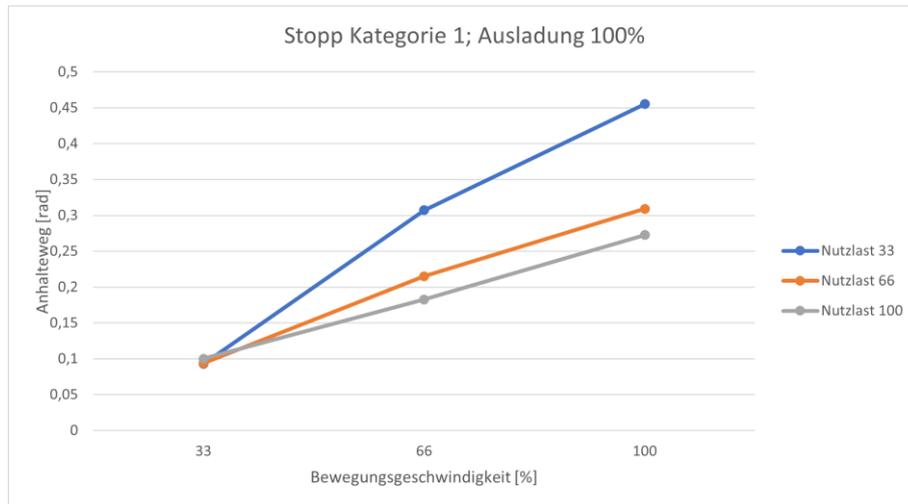


Abb.17.22: Weg; Stopp Cat 1; Achse 4 100%

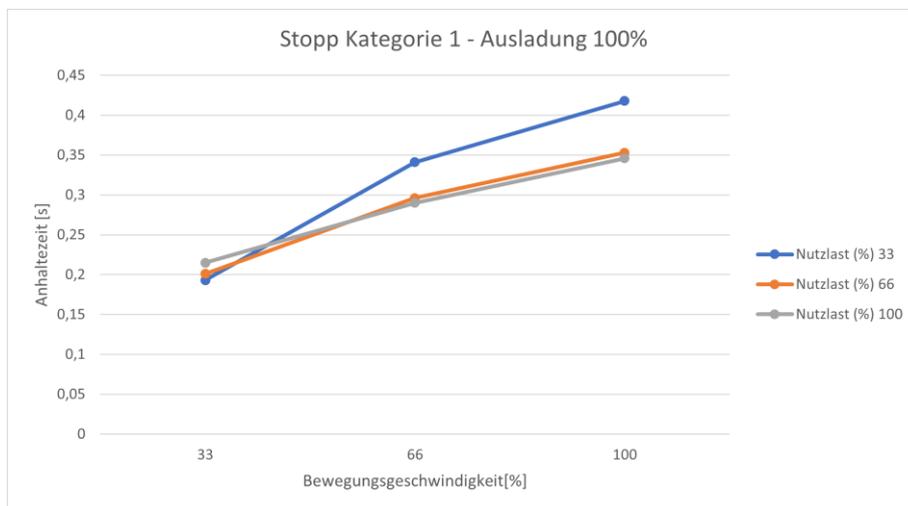


Abb.17.23: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 4 100%

17.3 Stopp Kategorie 2

In der nachfolgen Tabelle sind die Maximalwerte der Achsen 1-4 für die Stopp Kategorie 2 zusammengefasst.

Achse	max. Anhalteweg [rad]	max. Anhaltezeit [s]
1	0,806	0,743
2	0,805	0,684
3	0,695	0,542
4	0,455	0,417

17.3.1 Achse 1

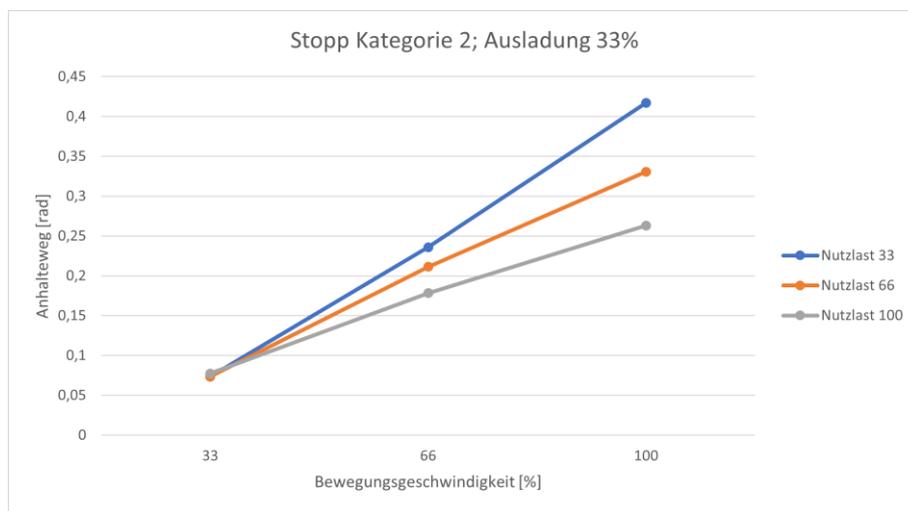


Abb.17.24: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 33%

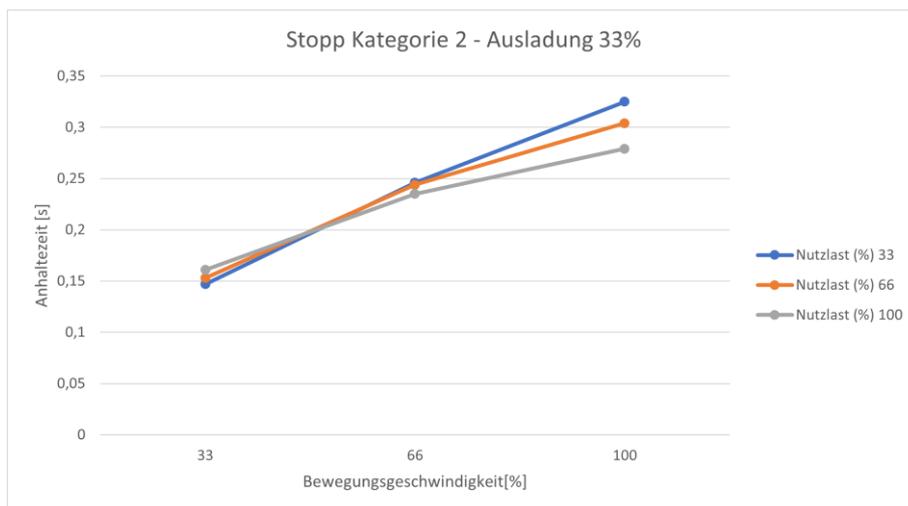


Abb.17.25: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 33%

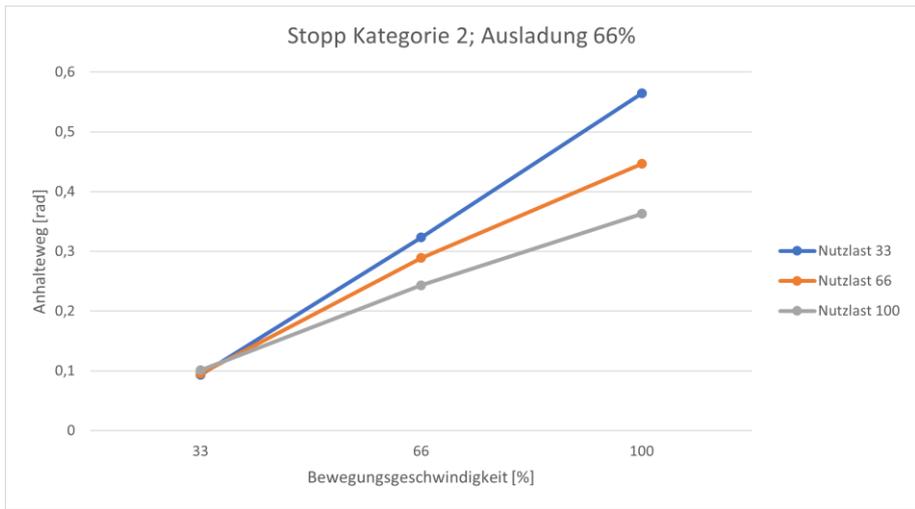


Abb.17.26: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 66%

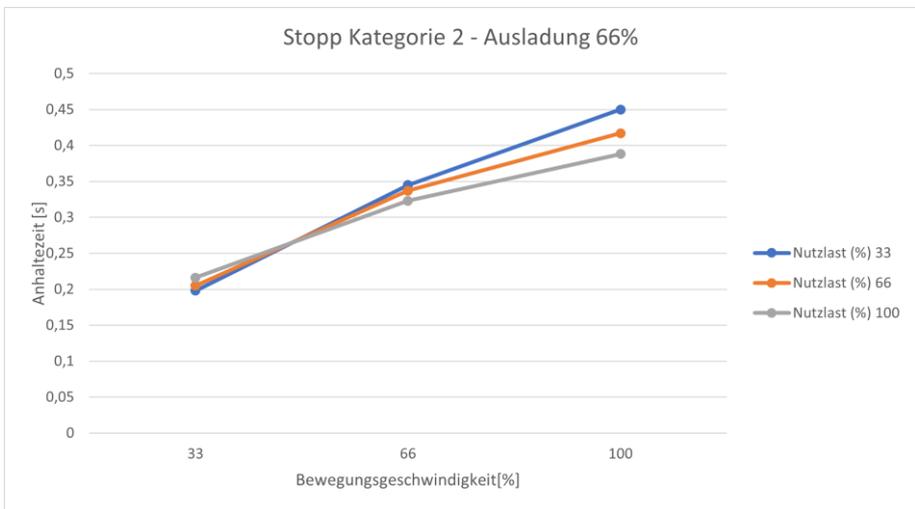


Abb.17.27: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 66%

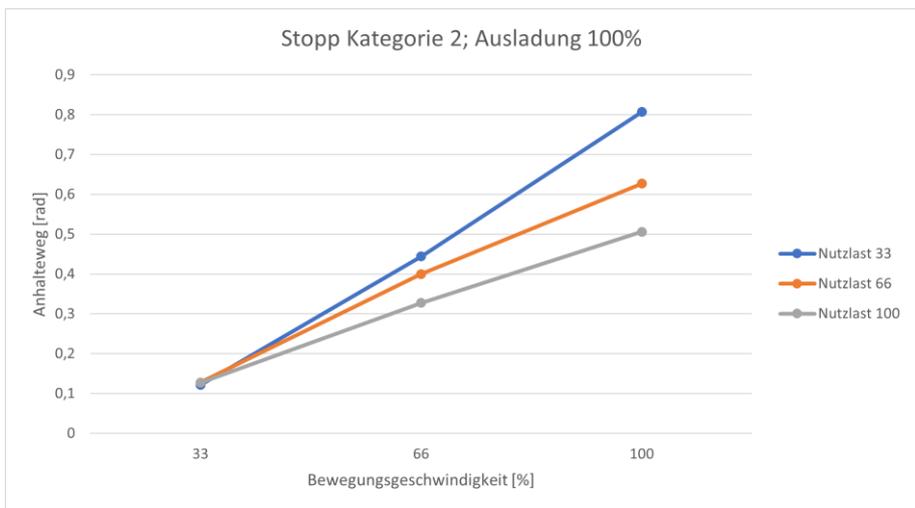


Abb.17.28: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 100%

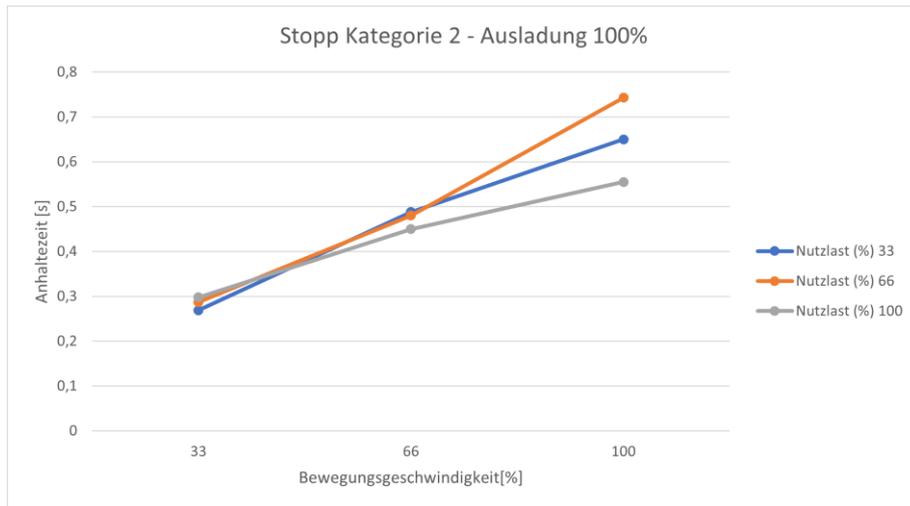


Abb.17.29: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 100%

17.3.2 Achse 2

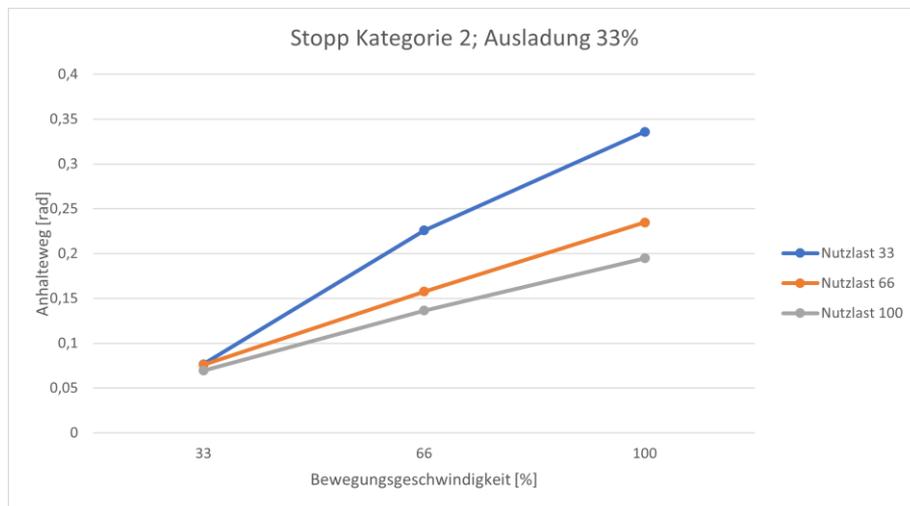


Abb.17.30: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 33%

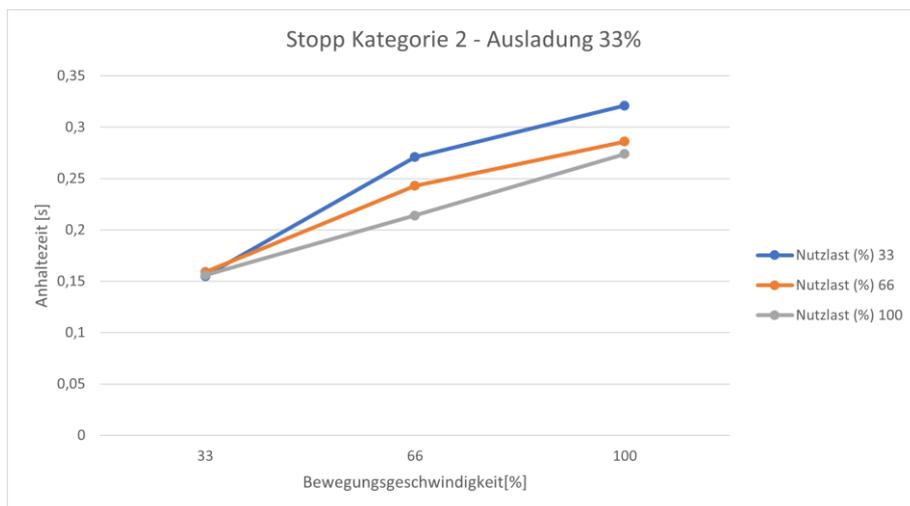


Abb.17.31: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 33%

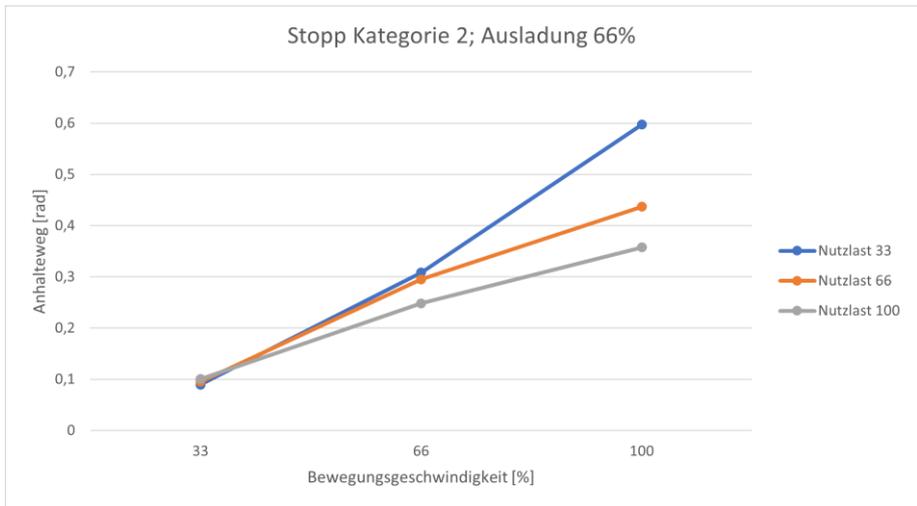


Abb.17.32: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 66%

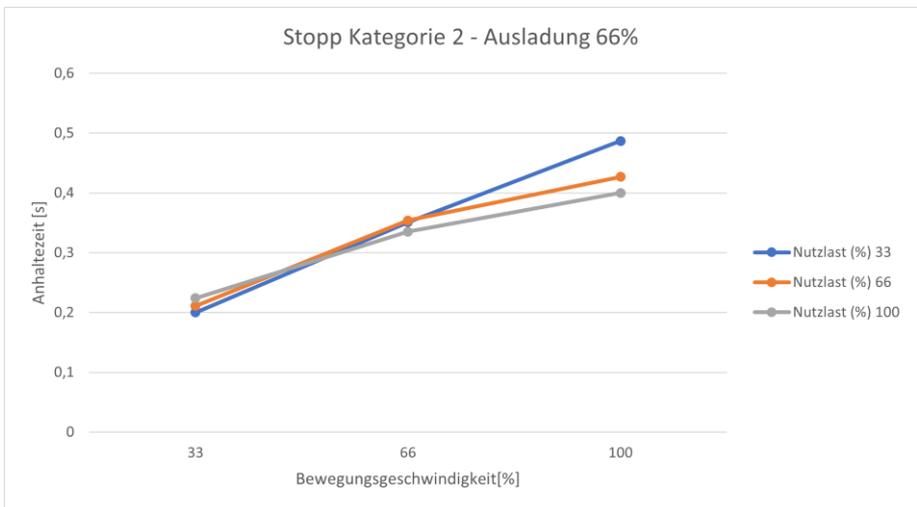


Abb.17.33: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 66%

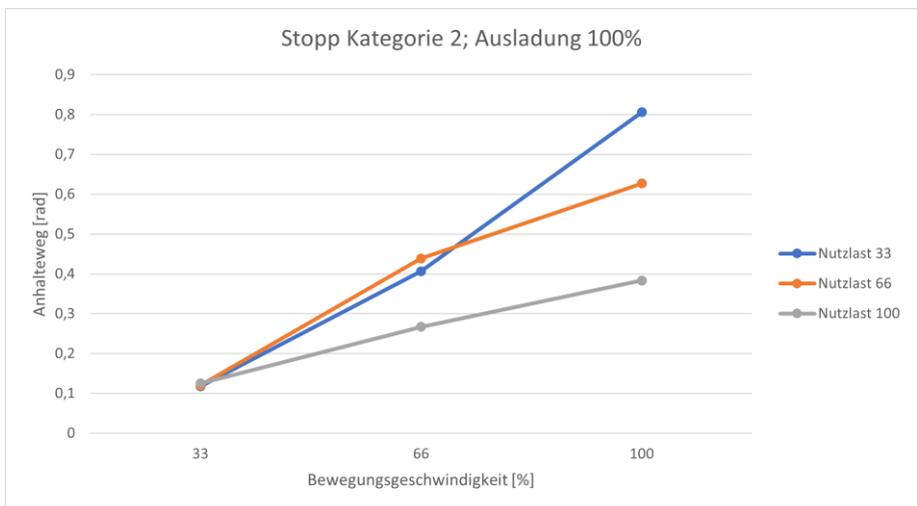


Abb.17.34: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 100%

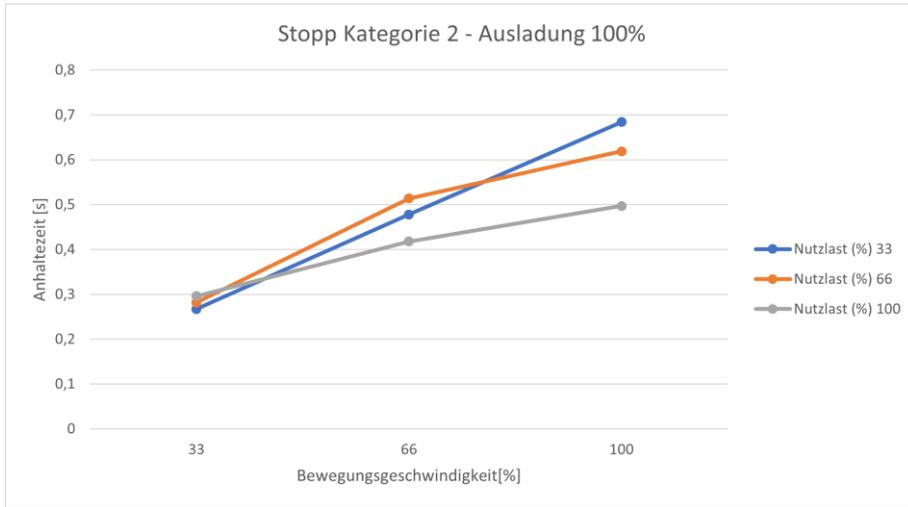


Abb.17.35: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 100%

17.3.3 Achse 3

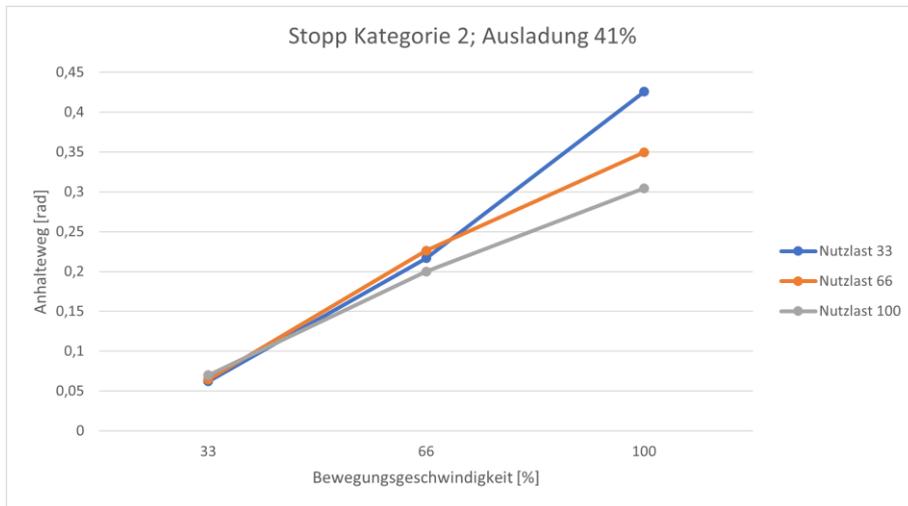


Abb.17.36: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 33%

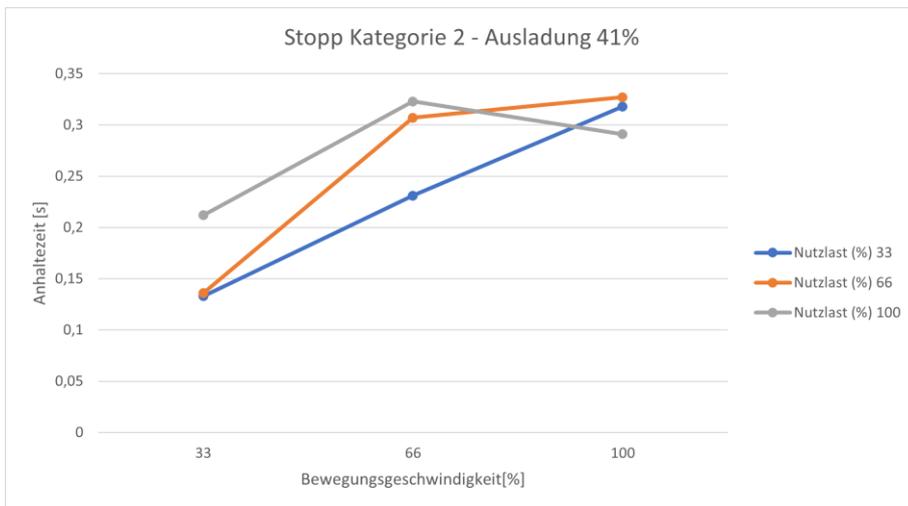


Abb.17.37: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 41%

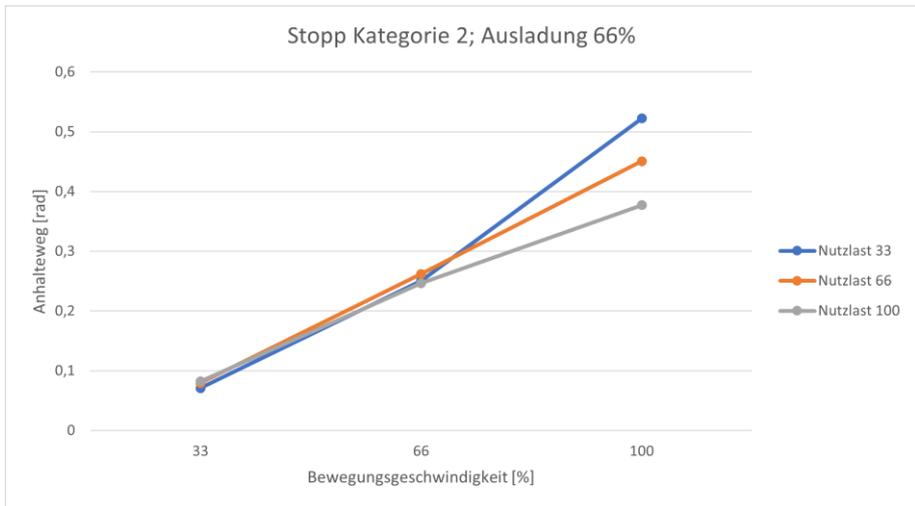


Abb.17.38: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 66%

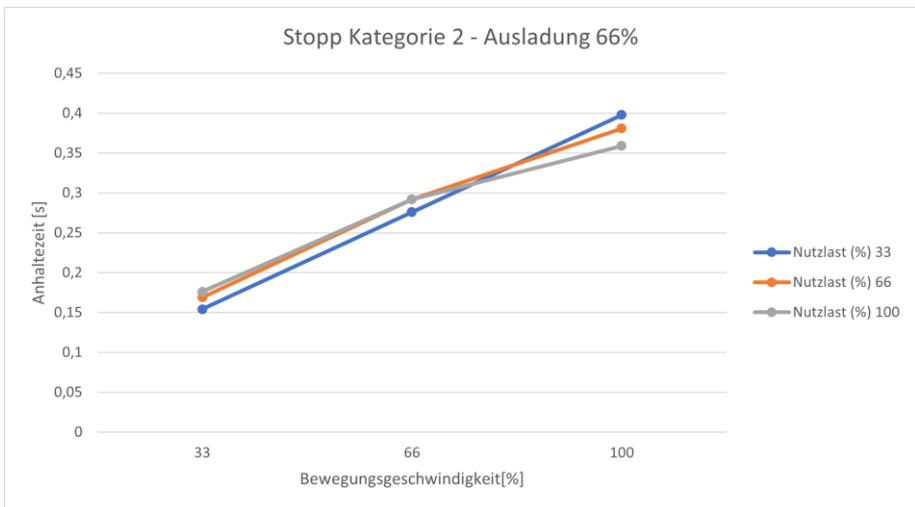


Abb.17.39: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 66%

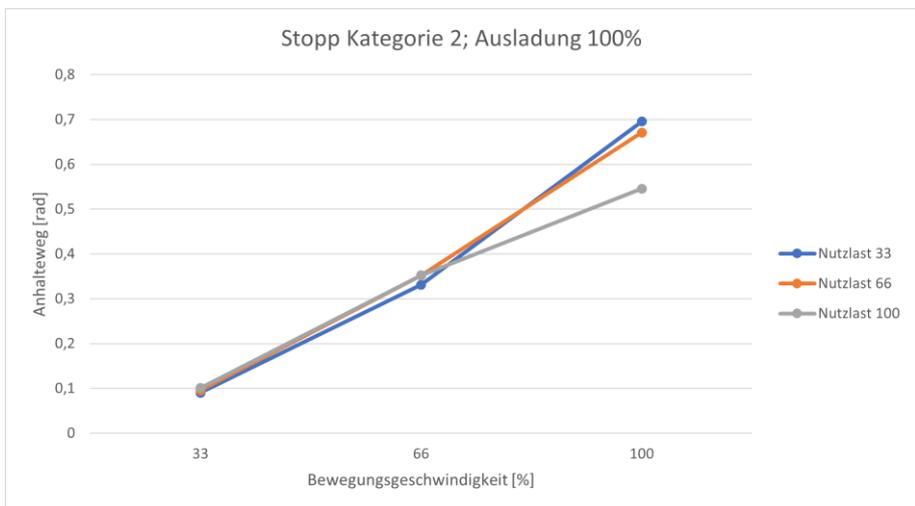


Abb.17.40: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 100%

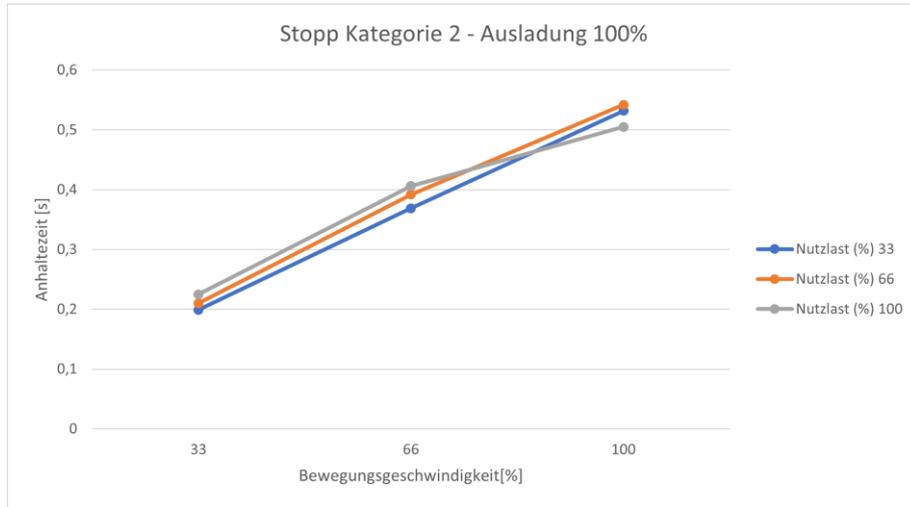


Abb.17.41: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 100%

17.3.4 Achse 4

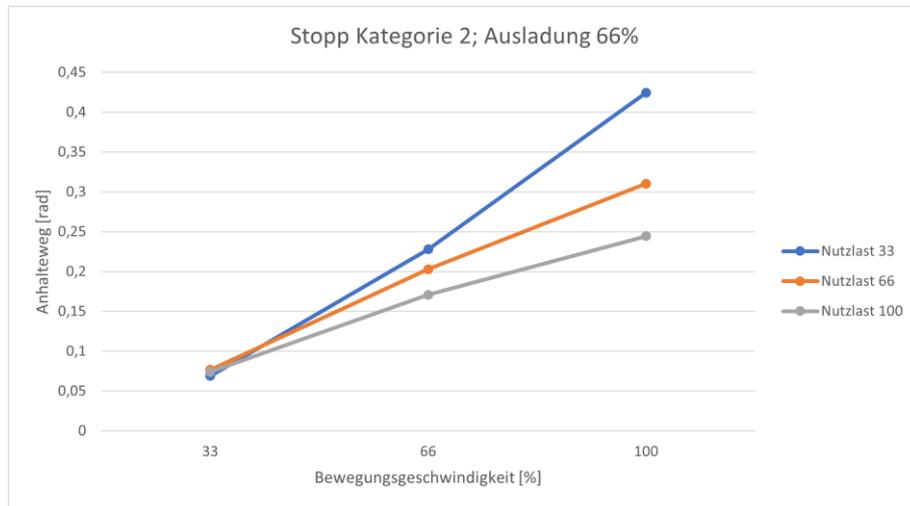


Abb.17.42: Weg; Stopp Cat 2; Achse 4 66%

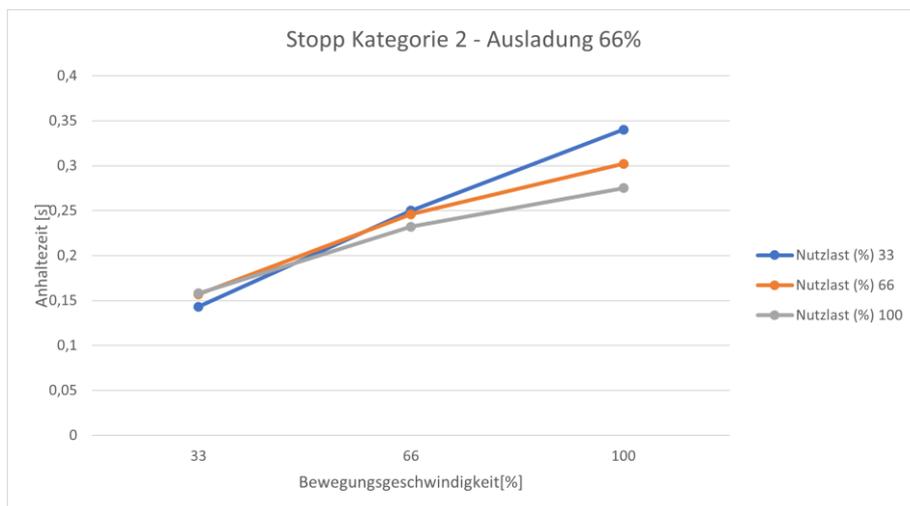


Abb.17.43: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 4 66%

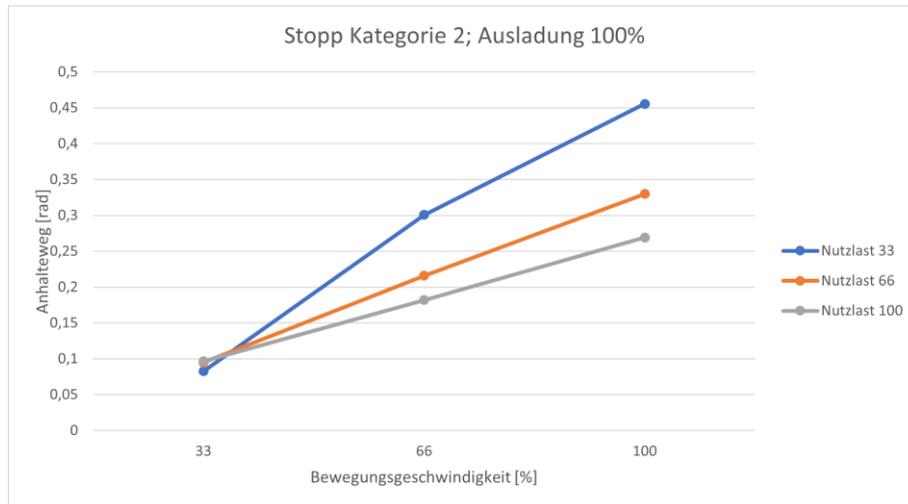


Abb.17.44: Weg; Stopp Cat 2; Achse 4 100%

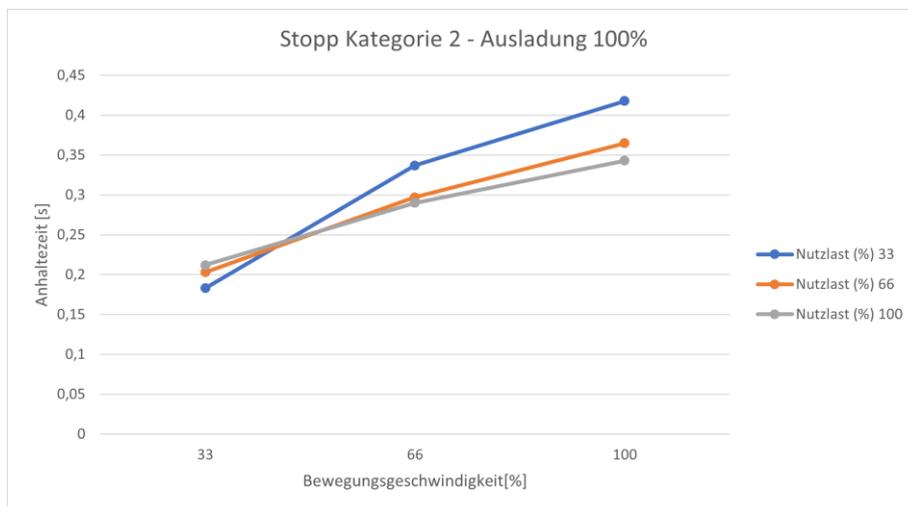


Abb. 17.45: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 4 100%

17.2 Reaktionszeiten

Eingang	Reaktionszeit Motor	Reaktionszeit Sicherer Ausgang Griff
Benutzereingabe	42 ms	48 ms
Auslösen einer Sicherheitsfunktion	36 ms	42 ms
Zentrale Reaktion - Gelenkfehler	42 ms	48 ms
Zentrale Reaktion - untergeordneter Fehler	42 ms	48 ms
Lokale Reaktion - Gelenkfehler	10 ms	-
Lokale Reaktion - untergeordneter Fehler	10 ms	-
Reaktion - Master-Controller-Fehler	30 ms	36 ms

17.3 Sichere Positionsgenauigkeit

Wenn eine Sicherheitsfunktion, die auf einer sicheren Positionsmessung beruht, verwendet wird, muss eine verringerte Genauigkeit berücksichtigt werden.

Hauptfaktoren, die zu einer verringerten Genauigkeit führen können, sind insbesondere strukturelle Elastizität, mechanische Toleranzen, Montagetoleranzen, Signalverarbeitung und Sensorgenauigkeit.

Wie stark die Genauigkeit dieser Faktoren beeinflusst wird, hängt stark von externen Kräften, Nutzlast, dynamischem Zustand (wie etwa Geschwindigkeit) und der kinematischen Konfiguration (Pose) ab.

Die sichere Positionsgenauigkeit muss bei der Parametrierung der Sicherheitsfunktionen, die in einer Anwendung zum Einsatz kommen sollen, berücksichtigt werden. Wie viel Spielraum verbleiben muss, hängt hochgradig von den vorgenannten Faktoren ab und muss daher im Einzelfall bewertet und validiert werden.

18 GLOSSAR

Benennung	Beschreibung
Achsen	Der Arm besteht aus sieben aufeinanderfolgenden Achsen. Die Bewegung wird in diesen Achsen erzeugt.
Administrator	Ein Administrator ist eine Person, die vom Betreiber autorisiert wurde, auf das Robotersystem zuzugreifen und die Benutzerschnittstelle Desk für folgende Aufgaben zu nutzen: Der Administrator legt Rollen, Zugriffsrechte und Passwörter fest und ändert diese. Der Administrator legt nicht sicherheitsrelevante Systemparameter fest und ändert diese (z. B. beim Ändern von Endeffektoreinstellungen). Der Administrator programmiert und teacht das Robotersystem.
Anhalteweg	Der Anhalteweg ist die Strecke, die der Arm nach Erhalt der Halteanforderung bis zum vollständigen Stillstand zurücklegt.
Anhaltezeit	Die Anhaltezeit ist die Zeit, die nach Erhalt der Halteanforderung, z. B. durch die Not-Halt-Einrichtung, bis zum vollständigen Stillstand des Arms vergeht.
App	Apps sind modulare Roboterprogramme, die jeweils einen Teilschritt eines Roboter-Tasks darstellen. Sie sind im Franka Store erhältlich und können in Desk zu vollständigen Automatisierungs-Tasks parametrisiert werden.
Arm	Der Arm ist ein taktile Roboterarm mit sieben Achsen. Er ist Teil von Franka Research 3.
Bediener	Ein Bediener ist berechtigt, auf Franka Research 3 zuzugreifen und die Benutzerschnittstelle Desk zu verwenden, um Franka Research 3 innerhalb der vom Betreiber und dem Administrator festgelegten Grenzen zu nutzen. Der Bediener ist berechtigt, den vorgesehenen Betrieb von Franka Research 3 zu starten, zu überwachen und zu beenden. In Desk kann die Rolle des „Bedieners“ den Benutzern zugewiesen werden. Bediener haben nur limitierte Zugriffsrechte in Desk.
Bediengerät	Das Bediengerät, ein handelsüblicher PC, ein handelsübliches Tablet oder Notebook mit Webbrowser, wird über ein Ethernet-Kabel mit dem Roboterfuß verbunden. Die Franka UI kann in einem Webbrowser auf dem Bediengerät aufgerufen werden.
Betreiber	Der Betreiber ist für die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften und der Betriebssicherheitsverordnung verantwortlich. Der Betreiber von Franka Research 3 kann insbesondere der Unternehmer, der Institutsleiter, der Arbeitgeber oder ein für die Verwendung von Franka Research 3 verantwortlicher Delegierter sein.
Desk	Desk ist die intuitive webbasierte grafische Programmier- und Benutzerschnittstelle von Franka Robotics, in der Informationen ausgetauscht und Befehle gegeben werden. Desk ist Teil der Franka UI.
EMV-Richtlinie 2014/30/EU	Die EMV-Richtlinie (2014/30/EU) regelt die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums, der Schweiz und der Türkei.
Externe Zustimmungseinrichtung	Die externe Zustimmungseinrichtung wird an Anschluss X4 am Roboterfuß angeschlossen. Während die externe Zustimmungseinrichtung halb gedrückt ist, ist es möglich, automatische Roboterprogramme zu testen und auszuführen.

Benennung	Beschreibung
Fail-Safe-Sicherheits-blockiersystem	Das Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem verriegelt alle sieben Achsen des Arms. Der Arm verharrt so auch dann in seiner Position, wenn der Strom abgeschaltet wird.
FCC Rule 47 CFR Part 15	FCC steht für die Federal Communications Commission. Sie ist eine unabhängige US-Behörde, die die Funk-, Satelliten- und Kabelkommunikation regelt, insbesondere Fragen der elektromagnetischen Verträglichkeit von Geräten.
Franka Robotics GmbH	Franka Robotics GmbH (abgekürzt FR) ist der Unternehmensname. Wir haben Franka Research 3 entwickelt und stellen es jetzt her.
Franka Store	Der Franka Store ist der Online-Store von Franka Robotics, in dem Apps, Pakete und Hardware einfach online bestellt werden können. Er ist Teil von Franka World: https://franka.world/
Franka World	Franka World ist eine Online-Plattform, die Kunden, Partner sowie Software- und Hardware-Entwickler vernetzt, deren Tätigkeiten sich um die Produkte und Dienstleistungen von Franka Robotics drehen. Franka World stellt Tools für die Verwaltung von Franka Research 3, Zugang zu einem Online-Store mit einem ständig wachsenden Angebot an Soft- und Hardwareprodukten und die Möglichkeit bereit, Teil einer aktiven und engagierten Community zu werden. Besuchen Sie https://franka.world/ , um alle Vorteile zu nutzen.
Franka Research 3 / Franka Research 3-System	Die Komponenten des Arm- und Steuerungssystems bilden das Franka Research 3-System, kurz Franka Research 3.
Franka UI	Die Franka UI ist das Software-Framework für die über den Webbrowser zugängliche Benutzerschnittstelle von Franka Research 3. Sie enthält „Desk“, „Watchman“ und die Schnittstelle „Settings“.
Gemeinsamer Arbeitsraum	Raum, der sowohl dem Bediener als auch dem Roboter während der Ausführung von Tasks zugänglich ist.
Hand / Franka Hand	Die Hand ist ein elektrischer Zwei-Finger-Parallelgreifer und ist optional erhältlich. Die Hand kann für den Franka Production3 und Franka Research 3 und Halterungen nach ISO-Flanschdesign verwendet werden. Die Hand ist ein Endeffektor und nicht Teil der zertifizierten Maschine.
Handführ-Modus	Die Handführ-Modi erleichtern die Handführung, indem sie verschiedene Richtungen oder Rotationen im Raum sperren oder freigeben, z. B. die Bewegung des Arms in drei Richtungen. Umgeschaltet werden kann entweder mit der Handführ-Modus-Taste am Pilot-Griff oder direkt von Desk aus zwischen den Handführ-Modi.
Handführ-Taste	Die Handführ-Taste befindet sich rechts am Pilot-Griff. Der Arm lässt sich durch Drücken der Handführ-Taste und halbes Drücken der Zustimmungstaste bewegen.
Handführung / Guiding	Handführung ist das Bewegen des Roboters durch haptische Interaktion, z. B. um eine neue Pose zu teachen.

Benennung	Beschreibung
Integrator	<p>Der Integrator ist für den Zusammenbau der unvollständigen Maschine zur endgültigen Maschine verantwortlich, indem er den Roboter mit anderen Geräten oder einer anderen Maschine, einschließlich weiterer Roboter, zu einem Maschinensystem kombiniert.</p> <p>Der Integrator führt auch angemessene Risikobeurteilungen durch, um Restrisiken gemäß ISO 12100 zu ermitteln und diese zu beseitigen oder zu mindern.</p> <p>Der Integrator ist für die Sicherheit der endgültigen Anwendung verantwortlich.</p>
Interaktion	<p>Franka Research 3 ist für eine einfache Programmierung und Bedienung konzipiert, sodass neue Tasks schnell erlernt und umgelernt werden können. Wenn sich Franka Research 3 im Modus „Monitored Stop“ (Überwachter Halt) befindet oder geführt wird (Teach-Modus), leuchtet der Fuß von Franka Research 3 weiß, um anzuzeigen, dass der Arm zur Interaktion bereit ist.</p>
Kartesisch	<p>Der kartesische Raum ist der dreidimensionale Raum, in dem alle Achsen (X, Y und Z) senkrecht zueinander stehen.</p>
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	<p>Die Maschinenrichtlinie (2006/42/Eg), auch Maschinenrichtlinie oder MD genannt, regelt ein einheitliches Schutzniveau zur Verhütung von Unfällen für Maschinen und unvollständige Maschinen innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums, der Schweiz und der Türkei.</p>
Massenmittelpunkt (CoM)	<p>Der Massenmittelpunkt ist der Schwerpunkt eines Objekts. An diesem Punkt greift die Schwerkraft an.</p>
Maximaler Raum	<p>Raum, der von den beweglichen Teilen des Roboters überstrichen werden kann, zzgl. des Raums, den der Endeffektor und das Werkstück überstreichen können.</p> <p>Weitere Informationen hierzu im Abschnitt „Maximaler Raum und Schutzbereich“ in Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“.</p>
Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU	<p>Die Niederspannungsrichtlinie (2014/35/EU), auch Niederspannungsrichtlinie oder kurz NSR genannt, regelt die Sicherheit elektronisch betriebener Geräte innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums, der Schweiz und der Türkei.</p>
Notentriegelung	<p>Das Verwenden des Notentriegelungswerkzeugs zum Entriegeln des Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystems, um den Arm manuell zu bewegen, wird als Notentriegelung bezeichnet.</p>
Notentriegelungskennzeichnungen	<p>Die Notentriegelungskennzeichnungen befinden sich an drei verschiedenen Stellen des Arms. Sie zeigen, wo das Notentriegelungswerkzeug zu verwenden ist, um den Roboter im Notfall manuell zu bewegen.</p>
Notentriegelungswerkzeug	<p>Das Notentriegelungswerkzeug ist ein Werkzeug zum manuellen Entriegeln des Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystems im Notfall. Mit dem Werkzeug kann der Arm auch dann bewegt werden, wenn er nicht mehr mit Strom versorgt wird.</p>
Not-Halt-Einrichtung	<p>Die Not-Halt-Einrichtung muss an das System angeschlossen werden, um Franka Research 3 im Notfall anzuhalten und einen Stopp der Kategorie 1 auszuführen. Dadurch wird Franka Research 3 mit maximaler Leistung gebremst und die Verriegelungsbolzen verriegeln den Arm mechanisch.</p> <p>Die Not-Halt-Einrichtung wird an Anschluss X3 am Roboterfuß angeschlossen.</p>

Benennung	Beschreibung
Pilot	Der Pilot ist die Benutzerschnittstelle auf dem Arm zur Handführung und Bedienung des Arms und/oder von Desk. Er umfasst den Pilot-Griff und das Pilot-Bedienfeld.
Pilot-Bedienfeld	Das Pilot-Bedienfeld ist Teil des Piloten und wird zur Interaktion mit dem Arm und/oder Desk verwendet.
Pilot-Griff	Der Pilot-Griff ist Teil des Piloten und wird zur Handführung verwendet.
Pose	Eine Pose ist eine Kombination aus Position und Orientierung im Raum.
RoHS-Richtlinie 2011/65/EU	Die RoHS-Richtlinie (2011/65/EU), auch RoHS-Richtlinie genannt, beschränkt die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums, der Schweiz und der Türkei.
Schutzbereich	Die umgebenden Schutzvorrichtungen definieren den Schutzbereich. Weitere Informationen hierzu im Abschnitt „Einteilung der Bereiche“ in Kapitel 10.2 „Geeigneter Aufstellungsort“.
Schutzmaßnahmen	Die Schutzmaßnahmen dienen der Risikominderung gemäß ISO 12100, Kapitel 3.19. Sie werden von den folgenden Personen implementiert und bewertet: durch den Konstrukteur und/oder den Integrator (eigensichere Konstruktion, Schutzvorrichtungen und ergänzende Schutzmaßnahmen, Informationen zur Benutzung) und/oder durch den Betreiber/den Integrator (Organisation: sichere Arbeitsverfahren, Aufsicht, Arbeitsfreigabesysteme, Bereitstellung und Verwendung zusätzlicher Schutzvorrichtungen, Verwendung persönlicher Schutzausrüstung, Schulung)
SEEPO	Sicherheitsfunktion „Sichere Endeffektor-Ausschaltung“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
Settings-Schnittstelle	Die Settings-Schnittstelle ist eine über den Webbrowser zugängliche Benutzerschnittstelle zum Einstellen nicht sicherheitsrelevanter Parameter von Franka Research 3, z. B. Netzwerkeinstellungen, Benutzerrollen oder Passwörter. Sie ist Teil des Software-Frameworks Franka UI.
Sicherheitskonfiguration	Definition von allgemeinen sicherheitsrelevanten Einstellungen wie das Verhalten sicherer Eingänge oder ein Endeffektor-Kollisionsmodell.
Sicherheitsregeln	Eine Sicherheitsregel besteht aus einer parametrisierten Sicherheitsfunktion, optionalen Aktivierungsbedingungen und einer Reaktion, die bei Verstoß gegen die Sicherheitsfunktion auszuführen ist.
Sicherheits-szenarien	Ein Satz von in Watchman definierten Sicherheitsregeln, die eine bestimmte Risikosituation abdecken, z. B. das Szenario „Test & Jog“, dass alle Regeln für den Modus „Test & Jog“ (Test und Tippbetrieb) umfasst.
Single Point of Control (SPoC)	„Single Point of Control (SPoC)“ ist eine Funktion, die immer nur einem Benutzer gleichzeitig erlaubt, kritische Maßnahmen, wie beispielsweise das Ändern von Systemeinstellungen und Tasks oder das Auslösen von Roboteraktionen wie die Entriegelung der Gelenke und das Ausführen von Tasks zu initiieren.
SLD	Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzte Entfernung“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
SLO	Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzte Endeffektor-Orientierung“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.

Benennung	Beschreibung
SLP-C	Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzte kartesische Position“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
SLP-J	Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzter Gelenkwinkel“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
SLS-C	Sicherheitsfunktion „Sicher reduzierte kartesische Geschwindigkeit“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
SLS-J	Sicherheitsfunktion „Sicher begrenzte Gelenkgeschwindigkeit“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
SMSS	Sicherheitsfunktion „Sicher überwachter Stillstand“. Näheres kann Kapitel 4.11 „Sicherheitsfunktionen“ entnommen werden.
Steuerung	Die Steuerung ist die Hauptsteuereinheit und Teil von Franka Research 3. Die Hauptsteuereinheit ermöglicht die Überwachung und Steuerung der mechanischen Struktur des Roboters.
Stopp der Kategorie 0	Ein Stopp der Kategorie 0 ist das Stillsetzen durch sofortige Unterbrechung der Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen (gemäß EN 60204:2019).
Stopp der Kategorie 1	Ein Stopp der Kategorie 1 ist ein geregeltes Stillsetzen, wobei die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen beibehalten wird, um das Stillsetzen zu erzielen. Die Energiezufuhr wird erst dann unterbrochen, wenn der Stillstand erreicht ist (nach EN 60204:2019).
	Ein Stopp der Kategorie 2 ist das geregelte Stillsetzen, ohne dass die Energiezufuhr zu den Maschinen-Antriebs-elementen unterbrochen wird (gemäß EN 60204:2019).
Task	Ein Task in Desk stellt eine vollständige Automatisierungsroutine dar. Ein Task besteht aus einer oder mehreren Apps.
Teachen	Teachen ist der Prozess der Parametrierung eines Tasks und der enthaltenen Apps durch die Handführung des Roboters oder Endeffektors. Dazu gehört unter anderem das Teach von „Posen“, indem der Roboter zu diesen Posen geführt wird.
Tracking-Fehler	Die tatsächliche Bewegung des Arms folgt der Zielbewegung mit einer kleinen Abweichung, einem sogenannten Tracking-Fehler.
Verbindungs-kabel	Das Verbindungskabel verbindet den Arm mit der Steuerung.
Watchman	Watchman ist eine über den Webbrowser zugängliche Benutzerschnittstelle zur Einstellung und visuellen Validierung sicherheitsrelevanter Parameter von Franka Research 3, z. B. sicher überwachte Geschwindigkeit oder sicher überwachte Räume. Watchman ist Teil der Franka UI.
Webbrowser	Eine Softwareanwendung auf einem Bediengerät, das für die Herstellung einer Verbindung mit der Franka UI dient. Ein Webbrowser stellt die Umgebung für Desk, Watchman und die Settings-Schnittstelle bereit. Es können beispielsweise folgende Webbrowser verwendet werden: Chrom, Edge und Firefox.
Zustimmtaste	Die Zustimmtaste ist Teil des Pilot-Griffs und des Piloten. Sie ermöglicht die Aktivierung der Armbewegung.

19 STICHWORTVERZEICHNIS

Achsen	130	Endeffektor	50, 83, 90, 148, 164
Administrator	41, 102, 147	Energieverbrauch	85
Anhalteweg	24	Entsorgung	10, 177, 178
Anhaltezeit	24	Erstellung von Sphären	120
Anhaltezeiten und -wege	186, 203	ESD-Grenzwerte	86
Anschlüsse	75	Externe Zustimmungsrückmeldung	14, 30, 52, 76, 97
C2	77	Factory Reset	181
X1	48	Fail-Safe-Sicherheitsblockiersystem	24, 137, 163
X2	75	FCC Rule 47 CFR Part 15	205
X3	76	FCI	
X4	76	Franka Control Interface	104
X5	77	Fehlerbehebung	163
X6	77	Feldbus	133, 135
Apps	101, 102, 144, 149, 150, 171	Franka	7, 205
Arm	12, 16, 44, 52, 60, 69	Franka Control Interface	113, 159, 160
Auspacken der Ausrüstung	61	FCI	113, 159, 160
Manuelles Bewegen des Arms	25	franka_ros	160
Assist	141	libfranka	159
Aufstellungsort	66, 67	Franka Store	205
Ausschalten	113, 169	Franka UI	7, 22, 28, 143
Backup	173	Franka World	101, 148, 171, 181
End Effector Konfiguration	175	Registrierung des Roboters	172
Modbus Konfiguration	175	Updates	172
Network Setting	174	Verwalten von Apps und Features	171
Safety Konfiguration	174	Gelenk-Referenz-Position des Armes	87
Sicherheitskonfiguration	174	Gemeinsamer Arbeitsraum	136
Sichern der erstellten Tasks	175	Geräteübersicht	43
Bediener	27, 28, 31, 40	General Safety Settings	119
Bediengerät	43, 53, 99	Glossar	204
Benutzerschnittstelle	41, 45, 99, 144	Haltfunktionen	33
Bestimmungsgemäße Verwendung	16	Stopp der Kategorie 0	33
Betreiber	7, 39, 40	Stopp der Kategorie 1	33
Betriebsmodi	134	Stopp der Kategorie 2	33
Checksumme	116	Hand	45, 50, 53, 84
Desk	45, 80, 144	Handführ-Modus	153
Editieren der Sicherheitskonfiguration	117	Handführ-Modus-Taste	47
Einschalten	93	Handführ-Taste	47, 135, 163
EMV-Richtlinie 2014/30/EU	204	Handführung / Guiding	28

STICHWORTVERZEICHNIS

Handhabung	58, 59, 90	Betreiber	39
Idle (Ruhe)	28, 29, 134	Integrator	40
Inside/Outside Area	123	Sicherheitsinbetriebnehmer	41
Installation	51, 53, 60	Safe Input Configuration	119
Verkabelung und elektrische Installation	74	<u>Safe Monitored Stand Still</u>	123
Vorbereiten des Aufstellungsorts	68	Safety Log	181
Integrator	21, 40	Safety Setup	118
Interaktion	45, 95	Schutzmaßnahmen	18
Kartesisch	31	SEEPO	32
Kartesischer Raum	130	Selbsttest	96
Kennzeichnung am Gerät	12	Service	94, 164, 179
Funktionserdekennzeichnung	13	Service und Support	
Greifpositions-kennzeichnung	13	Hardware Tausch	182
Log Download	180	Settings-Schnittstelle	147, 171
Login	143	Sicherheit	15
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	16	Installieren von externen Sicherheitseinrichtungen	23
Massenmittelpunkt (CoM)	19, 137, 164	Schutzbereich	65
Maximaler Raum	58, 65, 84, 93	Sichere Ausgänge	33
Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU	206	Sichere Eingänge	30
Notfall	14, 18	Sicherheitsfunktionen	30
Notentriegelung	12	Sicherheitskonzept	27
Notentriegelungskennzeichnung	12	Sicherheitsregeln	27
Notentriegelungswerkzeug	25	Sicherheitskonfiguration	115
Not-Halt-Einrichtung	14	Sicherheitsprotokoll	181
Not-Halt-Installation	23	Sicherheitsraum	123
Pilot	44, 45	Single Point of Control (SPoC)	22, 131
Pilot-Bedienfeld	45	SLD	33
Pilot-Griff	45	SLO	127
Pilot-Modus	45	SLP-J	32
Pose	130	SLS-C	31
Praktische Tipps für die Verwendung und Aufstellung	85, 155	SLS-J	33
Reaction	124	SMSS	32
Referenzpositionen	87	Software-Einrichtung	100
Reinigung	177	Steuerung	13, 17, 43, 52, 60
Rescue System	179	Struktur einer Regel	123
RoHS-Richtlinie 2011/65/EU	10	Support	179
Rollen und Personen	39	Task	97, 103, 130, 150
Administrator	41	Task teachen	94, 135, 149, 150, 158
Bediener	40	Teachen	94, 135, 138, 149, 150, 158, 164
Benutzerrollen erstellen	41	Technische Daten	54

STICHWORTVERZEICHNIS

Tracking-Fehler	157	Endeffektor Konfiguration	119
Transport	58, 60, 90, 93	Sicherheitsbericht	128
Auspacken	62	Validieren	126
Wiederverpacken des Arms	90	Werkseinstellungen	181
Transportposition	90, 91	Werksreset	41
Unsachgemäße Verwendung	16, 20	Wiedereinschalten	113
Validierungsmarker	118	Zertifikate	10
Verbindungskabel	61, 79	Zusätzliche Ausrüstung	52
Wartung	177	Zustimm taste	28, 97, 156, 163
Watchman	27, 116, 147		

20 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.3.1 Typenschild Arm	12	Abb.10.7 Auspacken Arm	62
Abb.3.2 Notentriegelungskennzeichnung.....	12	Abb.10.8 Arm herausheben	62
Abb.3.3 Kennzeichnung „Heiße Oberflächen“ ..	13	Abb.10.9 Karton Steuerung öffnen	63
Abb.3.4 Kennzeichnung Funktionserdung.....	13	Abb.10.10 Verpackung entfernen	63
Abb.3.5 Kennzeichnung Greifposition.....	13	Abb.10.11 Steuerung herausheben.....	63
Abb.3.6 Typenschild Steuerung	13	Abb.10.12 Einteilung der Bereiche.....	64
Abb.3.7 Typenschild Externe Zustimmungeinrichtung	14	Abb.10.13 Vorbereitung der Armbefestigung...68	
Abb.3.8 Not-Halt-Einrichtung	14	Abb.10.14 Bohrbild.....	69
Abb.4.1 Anschluss Not-Halt-Einrichtung.....	24	Abb.10.15 Befestigung des Arms	71
Abb.4.2 Not-Entriegelung	26	Abb.10.16 Übersicht Verkabelung	74
Abb.4.3 manuelles Wegschieben.....	26	Abb.10.17 X2-Schnittstelle	75
Abb.4.4 Zustände im Normalbetrieb.....	29	Abb.10.18 X3 Schnittstelle.....	75
Abb.6.1 Geräteübersicht	42	Abb.10.19 X6 Schnittstelle.....	76
Abb.6.2 Übersicht Arm	43	Abb.10.20 Anschluss Funktionserde.....	77
Abb.6.3 Pilot	44	Abb.10.21 Anschluss Verbindungskabel am Arm	78
Abb.6.4 Schaltzustände Zustimmtaste	45	Abb.10.22 Anschluss Verbindungskabel an die Steuerung	79
Abb.6.5 Zustimmtaste.....	45	Abb.10.23 Anschluss der Zustimmungeinrichtung .79	
Abb.6.6 Handführ-Modus-Tatse	46	Abb.10.24 Anschluss des Bediengerätes	80
Abb.6.7 Handführ-Modus-Taste	46	Abb.10.25 Anschluss der Schutzeinrichtung (hier Not-Halt-Befehlsgerät)	82
Abb.6.8 Handführ-Taste.....	46	Abb.10.26 Messpunkte ESD-Messungen	85
Abb.6.9 Handführ-Taste.....	47	Abb.10.27 Gestaltung des Arbeitsbereiches	86
Abb.6.10 Anschlüsse am Roboterfuß	47	Abb.10.28 Gelenk-Referenz-Position des Armes	86
Abb.6.11 Endeffektorflansch.....	49	Abb.10.29 Abstand zum Arm Stoßen des Kopfes	87
Abb.6.12 Abmessungen und Anschlüsse der Steuerung.....	49	Abb.10.30 Abstand zum Arm Stoß.....	87
Abb.6.13 Rückseitige Anschlüsse	50	Abb.10.31 Abstand zum Arm Quetschen der Hand	87
Abb.7.1 Lieferumfang Arm.....	51	Abb.10.32 Schutzausrüstung kein Schmuck tragen	88
Abb.7.2 Lieferumfang Steuerung.....	51	Abb.10.33 Hineinheben des Arms	90
Abb.7.3 Lieferumfang Zusatzgeräte.....	51	Abb.10.34 Verpacken des Arms.....	91
Abb.7.4 Lieferumfang Verbindungskabel.....	52	Abb.10.35 Verschließen des Kartons.....	91
Abb.9.1 Positionen zum Anheben	58	Abb.11.1 Einschalten der Steuerung.....	92
Abb.10.1 Übersicht Schnittstellen.....	59	Abb.11.2 Blaue Statusleuchten am Arm.....	93
Abb.10.2 Verpackung.....	60	Abb.11.3 Sprachauswahl Ersteinrichtung	99
Abb.10.3 Auspacken Hauptkarton	61	Abb.11.4 Netzwerk Ersteinrichtung.....	99
Abb.10.4 Entnehmen Einzelkartons.....	61		
Abb.10.5 Innere Kartons	61		
Abb.10.6 Öffnen des Kartons vom Arm.....	62		

Abb.11.5 Franka World Registrierung.....	100	Abb.13.9 Work-Betrieb	138
Abb.11.6 Admin Erstellung	101	Abb.13.10 Hinweis auf Assist Modus	140
Abb.11.7 Endeffektor Einstellungen.....	101	Abb.13.11 Bedingungen zur Bewegungsfreigabe im Assist Modus	140
Abb.11.8 Netzwerkananschluß bei FCI Benutzung	103	Abb.13.12: Login Franka User interface.....	142
Abb.11.9 Netzwerkeinstellungen	104	Abb.13.13: Download User Manual.....	143
Abb. 11.10 Ubuntu - Ethernetkonfiguration...	105	Abb.13.14 Desk.....	143
Abb.11.11 Ubuntu - Setzen der Statischen IP	105	Abb.13.15 Desk Seitenleiste.....	145
Abb.11.12 TUI-Schnittstelle	108	Abb.13.16 Watchman	146
Abb.11.13 Beispiel Ergebnisausgabe aus „echo robot state“	111	Abb.13.17 Menü Einstellungen.....	146
Abb.12.1: Watchman	114	Abb.13.18 App Parametrisierung.....	150
Abb.12.2:Validierte Regeln	116	Abb.13.19 Oberfläche einer App	151
Abb.12.3: Wechsel zu Draft Modus.....	116	Abb.13.20 App Feineinstellung von Posen.....	152
Abb.12.4: Draft Modus.....	117	Abb.13.21 Übersicht Umschaltung Handführ- Modis.....	153
Abb.12.5: Validierungsmarker	117	Abb.13.22 Handführung Darstellung.....	153
Abb.12.6: Safety Setup	118	Abb.13.23 Einstellungen Benutzerdefinierte Handführung.....	153
Abb.12.7: Endeffektor Konfiguration	119	Abb.13.24 Zustimmung zur Handführung	155
Abb.12.8: Sphären Konfiguration	119	Abb.13.25 Test- & Tippbetrieb.....	157
Abb.12.9: Sphärenbeispiel Franka Hand.....	120	Abb.13.26 Schematische Übersicht FCI	158
Abb.12.10 Beispiel Sphärenkonfiguration Franka Hand mit Stab.....	121	Abb.13.27 Meldung "A Joint limit has been violated"	163
Abb.12.11: Regeln bearbeiten.....	121	Abb.13.28 Meldung mit Anzeige des fehlerhaften Gelenks.....	164
Abb.12.12: Struktur einer Regel	122	Abb.13.29 Bestätigung Gelenk ist wieder im Limit	164
Abb.12.13: Konfiguration „Activation Space“.	123	Abb.13.30 Meldung "Joint position error detected"	164
Abb.12.14: Überwachung	124	Abb.13.31 Meldung mit Anzeige der fehlerhaften Gelenke	165
Abb.12.15: Erstellung von Räumen.....	124	Abb.13.32 Wiederherstellung Gelenk verriegelt	165
Abb.12.16: Geschwindigkeit einstellen	125	Abb.13.33 Wiederherstellung Gelenk bereit zum Verfahren.....	166
Abb.12.17: Validierungsstruktur.....	125	Abb.13.34 Bestätigung Position erreicht	166
Abb.12.18: Validieren	126	Abb.13.35 Wiederherstellung Gelenk bestätigt	167
Abb.12.19 Regel validieren.....	126	Abb.13.36 Meldung Schaltfläche nicht gehalten	167
Abb.12.20: Watchman validieren	127	Abb.13.37 Meldung Referenzposition noch nicht erreicht.....	167
Abb.12.21: Sicherheitsbericht.....	128	Abb.13.38 Meldung Bewegungsfehler	167
Abb.13.1 Kontrollanforderung.....	131	Abb.13.39 Bestätigung der Wiederherstellung	168
Abb.13.2 Benutzerverwaltung: Warten auf Bestätigung	131		
Abb.13.3 Benutzer Anfrage	131		
Abb.13.4 Kontrollabgabe erzwingen	132		
Abb.13.5 Übersicht Betriebsmodi	133		
Abb.13.6 Vorgehensweise	134		
Abb.13.7 Assist Bedienung.....	135		
Abb.13.8 Bereichszuordnung.....	138		

Abb.14.1 Verwalten von Apps und Features über Franka World.....	170	Abb.17.16: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 66%..	191
Abb.14.2 Netzwerkanbindung der Steuerung	171	Abb.17.17: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 66% ...	191
Abb.14.3 Verwalten von Updates über Franka World	172	Abb.17.18: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 100%	191
Abb.14.4: Network Settings	174	Abb.17.19: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 100%.	192
Abb.14.5: Task sichern.....	175	Abb.17.20: Weg; Stopp Cat 1; Achse 4 66%..	192
Abb.16.1: Rescue System.....	179	Abb.17.21: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 4 66% ...	192
Abb.16.2: Netzwerk	179	Abb.17.22: Weg; Stopp Cat 1; Achse 4 100%	193
Abb.16.3 Log Download und Factory Reset ...	179	Abb.17.23: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 4 100%.	193
Abb.16.4: Franka World	180	Abb.17.24: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 33%..	194
Abb.16.5: Safety Log.....	180	Abb.17.25: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 33% ...	194
Abb.16.6: Geräte-Detailansicht	181	Abb.17.26: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 66%..	195
Abb.16.7: Sync-Aufforderung	182	Abb.17.27: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 66% ...	195
Abb.16.8: Everything up-to-date.....	182	Abb.17.28: Weg; Stopp Cat 2; Achse 1 100%	195
Abb.16.9: Steuerungsregistrieren.....	183	Abb.17.29: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 1 100%.	196
Abb.17.1: Darstellung Ausladungszustände	185	Abb.17.30: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 33%..	196
Abb.17.2: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 33%.....	186	Abb.17.31: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 33% ...	196
Abb.17.3: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 33%	186	Abb.17.32: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 66%..	197
Abb.17.4: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 66%.....	187	Abb.17.33: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 66% ...	197
Abb.17.5: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 66%	187	Abb.17.34: Weg; Stopp Cat 2; Achse 2 100%	197
Abb.17.6: Weg; Stopp Cat 1; Achse 1 100% ..	187	Abb.17.35: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 2 100%.	198
Abb.17.7: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 1 100%.....	188	Abb.17.36: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 33%..	198
Abb.17.8: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 33%.....	188	Abb.17.37: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 41% ...	198
Abb.17.9: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 33%	188	Abb.17.38: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 66%..	199
Abb.17.10: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 66% ..	189	Abb.17.39: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 66% ...	199
Abb.17.11: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 66%.....	189	Abb.17.40: Weg; Stopp Cat 2; Achse 3 100%	199
Abb.17.12: Weg; Stopp Cat 1; Achse 2 100%	189	Abb.17.41: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 3 100%.	200
Abb.17.13: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 2 100% .	190	Abb.17.42: Weg; Stopp Cat 2; Achse 4 66%..	200
Abb.17.14: Weg; Stopp Cat 1; Achse 3 41% ..	190	Abb.17.43: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 4 66% ...	200
Abb.17.15: Zeit; Stopp Cat 1; Achse 3 41%.....	190	Abb.17.44: Weg; Stopp Cat 2; Achse 4 100%	201
		Abb. 17.45: Zeit; Stopp Cat 2; Achse 4 100%	201

Franka Robotics GmbH
Frei-Otto-Strasse 20
80797 Munich
Germany