

Ausschreibung „Roboter-Arm Franka Mobile FR3 Duo“

Dieses Dokument begründet die Anschaffung des Franka Mobile FR3 Duo, einer mobilen Plattform mit zwei Armen und vertikaler Hubachse, sowie des passenden Zubehörs: TMR-Ladestation, Vision and Manipulation Kit und Franka GELLO Duo. Mit der Plattform sollen Einflüsse von Kommunikationsnetzen auf die Echtzeit-Regelung mobiler Roboter untersucht werden. Der Franka Mobile FR3 Duo ist eine mobile zweiarmige Manipulationsplattform der Franka Robotics GmbH für die Forschung zu Teleoperation, mobiler Manipulation und KI-gestützter Robotik. Zwei Roboterarme Franka Research 3 sitzen auf einer senkrechten Hubachse, der Franka Spine. Die Hubachse steht auf einer omnidirektionalen, akkubetriebenen Fahrplattform, dem Tactile Mobile Robot (TMR). Mechanik, Stromversorgung, Netzwerk und Software der Baugruppen liefert der Hersteller vorintegriert als ein Gesamtsystem. Arme, Fahrplattform und Hubachse werden über dieselbe quelloffene Bibliothek libfranka angesprochen. Ergänzt wird das System durch ein Kamera- und Greiferpaket, eine Ladestation und ein Teleoperationsgerät. Der Hersteller führt das System als Prototyp in der Version 0.2.

Das Projekt XCOM untersucht in dabei kooperierende Roboter und ihre Echtzeit-Steuerung unter variierenden Funkbedingungen und überführt die Ergebnisse in die OpenLabs, wo das XCOM-Lab unter anderem für das Testfeld „Interagierende und vernetzte Humanoide“ steht. Für dieses Testfeld wird eine mobile Plattform mit zwei Armen gebraucht, die als Robot-in-the-Loop-Testbed betrieben wird.

Forschungsgegenstand ist dabei nicht die Manipulation selbst, sondern die Wechselwirkung zwischen Kommunikationsnetz und Regelkreis. Im Arbeitspaket ist festgelegt, dass die harten Echtzeit-Regelschleifen lokal auf dem Roboter bleiben, und nennt als Beispiel Impedanz- und MPC-Regelung bei etwa 1 kHz. Die Ausführung auf dem Gerät ist der Regelfall; untersucht wird, wie sich Planung und Koordination unter engen Budgets, mit Rückfallebenen und abgestuften Betriebsarten ins Netz auslagern lassen. Erprobt werden daneben Betriebsarten mit dem Netz in der Regelschleife: Teleoperation über den Kanal sowie ausgelagerte Planung und Koordination. Zielgrößen sind Regelrate, Ende-zu-Ende-Latenz, Jitter, Paketverlust und Zuverlässigkeit sowie die Zielkonflikte zwischen ihnen. Weil die Regelschleifen selbst Gegenstand der Untersuchung sind, braucht das Testbed Zugang zur Regelungsebene der Arme.

Allgemeine Bestimmungen

Sollte eine Lieferung einzelner Komponenten des Gesamtsystems nicht bis zum 01.12.2026 möglich sein, muss das Gesamtsystem in Rechnung netto bis 01.12.2026 sofort gestellt werden und die ausstehende Lieferung durch eine unbefristete Bankbürgschaft¹ abgesichert werden. Die Kosten der Bankbürgschaft sind einzukalkulieren. Dies dient zum Schutz beider Parteien und stellt sicher, dass alle Verpflichtungen erfüllt werden.

Die Anlieferung hat gem. Incoterms 2010 DDP an die RPTU Kaiserslautern-Landau, Zentrale Warenannahme, Gottlieb-Daimler-Straße 47, 67663 Kaiserslautern zu erfolgen.

Preisobergrenze

Die Preisobergrenze beläuft sich auf 150.000 € inkl. UST.

Technische Anforderungen der Komponenten

Die Beschaffung besteht dabei aus den Positionen:

1) Franka Mobile FR3 Duo:

- a. Tactile Mobile Robot (TMR): Die Fahrplattform bewegt das Gesamtsystem omnidirektional in der Ebene. Sie trägt Akku, Recheneinheit, Netzwerk, Umgebungssensorik und Not-Halt-Kette.
- b. Franka Spine: Die Hubachse verfährt beide Arme gemeinsam senkrecht. Sie verschiebt so die Arbeitshöhe beider Arme um bis zu 827 mm.
- c. FR3 Duo: Zwei Arme Franka Research 3 mit je sieben Gelenken und einem Drehmomentsensor in jedem Gelenk. Ein Montagesatz richtet beide Arme mit überlappendem Arbeitsraum aus.
- d. TMR-Ladestation: Sie lädt die Fahrplattform induktiv im eingeschalteten Zustand. Ein kabelgebundener Anschluss dient zum Laden eines entladenen Akkus.

Die technischen Spezifikationen der jeweiligen Sub-Positionen entnehmen Sie bitte nachfolgender Tabelle:

Merkmal	Herstellerangabe
Gesamtsystem Mobile FR3 Duo	
Freiheitsgrade	18 (2 × 7 Arm, 3 Fahrplattform, 1 Hubachse)
Abmessungen (L × B × H)	800 × 583 × 1461 mm
Gewicht	225 kg
Höchstgeschwindigkeit	1,5 m/s
Sensorik	14 Drehmomentsensoren (Arme), 2 LiDAR, 7 Kameras (mit Kit), 1 IMU

¹ Die Bürgschaftserklärung ist schriftlich mit der ausdrücklichen Bestimmung, dass die Bürgschaft deutschem Recht unterliegt, unter Verzicht auf die Einreden der Aufrechenbarkeit, der Anfechtbarkeit und der Vorausklage abzugeben (§§ 770 und 771 des Bürgerlichen Gesetzbuches); sie darf nicht auf bestimmte Zeit begrenzt und muss nach Vorschrift des Auftraggebers ausgestellt sein. Die Bürgschaft muss unter den Voraussetzungen von § 38 der Zivilprozessordnung die ausdrückliche Vereinbarung eines vom Auftraggeber gewählten inländischen Gerichtsstands für alle Streitigkeiten über die Gültigkeit der Bürgschaftsvereinbarung sowie aus der Vereinbarung selbst enthalten.

Regelrate	1 kHz über Franka Control Interface (FCI)
Fahrplattform Tactile Mobile Robot (a)	
Antrieb	holonom, omnidirektional; Dreipunktaufhängung
Abmessungen, Gewicht	800 × 583 × 370 mm; 130 kg
Nutzlast	125 kg
Akku	4 × Murata LFP Typ B (24 V / 21 Ah); 48 V; 44 Ah gesamt; Laderate bis 2C
Betriebsdauer	ca. 8 h bei 460 W
Laden	induktiv, Wiferion CW1000; kabelgebundener Notladeanschluss
Umgebungssensorik	2 × LiDAR Sick nanoScan3; 4 × Intel RealSense D455 (vorn, hinten, links, rechts); IMU Olive Robotics olixSense X1 Pro
Recheneinheit	NVIDIA Jetson AGX Orin Developer Kit (64 GB); Echtzeitkernel; Ubuntu 22.04
Netzwerk	Switch UniFi Flex 2.5G (8 Ports); Router Teltonika RUTX10; WLAN 2,4 und 5 GHz
Externe Anschlüsse	1 × HDMI; 2 × USB-C; 2 × Ethernet (Switch); 1 × Ethernet (Recheneinheit); Stromausgang 24 V, 5–8 A
Anbauflächen	Lochraster auf vorderer und hinterer Deckplatte
Not-Halt	2 Taster an der Plattform, 1 Funk-Not-Halt FORT; Fahrtrieb Stoppkategorie 0 mit mechanischer Bremse
Softwareschnittstellen	libfranka; Desk API, Spine API, Drive API mit OpenAPI-Spezifikation
Hubachse Franka Spine (b)	
Antrieb	Linearführung mit Kugelgewindetrieb; Steigung 20 mm/U
Hub, Geschwindigkeit	827 mm; max. 0,3 m/s
Nutzlast, Gewicht	50 kg; 45 kg
Abmessungen	300 × 275 × 1111 mm
Not-Halt	Stoppkategorie 0 mit elektromechanischer Haltebremse
Anbauflächen	Lochraster auf Rück- und Deckplatte
Arme FR3 Duo (2 × Franka Research 3) (c)	
Freiheitsgrade	7 je Arm, 14 gesamt
Nutzlast, Reichweite	3 kg je Arm; 855 mm je Arm
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1 mm
Gewicht	45 kg (FR3 Duo)
Drehmomentsensorik	abtriebsseitiger Drehmomentsensor in allen 7 Gelenken
Drehmomentschnittstelle	FCI mit 1 kHz: Gelenkmoment, Gelenkposition und -geschwindigkeit, kartesische Pose und Geschwindigkeit; Messdaten mit 1 kHz
Sicherheitsfunktionen	PL d, Cat 3 nach EN ISO 13849-1 (Zertifizierung laut Hersteller im Verfahren)
Not-Halt	Stoppkategorie 1: geregeltes Stillsetzen, dann Haltebremsen
Software	libfranka (C++, quelloffen); franka_ros2 mit ros2_control; URDF-Modelle; MoveIt 2; Gazebo, MuJoCo, NVIDIA Isaac Sim; MATLAB/Simulink
Montagesatz	290 × 210 × 250 mm; 5 kg; Traglast 50 kg
TMR-Ladestation (d)	
Abmessungen, Gewicht	420 × 390 × 1000 mm; 27 kg
Ladegeräte	induktiv: Wiferion Wallbox mit Ladeplatte; kabelgebunden: HEP-600C

2) Franka Mobile FR3 Duo Vision und Manipulations-Kit:

- a. Zwei Parallelgreifer Robotiq 2F-85, je eine Kamera Intel RealSense D405 am Handgelenk und eine Stereokamera ZED Mini als Kopfkamera. Es liefert die Bild- und Greifdaten für das Lernen aus Demonstrationen.

Die technischen Spezifikationen der jeweiligen Sub-Positionen entnehmen Sie bitte nachfolgender Tabelle:

Merkmal	Herstellerangabe
Vision-and-Manipulation-Kit (a)	
Greifer	2 × Robotiq 2F-85 mit gemeinsamem Netzteil
Hub, Greifkraft	85 mm; 20–235 N einstellbar
Greifer-Nutzlast	5 kg (Formschluss und Reibschluss)
Schließgeschwindigkeit	20–150 mm/s einstellbar
Schnittstelle, Schutzart	Modbus RTU (RS-485); IP40

Handgelenkkameras	2 × Intel RealSense D405 mit Halterung und Verkabelung
Kopfkamera	1 × Stereolabs ZED Mini auf Franka Head Bracket (250 × 82 × 80 mm, ca. 1 kg)

3) Franka GELLO Duo:

- a. Teleoperation und Datenaufnahme: Ein verkleinertes, kinematisch gleiches Abbild beider Arme. Der Bediener führt es von Hand, und die Arme folgen Gelenk für Gelenk; so entstehen Demonstrationsdaten.
- b. Franka Labs: Die quelloffene Software des Herstellers koordiniert Arme, Greifer, Kameras und GELLO in einer Aufnahmekette. Sie speichert Demonstrationen als Datensätze im LeRobot-Format, etwa für das Training von Vision-Language-Action-Modellen (VLA).

Merkmal	Herstellerangabe
Teleoperation und Datenaufnahme	
Aufbau	2 × GELLO-Arm, kinematisch gleich zum FR3 Duo, verkleinert; Tischfuß
Steuerung	2 × Controller OpenRB-150, je über USB an den Rechner
Software	ROS 2; Hardware und Software quelloffen
Franka Labs	
Franka Labs	Datenaufnahme für FR3 Duo, Robotiq 2F-85 und GELLO; Speicherung im MCAP-Format, Export im LeRobot-Format v2.1; quelloffen (Apache 2.0)