

Stronger Hand



Requirements:

Global Goals:

Functional Grasping with moderate Dexterity (more than only one mode of open-close)

High Grasping Force: should be able to carry things up to 10 kg

Compact design for the Gripper as a possible endeffector for Roboy

Requirements from the Roboy Project:

Usage of Electromotors for Actuation

Actuation transmission: Tendon-driven

Method: Iterative rapide Prototyping with of the shelf components for saving time and money

3D Printng of the components

Time Constraint: 6 Months



Inspirationen- State of the Art:

Comparison of Robotic Grippers		Examples
anthropomorphic research hands	underactuated	Design of a highly biomimetic anthropomorphic robotic hand towards artifical limb regeneration (Xu und Todorov) CATCH-919 Hand: (Zhang et al) Unipi Hand (Catalano) Pisa IIT/ Soft hand (Catalano) Pisa Soft IIT/ Soft Hand 2 (Santina)
	fully actuated	Awiwi-Hand (Greibenstein) Utah/ MIT Dextrous Hand (Jacobsen) DLR Hand 2 (Butterfass) Shadow Hand
anthropomorphic prosthetic hands	mostly underactuated	Cyberhand (Carrozza)
	full	SPRING Hand (Carrozza) Towards the design of a prosthetic hand (Laliberté)
	fully actuated	Otto Bock myoelectrics hand
industrial grippers	underactuated	SDM Hand (Dollar and Howe) <ul style="list-style-type: none">i-HY Hand (Odhner)modular open source 3D printed underactuated hand (Ma) Barret Hand Grasper (Townsend)

Concepts for Hand Design

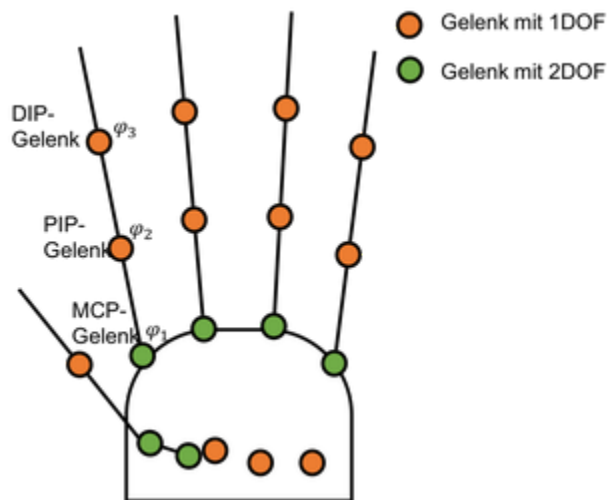
Different possibilitys

actuation unit	location of actuator	Extrinsic: Forearm intrinsic: Self-contained
	actuation mechanism	Pneumatic actuation Electromotors
	Number of Actuators: DOA	high Number: high "Dexterity vs high complexity and bulky design low number: low "dexterity " vs. compact and easy controllable design
number of DOF to number of DOA		DOA<DOF: underactuated: passive joints DOA=DOF: fully actuated: active joints
way of actuation transmission	Joints	mechanical joints anthropomorphic joints elastic couplings
	Actuation transmission	tendon-driven: for fully actuation and underactuation linkage: for underactuation motor-driven: for fully actuation



















From Global Goals to technical Requirements- Modelling of the physical Systems as a basis for the design process and evaluation:

✓ Kinematik-Modellierung:

From complex 21 DOF Modell to.....





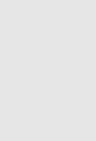
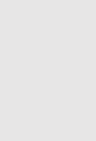




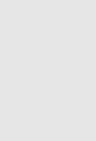
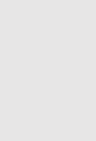




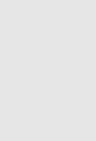
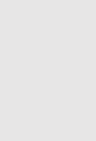


✓ Functional Workspace: Optimized Taxonomy

Zylindrisch (cylindrical)		Kugelförmig (spherical)		Lateral (lateral)	
Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)
					
					
					

• Empirical Dervation of the technical Requirements from the Optimized Taxonomy:

Use Case-Approach:

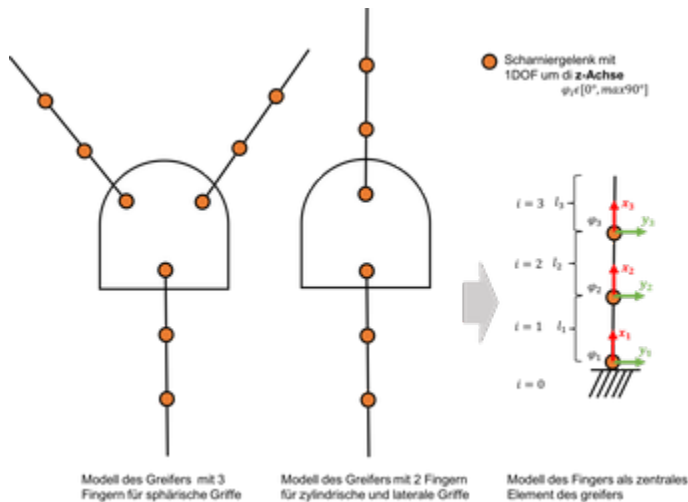
„Use Case“ Greifen von Objekten entsprechend einer reduzierten Greiftaxonomie																			
Goal in the Context : erfolgreiches Greifen eines Gegenstandes																			
Precondition: Greifer in Normalstellung																			
Success End Condition: Gegenstand im Gleichgewicht mit der Hand																			
Primary Actor: Greifer																			
Trigger: Befehl zum Greifen																			
Main Success Scenario																			
Schritt1	<p>Detektion des Gegenstandes und Einordnung in die verschiedenen Greiffälle über Aufgaben-orientierte Greifmodelle wie das von (Detry, Papon& Matthies, 2017):</p> <p>Greifbare Fläche des Objekts ermitteln:</p> <ul style="list-style-type: none">• Approximation der Objektform und Entscheidung für eine zylindrische, kugelförmige oder laterale Greifkonfiguration• Approximation der Objektgröße und des Gewichts und Entscheidung für einen Kraft- oder Präzisionsgriff• Ermittlung der Lage des Objekts relativ zu seiner Umwelt,• Ermittlung des Objektmittelpunkts, Schwerpunkts <p>Wahl eines passenden Greifansatzes:</p> <table><tr><th colspan="2">Zylindrisch (cylindrical)</th><th colspan="2">Kugelförmig (spherical)</th><th colspan="2">Lateral (lateral)</th></tr><tr><td>Präzisionsgriff (Precision Grasp)</td><td>Kraftgriff (Power Grasp)</td><td>Präzisionsgriff (Precision Grasp)</td><td>Kraftgriff (Power Grasp)</td><td>Präzisionsgriff (Precision Grasp)</td><td>Kraftgriff (Power Grasp)</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Zylindrisch (cylindrical)		Kugelförmig (spherical)		Lateral (lateral)		Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)						
Zylindrisch (cylindrical)		Kugelförmig (spherical)		Lateral (lateral)															
Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)	Präzisionsgriff (Precision Grasp)	Kraftgriff (Power Grasp)														
																			
Schritt2	Ausführung der Greifbewegung entsprechend des gewählten Greifansatzes																		
Schritt 2.1	Grobstellung einnehmen-Öffnen der Hand entsprechend des gewählten Greifansatzes: Dieser Vorgang wird bei (Bain, Polites, Higgs, Heptinstall, & McGrath, 2015) durch „Pre-Grasping“ beschrieben, wobei festgehalten wird, dass der Öffnungswinkel der Joints größer ist als im geschlossenen Zustand.																		
Schritt 2.2	Finale Greifposition einnehmen - Schließen der Hand entsprechend des gewählten Greifansatzes:																		
Schritt3	Erkennen der Endposition: Überprüfen/ Feststellung der notwendigen Berührungspunkte und Normalkräfte																		
Schritt4	Bewegen oder Loslassen des Gegenstandes: Hand in Normalstellung bringen																		
Subvariationen																			
Schritt 2.1/ 2.2: Öffnen und Schließen der Hand für den																			
a) zylindrischen Präzisionsgriff																			
b) zylindrischen Kraftgriff																			
b) kugelförmigen Präzisionsgriff																			
b) kugelförmigen Kraftgriff																			
b) lateralen Präzisionsgriff																			
b) lateralen Kraftgriff																			

	Schritt 2.2: Finale Greifposition einnehmen -Schließen der Hand für den						
	a) zylindrischen Präzisionsgriff Beteiligte Finger: Zeigefinger + Daumen	b) zylindrischen Kraftgriff Beteiligte Finger: alle Finger + Daumen	b) kugelförmigen Präzisionsgriff Zeigefinger, Mittelfinger + Daumen	b) kugelförmigen Kraftgriff Beteiligte Finger: alle Finger + Daumen	b) lateralen Präzisionsgriff Beteiligte Finger: Zeigefinger+ Daumen	b) lateralen Kraftgriff Beteiligte Finger: alle Finger + Daumen	Normalstellung der Hand Beteiligte Finger: alle Finger
Finale Greifposition							
Positionierung der Finger und des Daumens zueinander auf der Handfläche:							
Konfiguration der Finger und des Daumens selbst:	Gleichmäßige Flexion aller Finger- und Daumengelenke $\varphi_{i,end}$, sodass die Finger- oder Daumenkuppe des Endphalans als Normale die Oberfläche des Objekts berührt $\varphi_{i,end}$ kann je nach Objektform für jedes Gelenk variieren	Gleichmäßige Flexion aller Finger- und Daumengelenke $\varphi_{i,end}$ entsprechend der Objektform, $\varphi_{i,end}$ kann je nach Objektform leicht variieren	Gleichmäßige Flexion aller Finger- und Daumengelenke $\varphi_{i,end}$, sodass die Fingerkuppe des Endphalans als Normale die Oberfläche des Objekts berührt, $\varphi_{i,end}$ kann je nach Objektform für jedes Gelenk variieren	Gleichmäßige Flexion aller Finger- und Daumengelenke $\varphi_{i,end}$ entsprechend der Objektform, $\varphi_{i,end}$ kann je nach Objektform für jedes Gelenk leicht variieren	Flexion des eines Gelenks $\varphi_{i,end}$ bis zur entsprechend der Größe des Objekts	Flexion genau eines oder zweier Finger- und Daumengelenks $\varphi_{i,end}$ je nach Größe des Objekts, genau so dass Finger und Daumen gerade am Objekt anliegt.	Alle Gelenke gestreckt. Minimalkoordinaten $\varphi_{i,end} = 0$
Schließvorgang: Anforderungen an die Kinematik							
Bewegung der Finger und des Daumens auf der Handfläche	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, nur 1 Finger in Opposition zum Daumen notwendig, keine Bewegung in der Ebene der Handfläche notwendig	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, Fingerorientierung zueinander dabei entweder parallel, oder nur 1 Finger in Opposition zum Daumen, keine Bewegung in der Ebene der Handfläche notwendig	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, nur 2 Finger in Opposition zum Daumen notwendig, Drehung der Finger in der Ebene der Handfläche hin zu einer kreisförmigen Anordnung notwendig	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, praktisch nur 2 Finger in Opposition zum Daumen notwendig, Drehung der Finger in der Ebene der Handfläche hin zu einer kreisförmigen Anordnung notwendig	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, nur 1 Finger in Opposition zum Daumen notwendig, keine Bewegung in der Ebene der Handfläche notwendig	Finger in Oppositionsstellung zum Daumen, Fingerorientierung zueinander dabei entweder parallel, oder nur 1 Finger in Opposition zum Daumen, keine Bewegung in der Ebene der Handfläche notwendig	Position des Daumen auf der Handfläche ausgehend von jedem Greiffall unverändert, eventuell Drehung der Finger in Oppositionsstellung zum Daumen
Bewegung der Finger- und Daumengelenke	radiale Drehbewegung aller Finger und Daumen Phalangen um die Gelenke (MCP, DIP, PIP) ausgehend von der Winkelposition bis zum Berühren des Objekts mit der Normale der Fingerkuppe. Differenziertes Schließverhalten der Gelenke notwendig: häufigste Reihenfolge des Schließens, DIP- Gelenk, PIP-Gelenk, MCP-Gelenk, wobei das DIP und das PIP Gelenk beim Schließen des MCP-Gelenks eventuell nachjustiert also leicht geöffnet werden muss	radiale Drehbewegung aller Finger und Daumen Phalangen um die Gelenke (MCP, DIP, PIP) ausgehend von der initialen Winkelposition bis zur vollständigen Umschließung des Körpers, Reihenfolge des Schließens, PIP- Gelenk, MCP- Gelenk, DIP-Gelenk	radiale Drehbewegung aller Finger und Daumen Phalangen um die Gelenke (MCP, DIP, PIP) ausgehend von der initialen Winkelposition bis zum Berühren des Objekts mit der Normale der Fingerkuppe. Differenziertes Schließverhalten der Gelenke notwendig: häufigste Reihenfolge des Schließens, DIP- Gelenk, PIP-Gelenk, MCP-Gelenk, wobei das DIP und das PIP Gelenk beim Schließen des MCP-Gelenks eventuell nachjustiert also leicht geöffnet werden muss	radiale Drehbewegung aller Finger und Daumen Phalangen um die Gelenke (MCP, DIP, PIP) ausgehend von der initialen Winkelposition bis zur vollständigen Umschließung des Körpers, Reihenfolge des Schließens, PIP- Gelenk, MCP-Gelenk, DIP-Gelenk	Unabhängige radiale Drehbewegung eines Finger- und Daumen Gelenks vom Rest der Gelenke von hin zu $\varphi_{i,end}$	Unabhängige radiale Drehbewegung des jeweiligen zu Schließenden Daumen- und Fingergelenks, während die anderen Gelenke in ihrer Ausgangsposition $\varphi_i = 0$ bleiben. Schließreihenfolge, dabei eventuell durch jeweiliges abwechselndes Öffnen und Schließen der Gelenke, um den Griff an die Größe des Objekts anzupassen.	radiale Drehbewegung aller Finger sowie Daumen Phalangen um die Gelenke (MCP, DIP, PIP) ausgehend von der jeweiligen Winkelposition φ_i bis die Minimalkoordinaten für jedes Gelenk $\varphi_i = 0$ beträgt

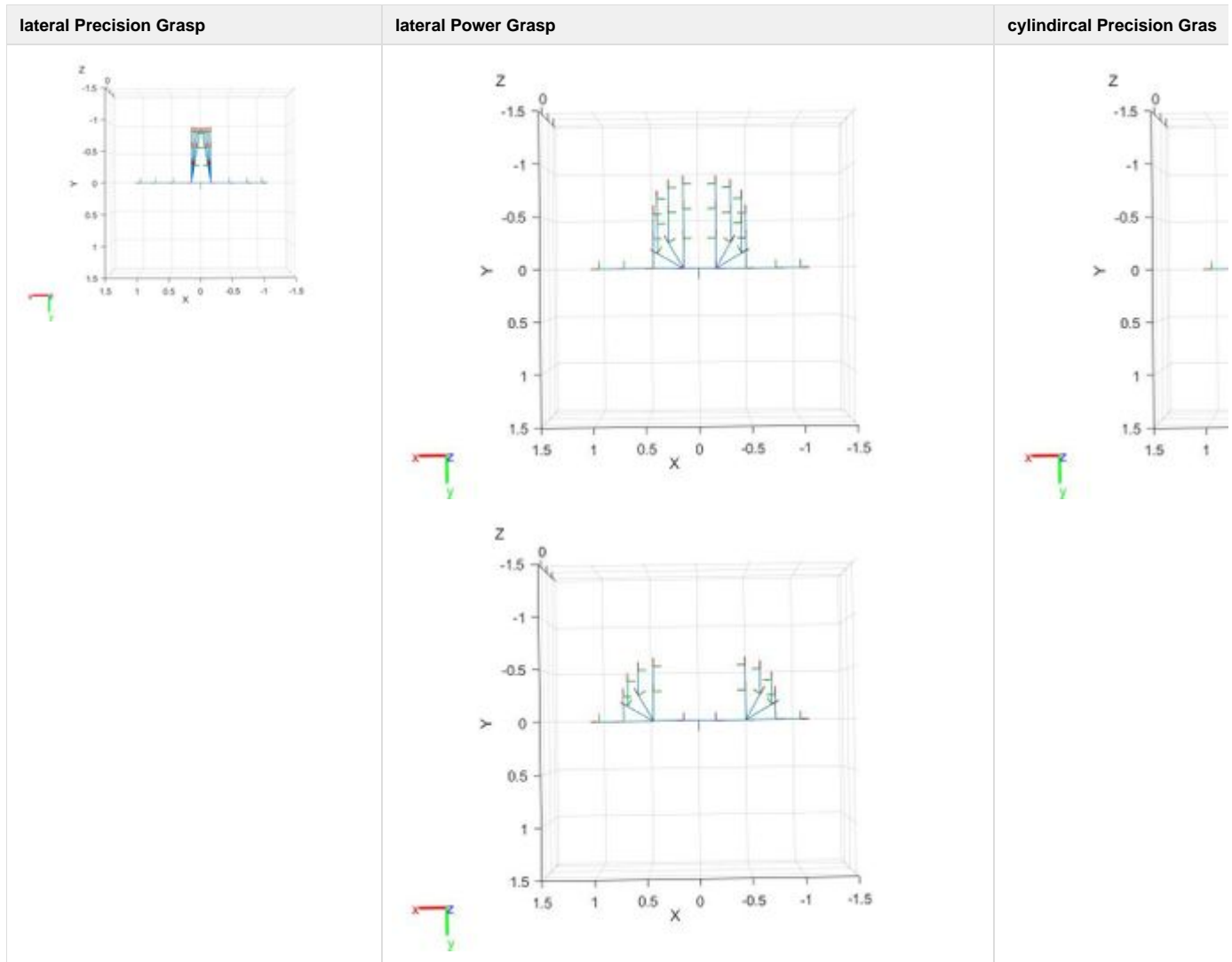
Technical Requirements for the kinematic model:

Basic Setup	ROM, Joint Types	Actuation, "Dexterity"
3 Finger	0° to 90° but can also be smaller	active Joints for Precision Grasps
Thumb as a Finger: Finger as the main element	3 DOF per Finger (also for thumb=Finger), revolute Joints	high Precision for the movement for the Precision Graps
2 Phalanges per Finger	Adduktion and Abduktion od Fingers with modular numbers of fingers (2/3)	no special dexterity needed for Power Grasps

...Kinematik Modell:

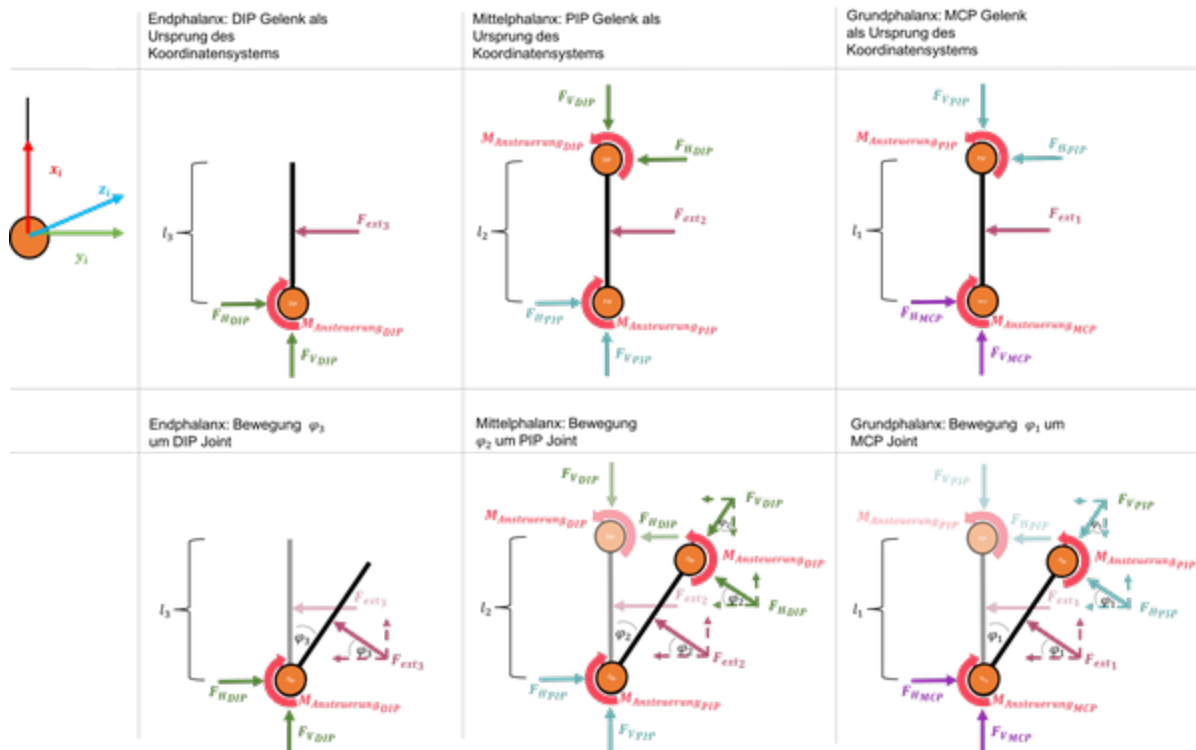


movement for all the Taxonomy Cases:



☒ **Dynamik-Modellierung:**

Dynamical Modell of applying external Forces:



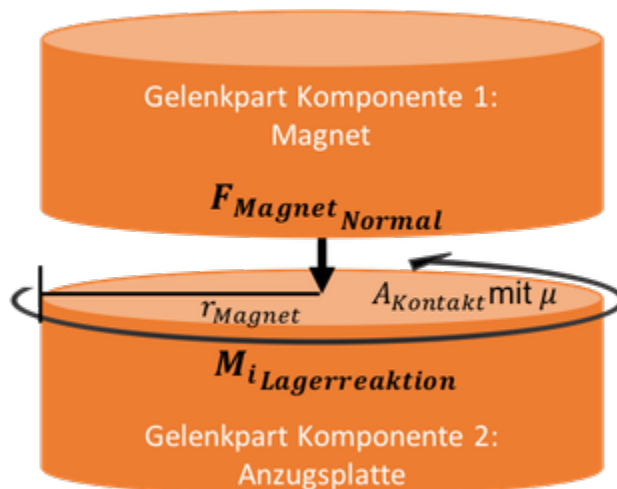
Technical Requirements from the dynamic model:

- high lever arm
- high Tendon Force Strong Motors
- Minimum Moments for Extension of the Finger
- (Worst Case Approach Fingertip-Force: 100N: [Calculation maximum applying forces final.xlsx](#))



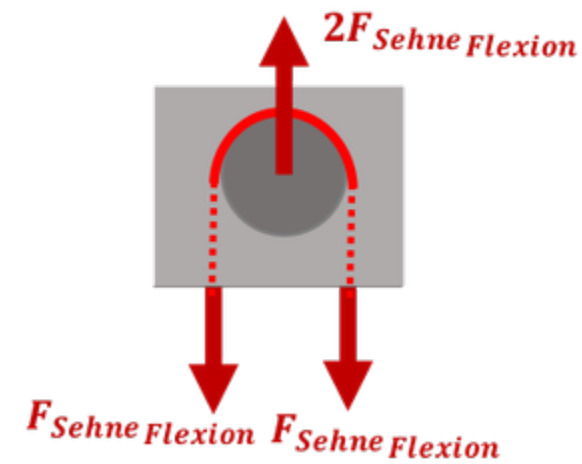
Design-Konzept:

Fully Actuation with Electromagnets for Joint Locking: Decoupling of DOA from number of DOF high Dexterity with low number of actuators

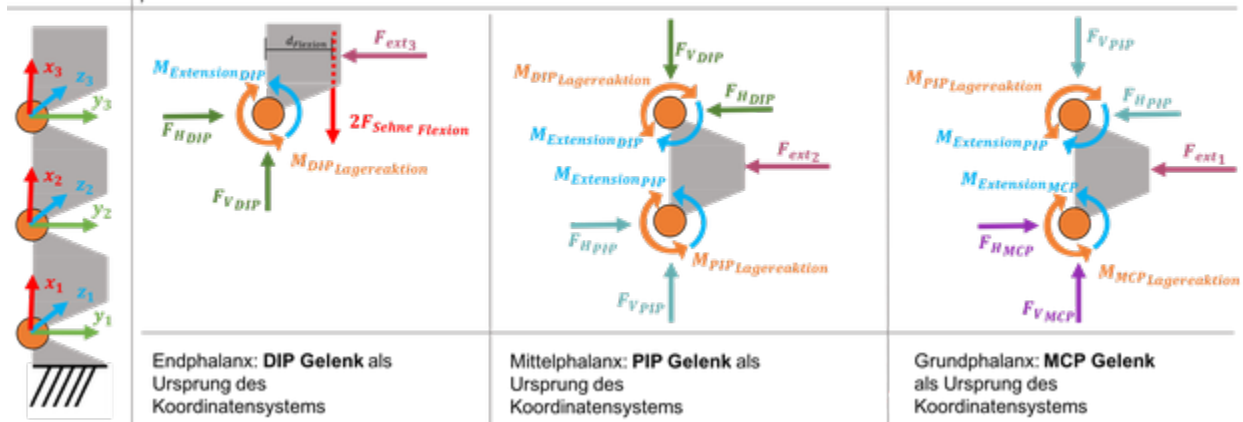


- +high force: only one or two motors bigger stronger motors
- +high dexterity: high number of active joints with small numbers of DOA
- +low weight, small size for the gripper as an endeffector

Mathematical Modell: More Components Systems with Forces and Moments acting on it:

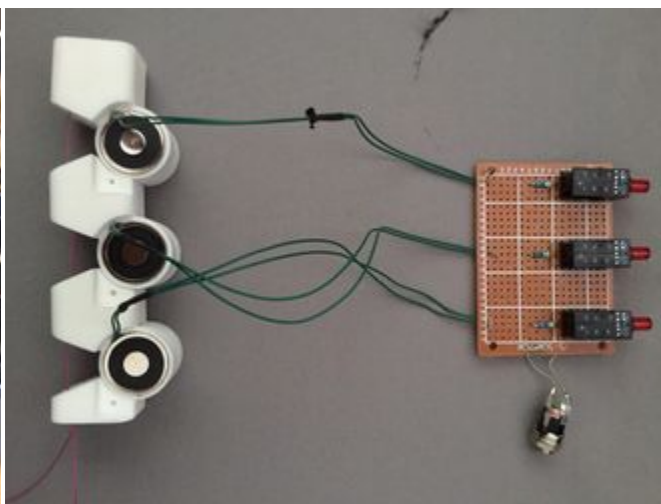


System unter externer
Belastung: $F_{ext1}, F_{ext2}, F_{ext3}$



Prototyping-Prozess:

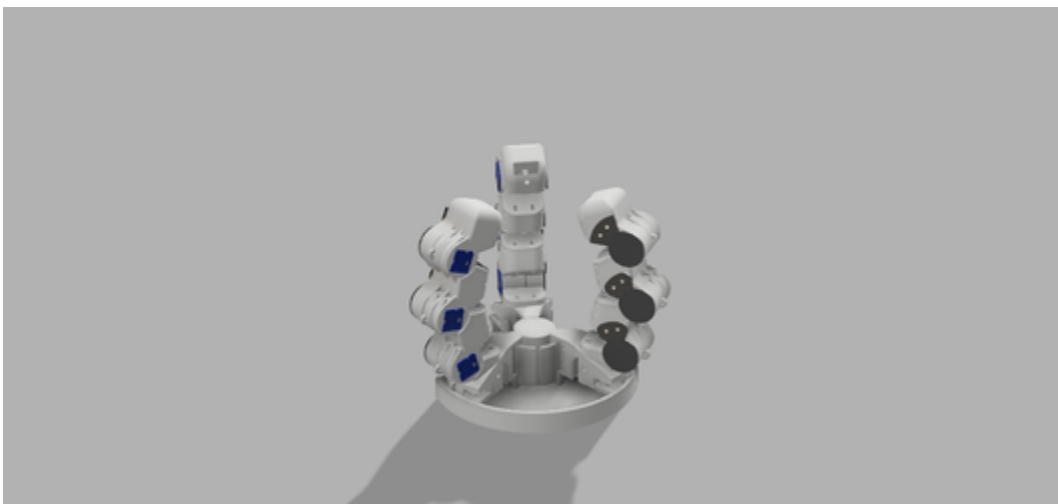
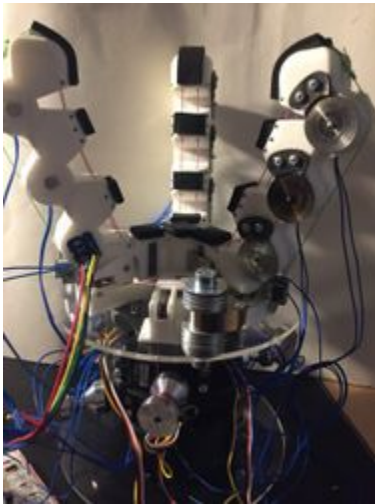
- ☒ 1st Prototype: Finger Design for Testing the Concept



- CAD Path: Master Student Projects 18-18SS Stronger Hand 1_Prototyp 1
- [Prototyp 1-Dokumentation.docx](#)



2nd Prototype: Imprvement of Finger Design and development of Gripper Design:



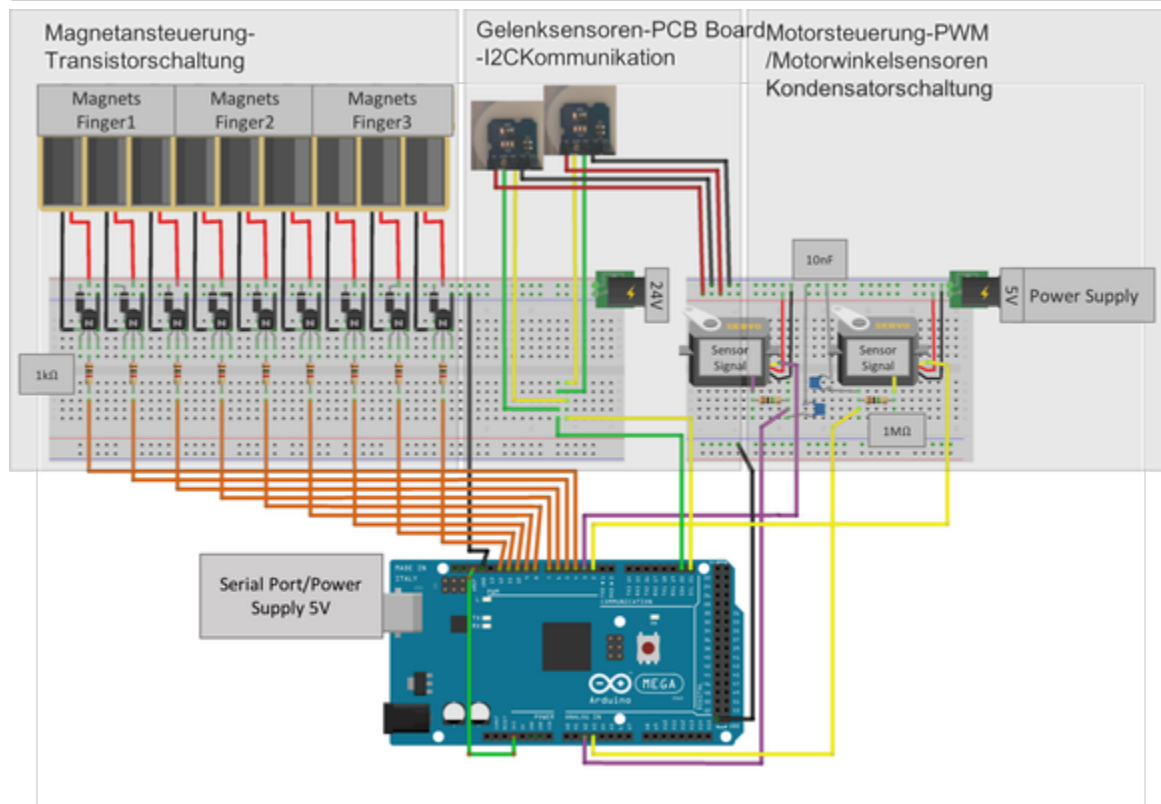
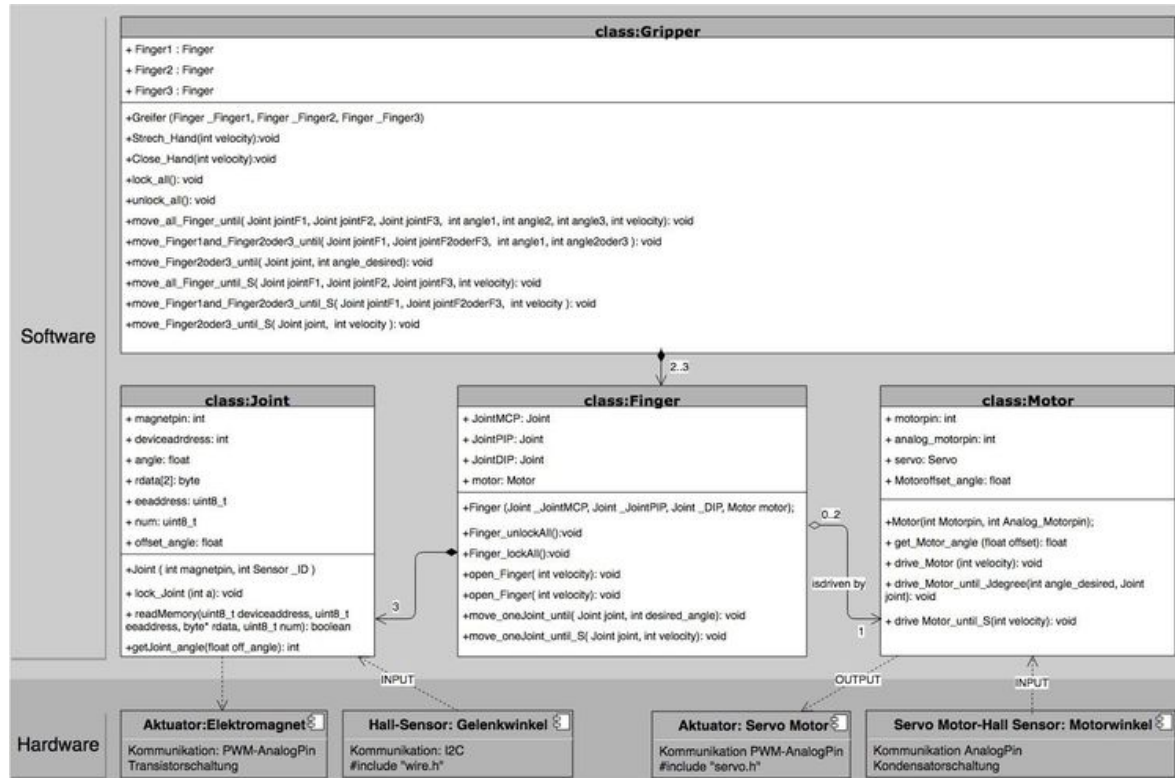
- CAD Path: Master Student Projects 18-18SS Stronger Hand 2_Prototyp 2 Finger Mit Platte
- [Zweiter Prototyp.docx](#)

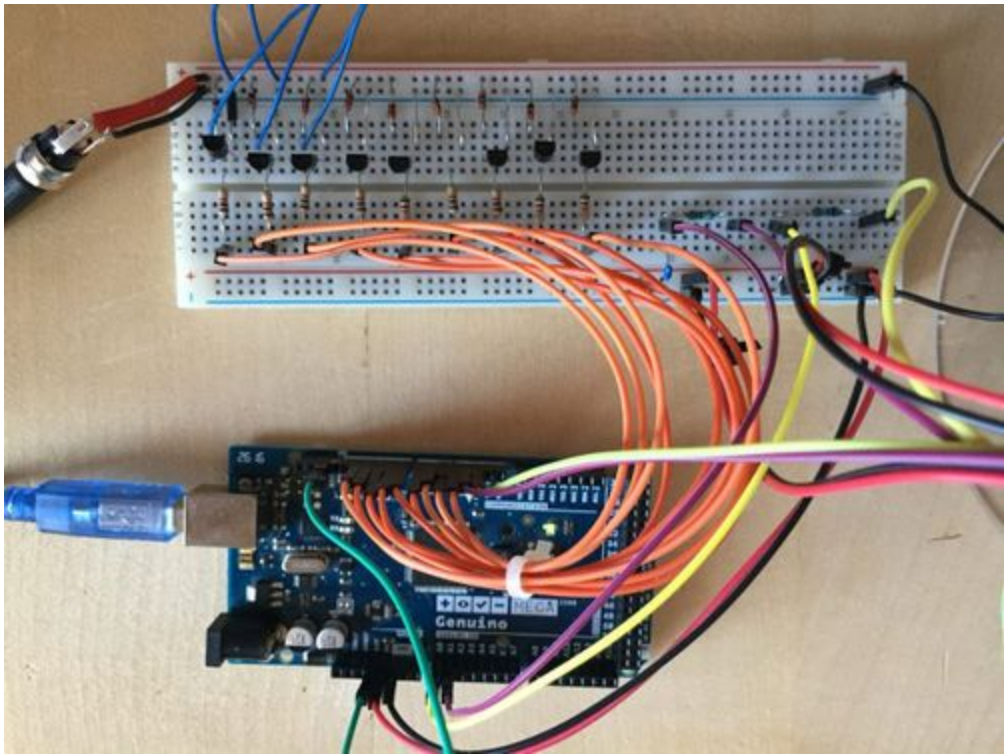


Test Bench for Evaluation of the 2nd Prototype : Software, Electronics and Mechanical Hardware Design for Actuating the Gripper and getting Data from it

- CAD Path: Master Student Projects 18-18SS Stronger Hand Test Bench
- Git repository: Stronger Hand

Test Bench_Evaluierung des Greifers.docx



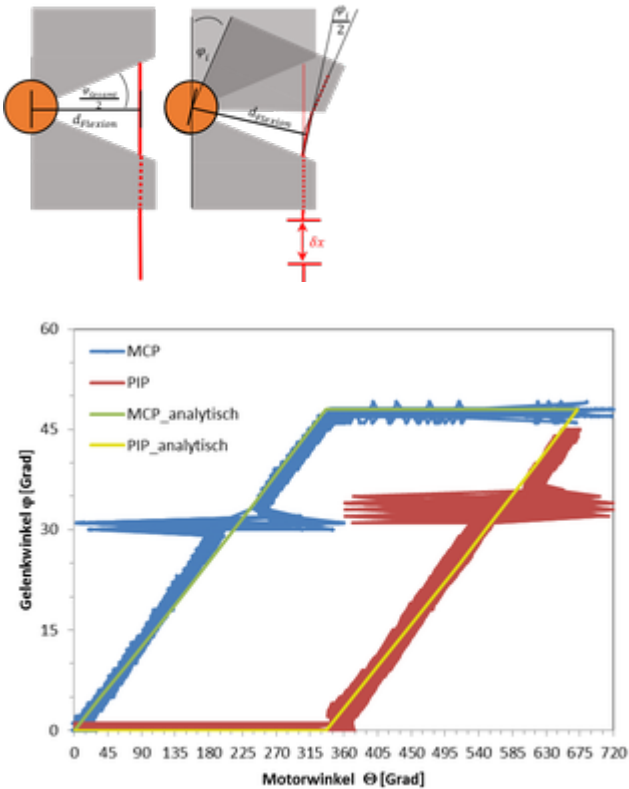


BOM-Maintenance_Final Version 08.10.2018.xlsx

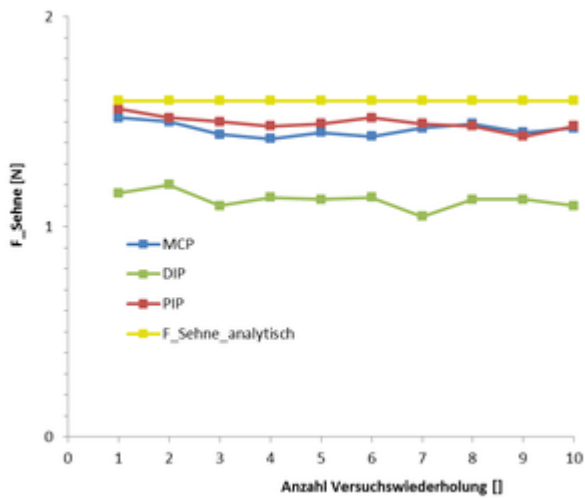
☒ Final Evaluation

Verfiacation	Validation Finger	Validation Gripper
--------------	----------------------	--------------------

Precision of Movement Transmission:



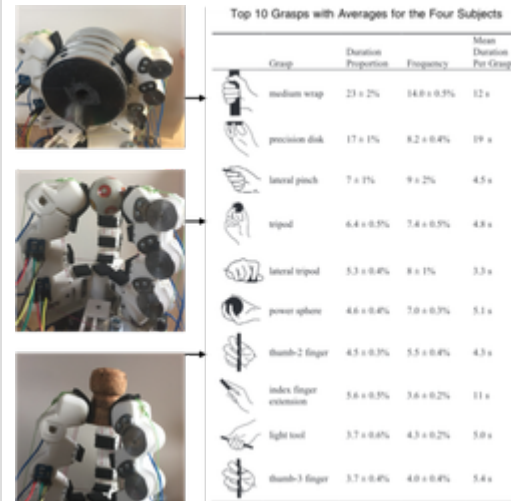
Precision of Force Transmission



Validation of the kinematics against the Taxonomy

Validation of the Grasping Performance (Kinematics)

1. Against Taxonomy
2. Against Taxonomy from (Bullock)



1. Against a Set of Objects from the FFP Index for

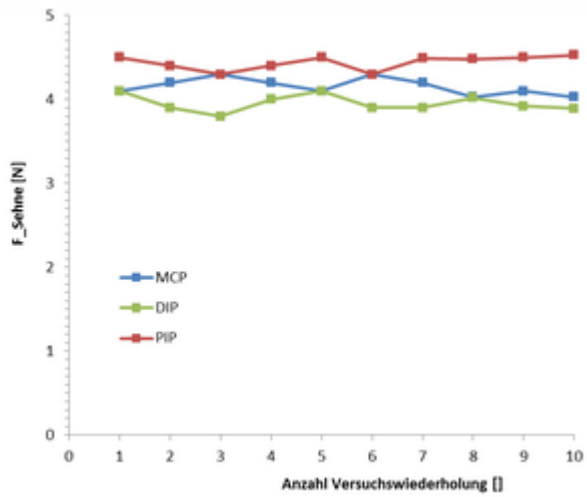
Validation of the Fingertip Force against the Dynamic Modell

Validation of the Maximun Force of the Gripper (Kine

1. Cylindrical Power Grasp 7kg
2. Spherical Power Graps 6kg

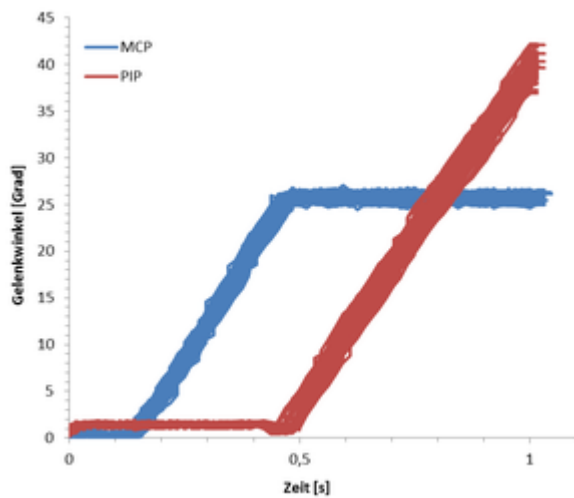
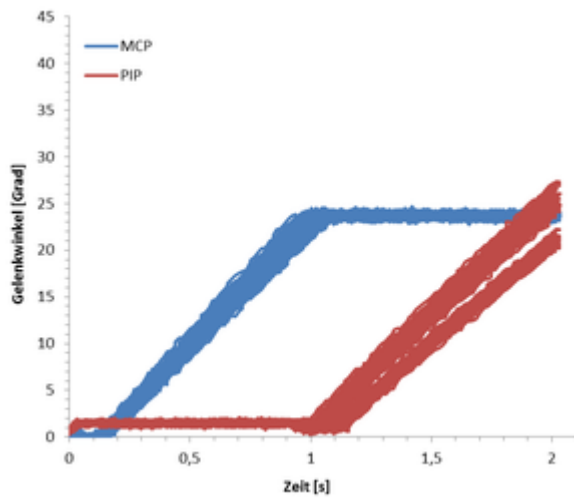
Electromagnets Mechanism-

Maximum Moment which can be applied on the System for keeping the Joint lockes



Electromagnets Mechanism-

Joint Position Precision for fast Switching of active Joints



Robustness		
------------	--	--

Manual- How to use the Gripper



Manual for Gripper Control.docx