

Die Entwicklung von David ist darauf ausgerichtet, den Fähigkeiten des Menschen so nah wie möglich zu kommen – insbesondere im Hinblick auf Dynamik, Geschicklichkeit, Robustheit.

David soll in einer für Menschen gemachten Umgebung, wie zum Beispiel einer Küche, agieren. Dabei wird er Alltagsgegenstände benutzen, wie beispielsweise Tassen, Teller und Besteck.

Hierfür soll er dem menschlichen Vorbild in Größe, Kraft und Beweglichkeit möglichst nahekommen. Seine humanoide Gestalt soll eine intuitive Bedienung und Programmierung ermöglichen.

Alle Gelenke der Finger lassen sich einzeln ansteuern und verleihen dem System dadurch eine außerordentlich hohe Fingerfertigkeit.

Daten und Fakten:	
Größe:	erwachsener Mensch
Geschwindigkeit:	vergleichbar mit der des Menschen
Arbeitsraum:	vergleichbar mit dem des Menschen
Gewicht:	ca. 55 kg
Freiheitsgrade:	44
Antriebe:	83 bürstenlose Gleichstrommotoren
Stromregelfrequenz:	100 kHz
Sensorik:	170 Positionssensoren & 3 Kraftsensoren
Roboterregelungsfrequenz:	3 kHz

## Vision und Ausblick

Ein behutsamer, humanoider Roboter als

- Assistenzsystem, fähig zur Interaktion mit Menschen
- Unterstützung in gefährlichen Situationen
- Helfer bei Wartungsaufgaben

Die Forschung ist darauf ausgerichtet

- Menschen besser zu verstehen
- Roboter in unstrukturierten Umgebungen zu nutzen
- bessere Methoden des Greifens zu entwickeln
- Effizienz zu erhöhen

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer. Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie.

Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

## Impressum

Herausgeber:  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
Institut für Robotik und Mechatronik

Kontakt:  
Sebastian Wolf  
Münchener Str. 20  
82234 Weßling  
Telefon 08153-281060  
E-Mail [sebastian.wolf@dlr.de](mailto:sebastian.wolf@dlr.de)

[rm.dlr.de/david](http://rm.dlr.de/david)

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.



Gefördert durch:  

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

DAVID\_D\_05/2022



# DAVID

Ein robuster humanoider Roboter mit geschickten Manipulationsfähigkeiten

## Humanoider Roboter

Der anthropomorphe Roboter David ist ein Forschungsroboter des DLR, der am Institut für Robotik und Mechatronik entwickelt wird.

David besitzt im Moment zwei Arme, einen Torso, einen Hals und einen Kopf und wird fortlaufend zu einem kompletten, humanoiden Roboter erweitert, damit er in einer für Menschen gemachten Umgebung eingesetzt werden kann. Dazu soll David in Bezug auf Größe, Kraft und Geschicklichkeit so menschlich wie möglich werden.

Das mechatronische Konzept von David basiert auf leistungsstarken und effizienten bürstenlosen Motoren, die mit hoch integrierter Leistungs- und Digitalelektronik im Roboter kombiniert sind. Die Hände sind bei hoher Leistungsfähigkeit schlank und leicht.

David kann menschliche, hochdynamische Bewegungen ausführen.

Dazu haben wir David in allen 44 Freiheitsgraden Variable-Steifigkeits-Aktoren (VSA) mit echten mechanischen Federn eingebaut. Diese Variable-Steifigkeits-Aktoren weisen eine große mechanische Elastizität auf. Diese Elastizität kann, ähnlich wie bei menschlichen Muskelkontraktionen, stufenlos verändert werden.

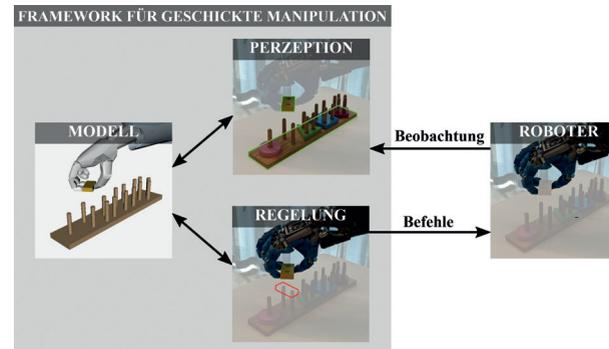
Darüber hinaus fungieren die Federn in den Variable-Steifigkeits-Aktoren als Energiespeicher, die es erlauben sehr schnelle Bewegungen auszuführen. Zusätzlich kann so die Energieeffizienz gesteigert werden.

## Geschickte Manipulation

Unsere menschliche Fähigkeit Objekte mit unseren Händen geschickt zu manipulieren ist ein wesentliches Element unseres täglichen Lebens. Um Robotersysteme nahtlos in unseren Alltag zu integrieren, benötigen sie ähnliche Fähigkeiten.

Um David die derart präzise Manipulation von Objekten zu ermöglichen, entwickeln wir ein Framework, das die präzise Regelung beim Greifen von Objekten mit Roboterhänden ermöglicht.

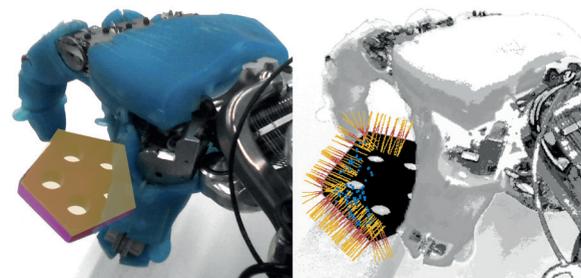
Eine anspruchsvolle Manipulationsaufgabe erfordert Wissen über den Zustand des Greifens. Unsere Methode zur Schätzung des Greifzustands verbindet Informationen aus taktiler Sensorik, Propriozeption und visueller Wahrnehmung. Unter Verwendung des geschätzten Greifzustands realisiert der entwickelte modellbasierte Regler die nachgiebige Positionierung des Objekts in der Hand.



Das Gesamtsystem ist auf Tracking strukturloser Objekte, Robustheit gegenüber verdeckten Objekten und Einhaltung der Echtzeit ausgelegt.

## Wahrnehmung

David verwendet Computer Vision, taktile Sensoren und Propriozeption, um sich selbst und seine Umgebung wahrzunehmen. Er fusioniert all diese Informationen, um kontinuierlich die Lage seines Körpers und relevanter Objekte zu schätzen. So kann David komplexe Manipulationsaufgaben erfüllen und dynamisch auf seine Umgebung reagieren.



## Sicherheit

Da David in einer unstrukturierten und sich dynamisch verändernden Umgebung agieren soll, werden Kollisionen mit Objekten und Hindernissen selbstverständlich vorkommen. Diese beschädigen konventionelle, steife Roboter, aber nicht David. Die Feder zwischen dem Getriebe und dem Abtrieb mildert Drehmomentspitzen/Kraftspitzen am Abtrieb ab. Dies führt zu erhöhter mechanischer Robustheit.

Um sicher mit Menschen interagieren zu können, muss die Kollisionsenergie gepuffert werden. Die hohe Elastizität in Davids Gelenken erfüllt diese Anforderung.

## Manipulationsplanung

Durch die Erweiterung des zweiarmigen Systems mit dem Torso vergrößern wir Davids Reichweite. Wir nutzen Capability Maps für eine grafische Darstellung seiner Fähigkeiten. So können wir vorab garantieren, dass wir alle erforderlichen Punkte in einem festgelegten Bereich mit maximaler Geschicklichkeit erreichen.

Die Bahnplanungsschnittstelle ist während aller Anwendungen aktiv und sorgt für flüssige Bewegungen unter Vermeidung von Selbstkollisionen oder Kollisionen mit der Umgebung. Dafür verwenden wir unseren intern entwickelten, hochmodernen Bewegungsplaner Robot Motion Planning Library (RMPL).

