IOCON

Interface 1 | IG2 | WiSe 25/26
Prof. Michael Schuster

Tobias Wallisch
Annika Feist
Magalí Wihelm Miret

INHALT

01 Einleitung

02 Ausgangslage

03 Use Case

04 Prozess

05 User-Tests

06 Finaler Prototyp

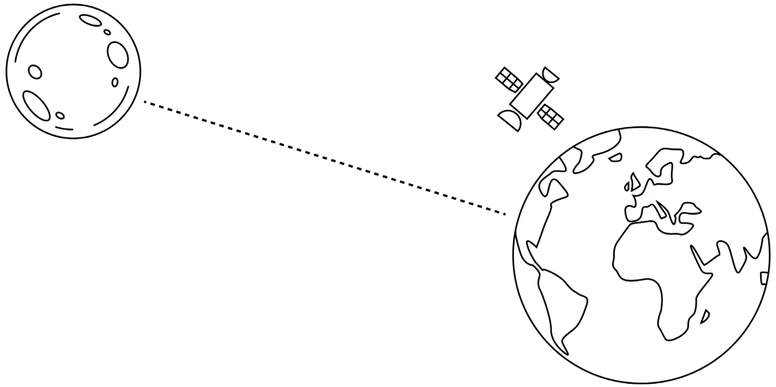
07 Design

08 Fazit

01

EINLEITUNG

Das Projekt IOCON untersucht, wie komplexe Robotiksteuerung über große Distanzen intuitiv möglich wird.



384.400 Kilometer. Das ist die Distanz, über die wir bei unserem Projekt kommunizieren, forschen und agieren.

Das ist auch die Distanz zwischen einer sicheren Bodenstation und einer fremden Umgebung. Im Rahmen des Kurses Interface 1 haben wir uns mit der Frage beschäftigt, wie sich die Funktionen eines Greifarmroboters auf einen physischen Controller übertragen lassen.

Ziel war es, eine möglichst intuitive und nachvollziehbare Steuerung zu entwickeln. Das Ergebnis dieses Prozesses ist **IOCON**, ein Controller, der speziell für die Oberflächenerkundung und die Sammlung von Gesteinsproben auf dem Mond konzipiert wurde.

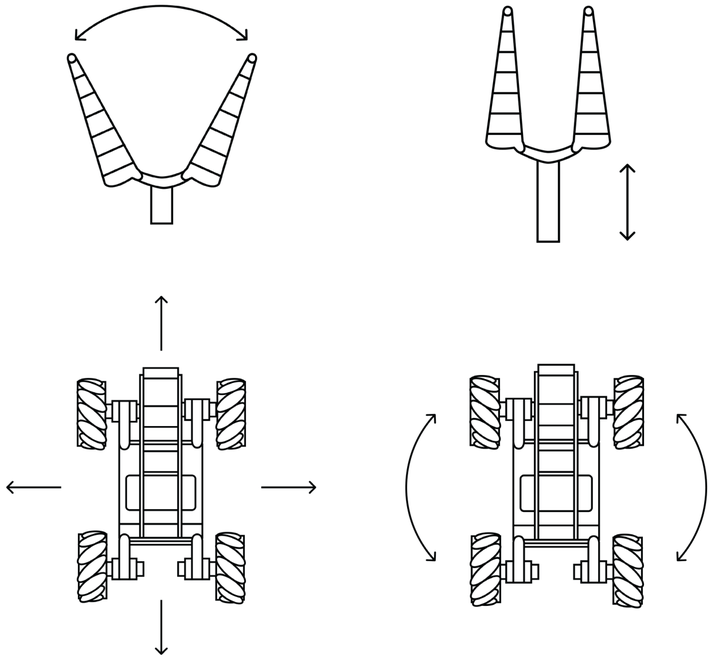
02

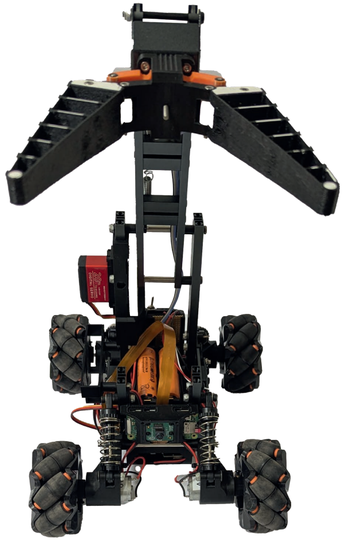
AUSGANGS-LAGE

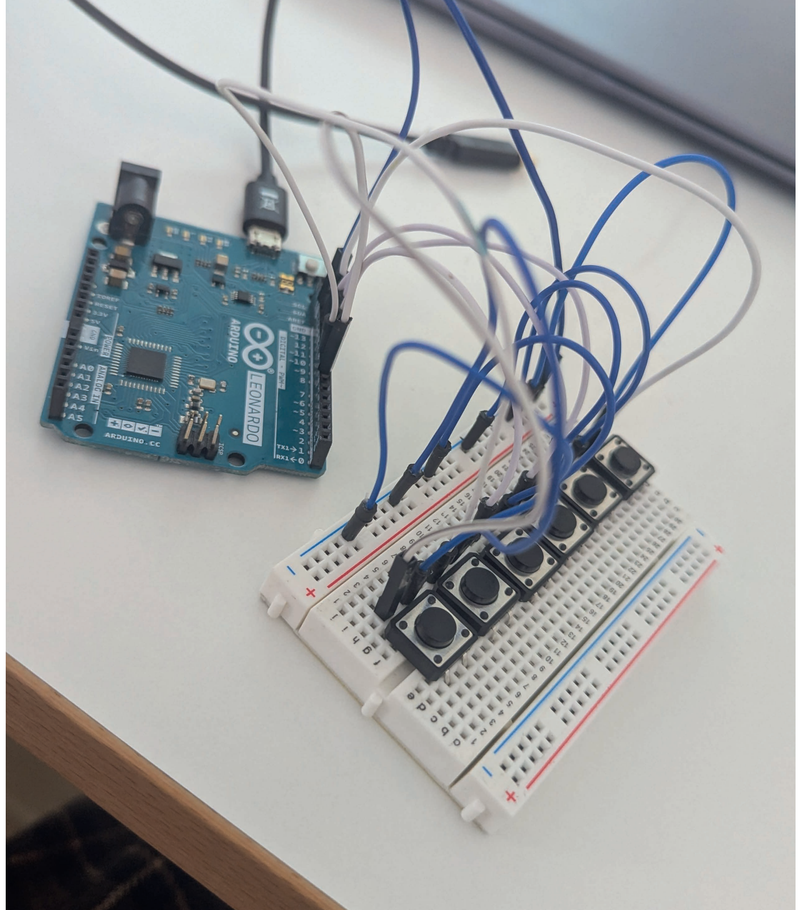
Wie lassen sich komplexe Roboterbewegungen so bündeln, dass sie mit einem einzigen Interface präzise und kontrollierbar bleiben?

Die zentrale Herausforderung bestand in der Konzeption eines interaktiven Prototyps, der verschiedene Bewegungsabläufe abbilden kann. Dabei musste das System zwei Hauptbereiche abdecken.

- **Die Fortbewegung des Roboters**: Steuerung von Links–Rechts-, Vor–Zurück-Bewegungen, einschließlich des sogenannten Crab Walk (Omnidirektionale Bewegung).
- **Die Steuerung des Greifarms**: insbesondere dessen Öffnen und Schließen sowie die vertikale Bewegung.







Zu Beginn des Projekts nutzten wir die ersten Unterrichtsstunden, um uns ein grundlegendes Verständnis für die Steuerung des Roboters anzueignen und die Funktionen der einzelnen Komponenten kennenzulernen.

Mithilfe einfacher Schaltungen aus Arduino-Boards und Buttons experimentierten wir einzelne Funktionen und Bewegungen, um ein Gefühl für mögliche Steuerungsansätze zu entwickeln.

03

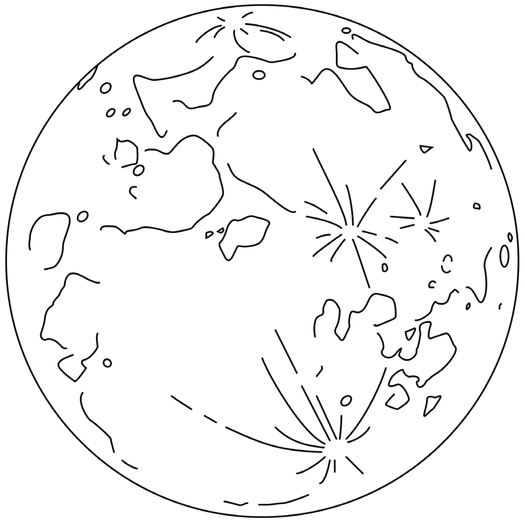
USE CASE

Die Gestaltung des Interfaces begann dort, wo Theorie auf reale Einsatzbedingungen trifft.

Um die Aufgabenstellung weiter zu konkretisieren, orientierten wir uns an einem klar definierten Use Case.

Im Kurs Usability legten wir den Fokus auf die Erkundung der Mondoberfläche sowie die ferngesteuerte Sicherung von Gesteinsproben aus einem Kontrollzentrum auf der Erde.

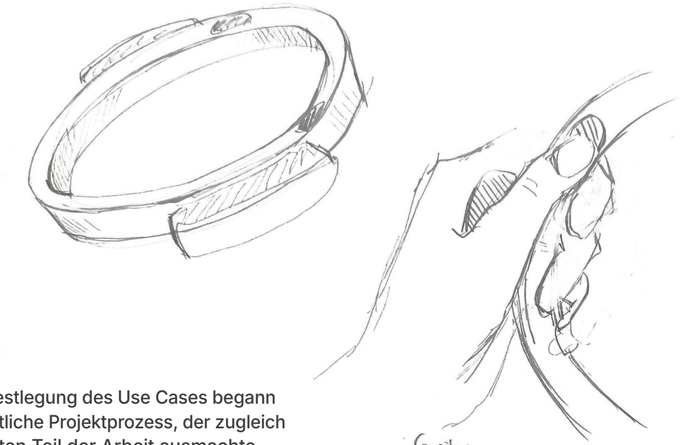
Konkret entwickelten wir einen Controller für die European Space Agency (ESA). Die Zielgruppe unseres Projekts sind dementsprechend Fachkräfte auf der Erde, insbesondere ESA-Missionsoperator:innen.



04

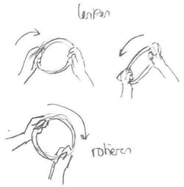
PROZESS

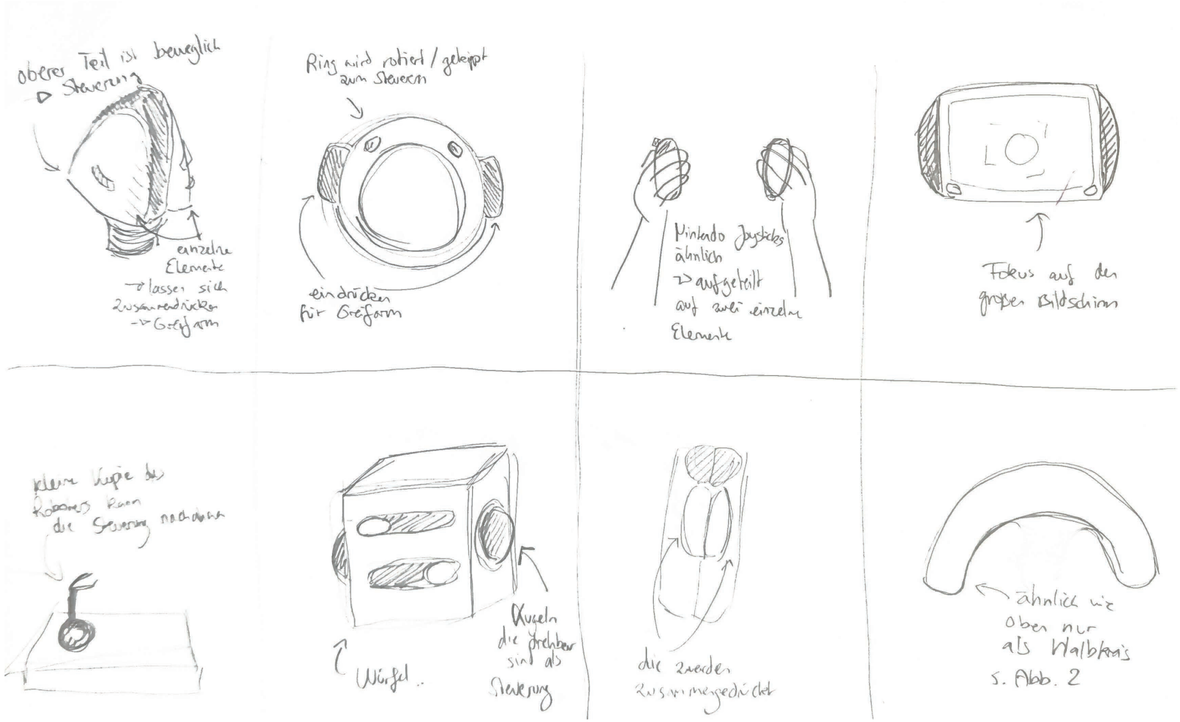
Zwischen Experiment, Verwerfen und Verfeinern nahm der Controller langsam Form an.



Mit der Festlegung des Use Cases begann der eigentliche Projektprozess, der zugleich den größten Teil der Arbeit ausmachte. Wie bei vielen Designprozessen starteten wir mit mehreren **Crazy-8-Sessions**, in denen zahlreiche unterschiedliche und teils experimentelle Ideen entstanden.

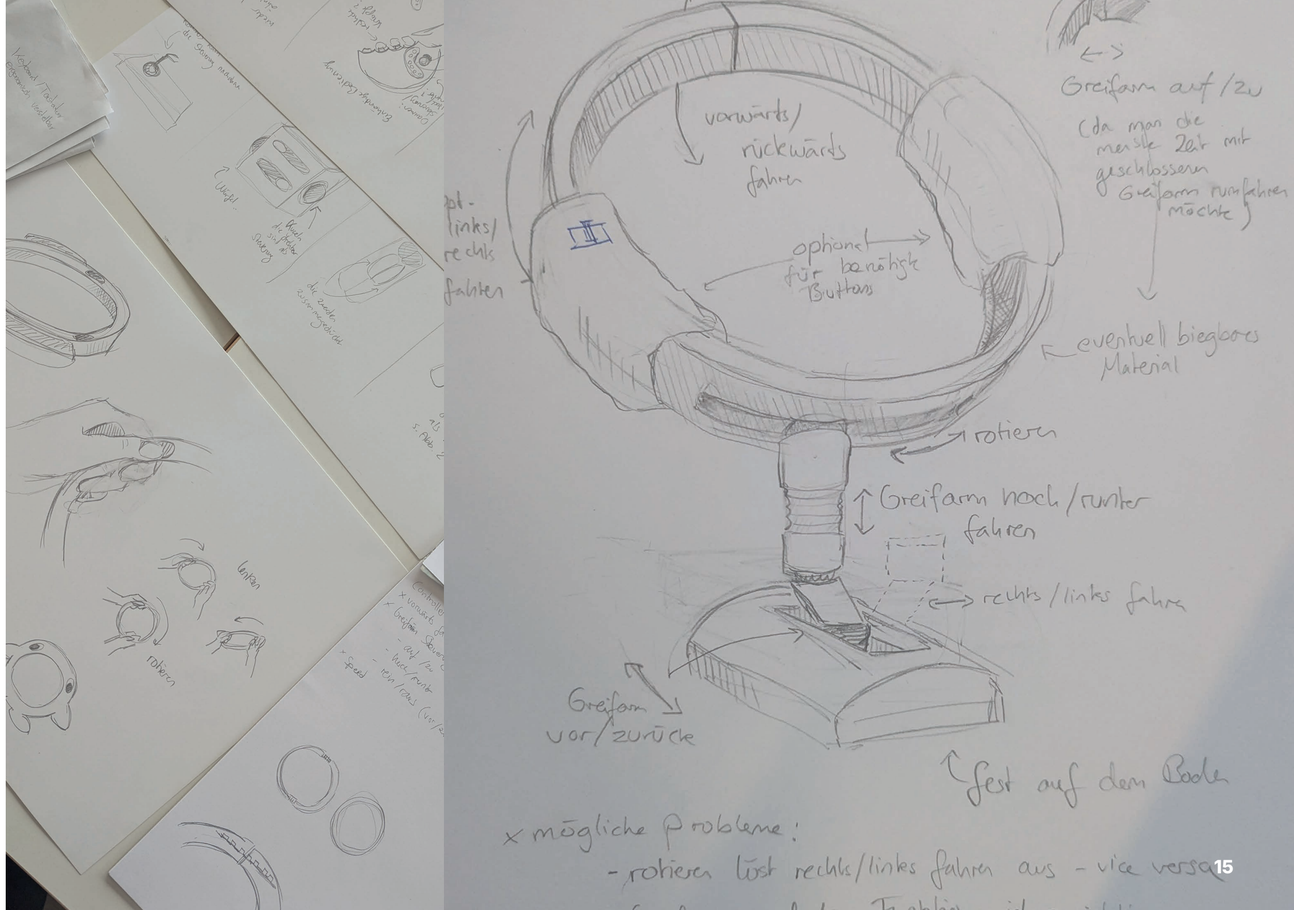
Es wurden **viele verschiedene** alternative Steuerungskonzepte **evaluiert**, wobei sich die Nutzung eines ringförmigen Elements als besonders effektiv erwies. Die Stärke dieses Entwurfs liegt in seiner Einfachheit. Die technische Besonderheit ist eine Aussparung an der Oberseite sowie Gelenke in der unteren Hälfte, die ein Öffnen und Schließen des Reifens ermöglichen.





Dieses Konzept verfolgten wir weiter und erweiterten es schrittweise um zusätzliche Funktionen, während andere Ideen erneut aufgegriffen und weiterentwickelt wurden. Ein zentrales Anliegen war es dabei, möglichst auf **klassische Buttons zu verzichten** und stattdessen eine Steuerung zu entwickeln, die auf größeren, klar nachvollziehbaren Körperbewegungen basiert. **Ziel war eine intuitive Interaktion**, bei der jederzeit erkennbar ist, welche Bewegung der Roboter aktuell ausführt oder gerade ausgeführt hat. **Dies war insbesondere im Hinblick auf mögliche Latenzen bei der Fernsteuerung von großer Bedeutung**.

Parallel dazu ließen wir uns von bereits existierenden Controllern und technischen Geräten inspirieren. Diese Referenzen dienten sowohl der Entwicklung des Funktionsprototyps als auch des späteren Designprototyps. Einzelne Elemente und Formensprachen lassen sich im finalen Ergebnis wiedererkennen.

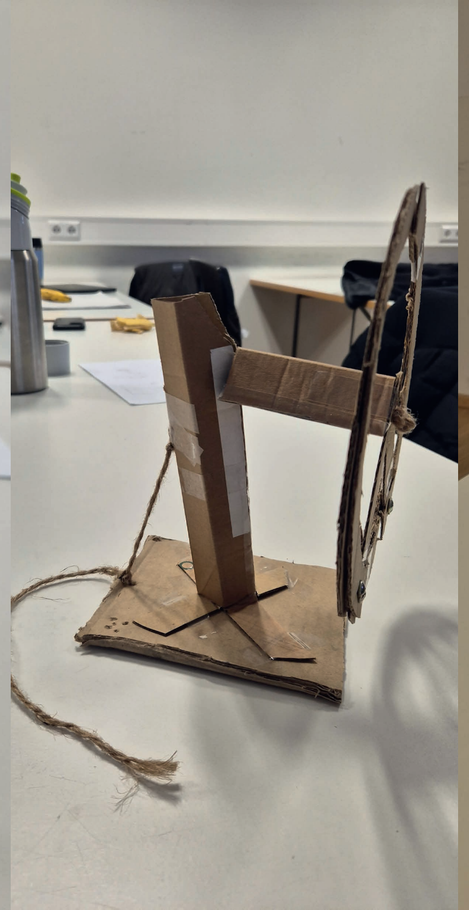


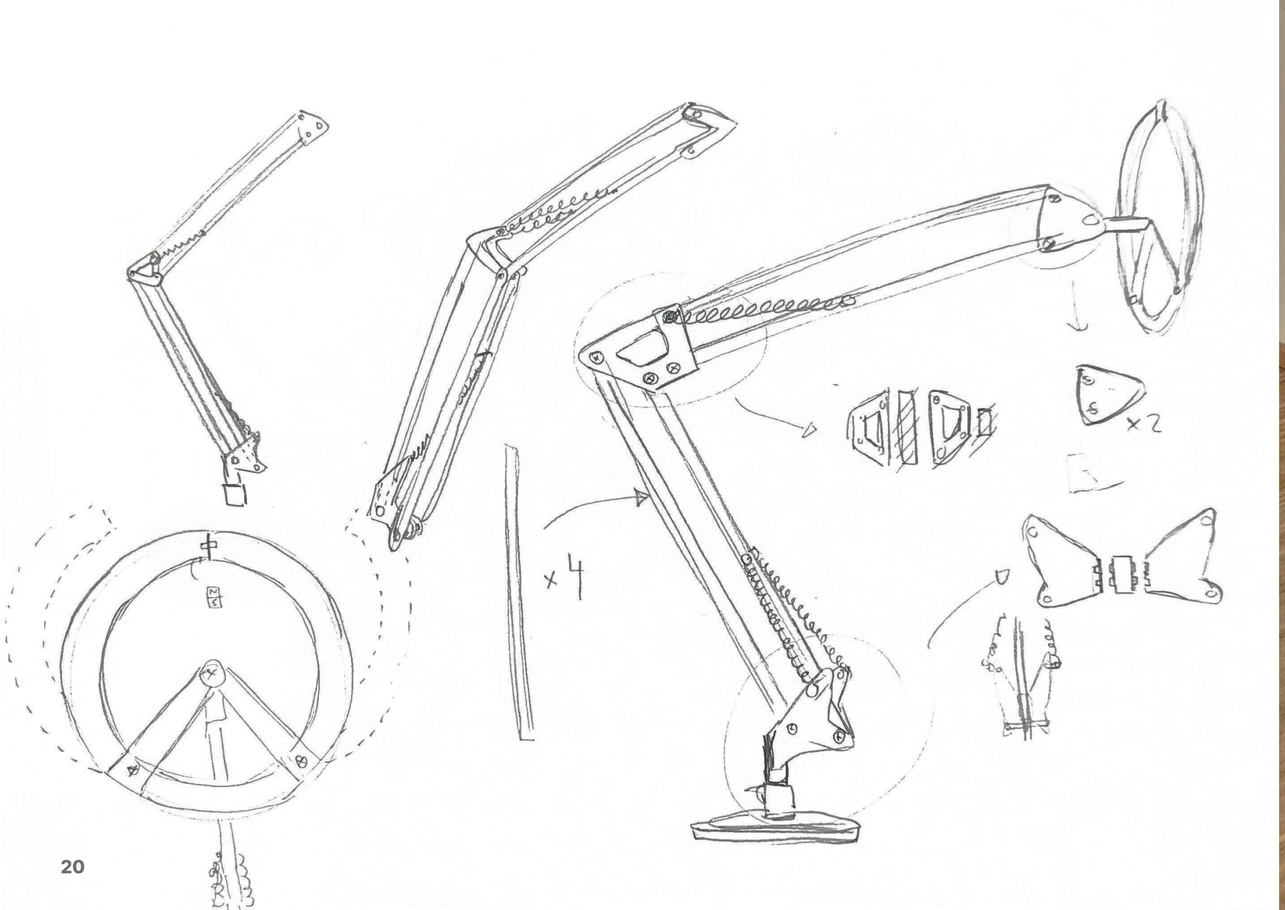
Besonders sprachen uns dabei die Steuerungen von Helikoptern und Flugzeugen und der Aufbau von Racing Simulatoren an.

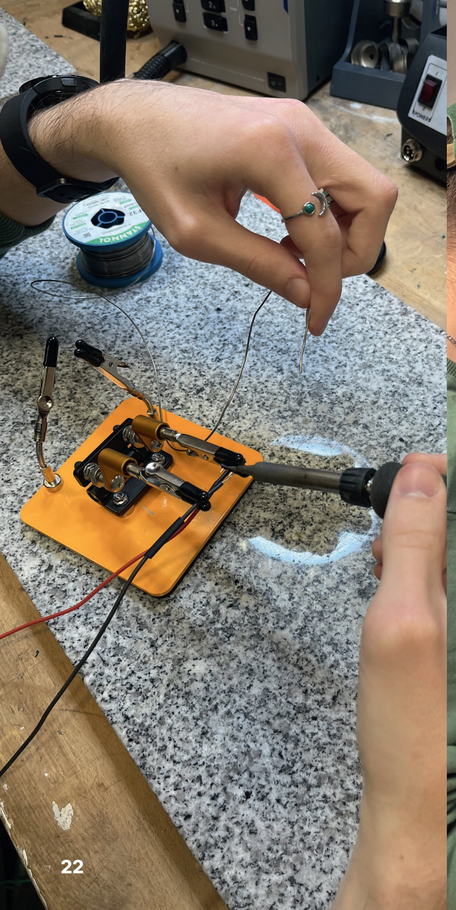
Für die Nutzungsumgebung konnten wir uns gut inspirieren lassen und haben uns auch relativ schnell auf ein **Kontrollzentrum** festgelegt.

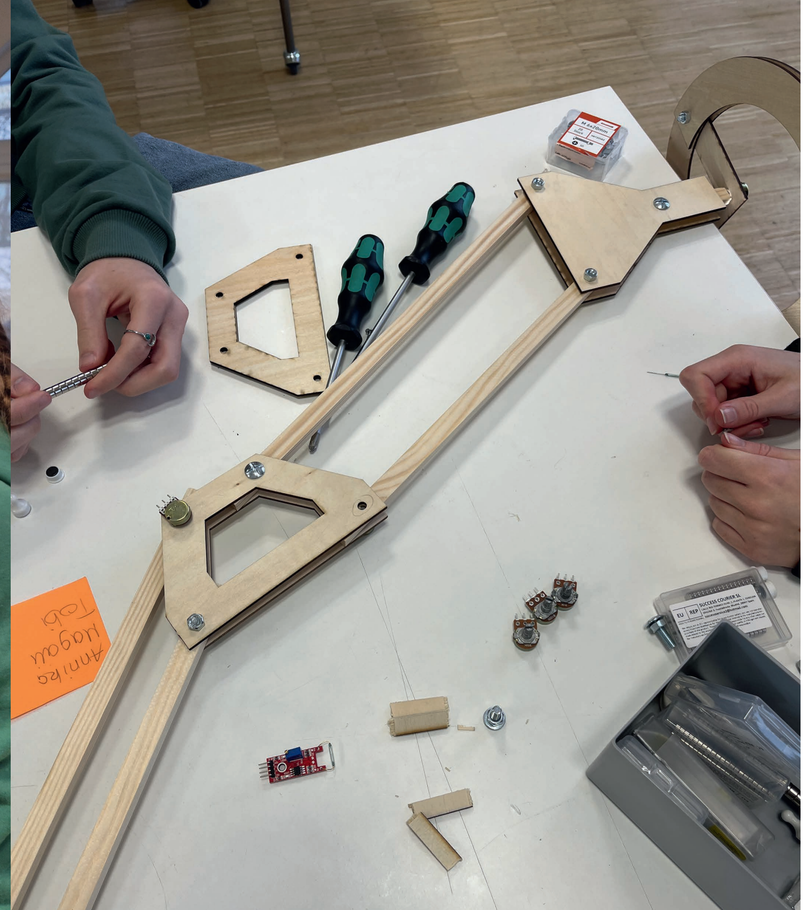
Die ersten Prototypen entstanden aus schnell zusammengebauten **Pappmodellen**. Diese ermöglichten es uns, Ideen rasch auf ihre Umsetzbarkeit zu testen und in schnellen Iterationen weiterzuentwickeln. So konnten wir direkt ein Verständnis für den Öffnungsmechanismus bekommen und planen, wie wir diesen weiter ausführen könnten.

In diesem Stadium entstand auch die Idee, sich am **Gelenkmechanismus einer Lampe** zu orientieren, um sowohl die Vor- und Rückwärtsbewegung des Roboters als auch die vertikale Steuerung des Greifarms auf ein gemeinsames System zu übertragen. Die Hauptkonstruktion dieser Gelenke basiert auf jeweils zwei Stangen, welche über eine Verbindung ein Parallelogramm bilden. Dadurch konnte der obere Teil unseres Controllers immer parallel zum Benutzer stehen.




x4
x2

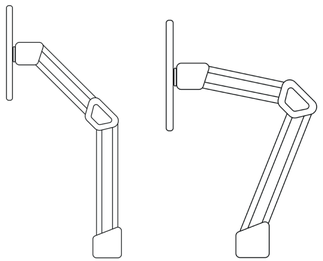




Im nächsten Schritt fertigten wir eine **stabilere Version aus gelasertem Holz** an. Ursprünglich war unser Plan für die unteren Gelenke mehrere Metall-Stangen zu benutzen. Da wir diese aber auf bestimmte Höhen kürzen und sie zudem miteinander verbinden mussten, wechselten wir unsere Wahl auf Holzleisten.

Da wir zuvor keine Erfahrung mit dem Lasern hatten, war dieser Schritt zunächst eine Herausforderung, eröffnete uns nach **kurzer Einarbeitung jedoch neue Möglichkeiten für schnelle Variationen**. So entstanden nach einigen funktionsunfähigen Iterationen unter anderem Zahnräder an dem unteren Teil des Lenkrades, die sicherstellten, dass sich die beiden Teile des Lenkrads beim Öffnen des Greifarms gleichmäßig bewegen.

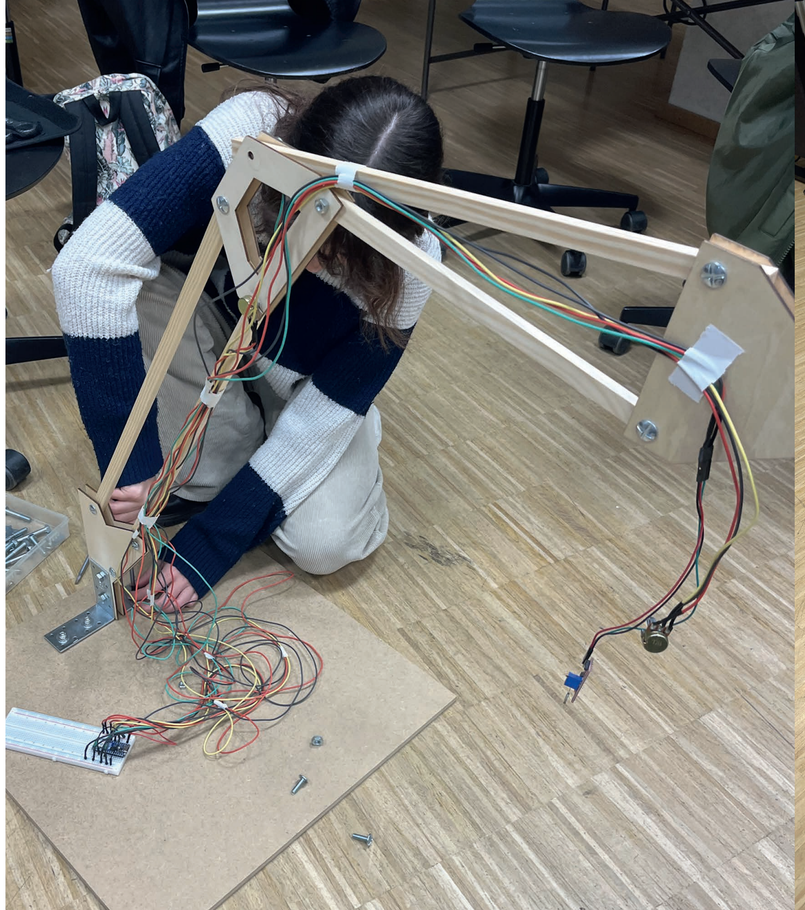
Nachdem der Holzprototyp nach mehreren Tagen Arbeit stabil montiert war, integrierten wir die technischen Komponenten.
Die meisten Bewegungen wurden über drehbare **Potentiometer** ausgelesen, während das Öffnen des Greifarms zunächst mithilfe eines **Reed-Sensors** erfasst wurde.

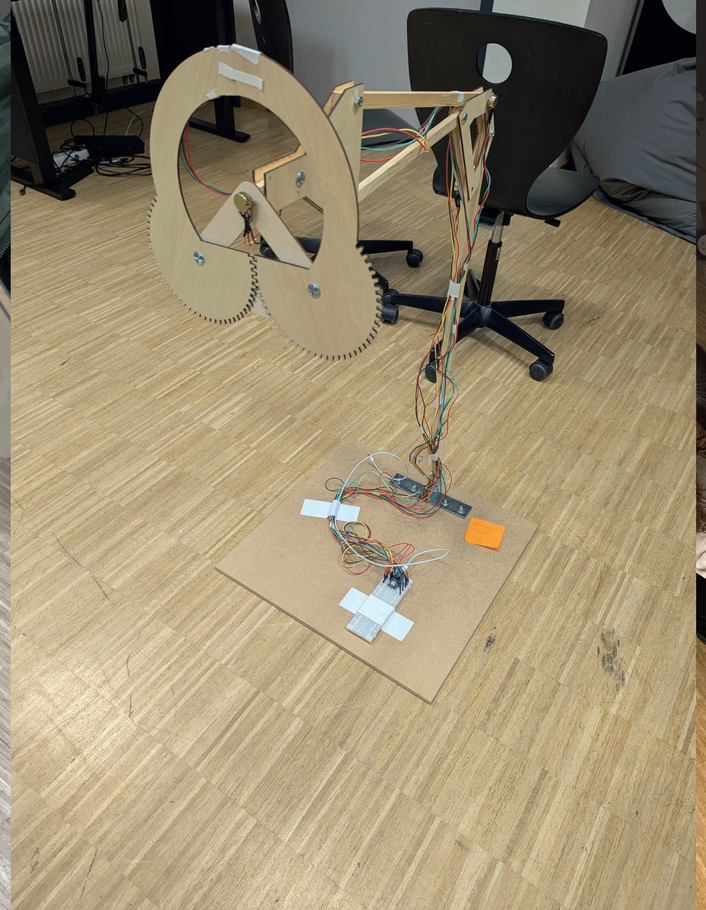


Die Funktionen waren wie folgt gemapped:

- Die Vor- und Rückwärtsbewegung erfolgte durch das Verschieben des unteren Gelenks.
- Die Höhenverstellung des Greifarms erfolgte über das obere Gelenk.
- Das Rotieren des Roboters wurde durch das Drehen des Lenkrads gesteuert.
- Durch das Öffnen des Lenkrads ließ sich simultan der Greifarm öffnen.

Für die Implementierung des Crab Walk wurde ein Modus-Switch integriert. Durch das Öffnen des Lenkrades konnte die Steuerung flexibel angepasst werden. Die Drehfunktion wechselte dabei von der herkömmlichen Rotation zum Crab Walk. Dieser Mechanismus ermöglichte einen direkten Wechsel zwischen den beiden Bewegungsmodi.





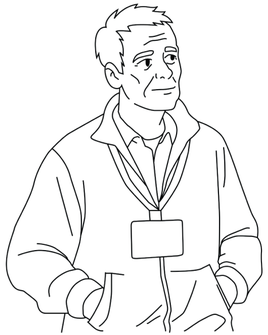
Daraufhin musste nur noch der Code geschrieben werden, um den Controller mit der Simulation testen zu können.

Dabei lernten wir auch noch einiges über Arduino und das Programmieren mit C, ein weiteres Mal neue Erfahrungen für unser Team. Wir konnten mit einem einfachen Mapping die ausgelesenen Werte auf die Simulation anpassen. Somit war unser Prototyp bereit für die User Tests.

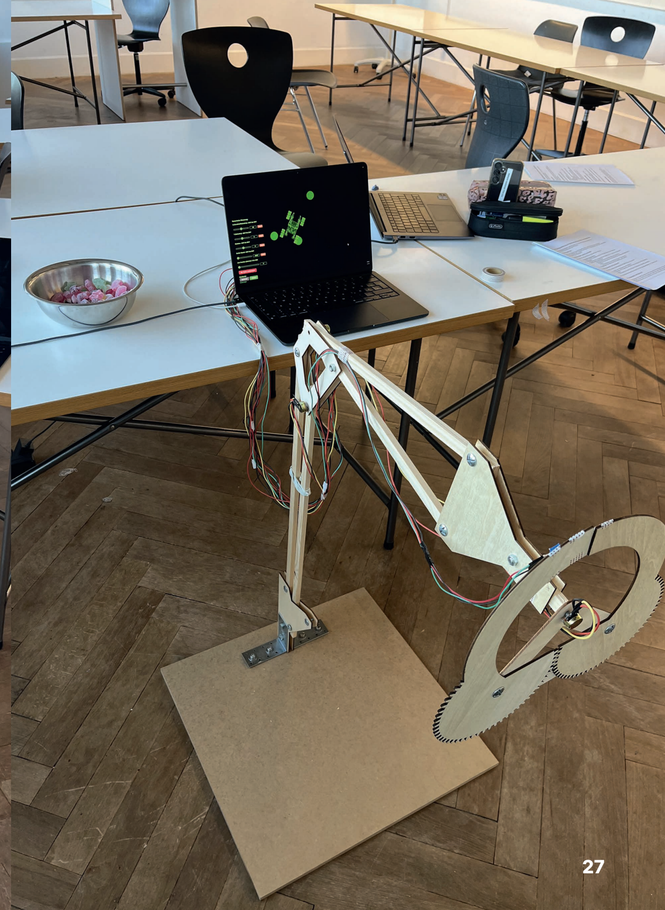
05

USER-TESTS

Erst im Test zeigte sich, wo Annahmen und tatsächliche Nutzung auseinander liefen.



Ziel der ersten User Tests war es, allgemeines Feedback zum Controller zu erhalten, insbesondere hinsichtlich der Intuitivität der einzelnen Funktionen. Das Test-Setup bestand aus dem funktionalen **Holzprototyp**, der mit einer **Simulation verbunden war**, sodass die Proband:innen direkt sehen konnten, welche Auswirkungen ihre Eingaben hatten. Zur Unterstützung der Interviews erstellten wir einen Leitfaden mit Fragen und Beobachtungspunkten, um den Ablauf möglichst strukturiert zu halten. Für die Tests befragten wir Studierende der **HfG** mit unterschiedlichen Persönlichkeiten, von eher zurückhaltend bis sehr selbstbewusst, überwiegend im jungen Erwachsenenalter. Während der Interviews sollten die Proband:innen **selbstständig ausprobieren**, welche Funktion welchem Steuerelement zugeordnet war, und anschließend ihr Feedback dazu geben. Dabei konnten wir zahlreiche wertvolle Erkenntnisse gewinnen.



Besonders auffällig war, dass der Moduswechsel für den Crab Walk **kaum intuitiv war, da keine der Testpersonen diesen ohne Hilfe fand**. Weitere Pain Points waren eine zu hohe Empfindlichkeit der Steuerung, eine unklare Griffposition am Lenkrad sowie eine zu geringe Feinheit der Lenkung. Positiv fiel hingegen auf, dass die meisten anderen Steuerelemente relativ schnell richtig zugeordnet wurden.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurden neue Konzepte entwickelt, die insbesondere die Steuerung des Crab Walk adressierten. Diese wurden in einer zweiten, fokussierten Testreihe evaluiert. Aufgrund der Winterzeit erfolgten die Erhebungen im privaten Umfeld, basierten jedoch erneut auf einem strukturierten Leitfaden. Die Gruppe der Proband:innen setzte sich diesmal aus jungen Erwachsenen sowie Personen mittleren Alters zusammen.

Usability-Testaufgaben / Fragen informelles Feedback

Testaufgaben / Feedback-Fragen

Schritt 1: Erste Eindrücke

Schritt 2: Denk-laut-Methode
Bitte die Testperson, während der Interaktion laut zu denken:

Schritt 3: Aufgaben
Gib der Testperson konkrete Aufgaben, die sie mit dem Prototypen ausführen soll. Währenddessen simulierst du die Funktionen auf dem externen Gerät.

Person 1

Greifarm vertikal	Greifarm auf / zu		Rotation		Fahren vor / zurück		Fahren seitwärts		Sonstiges
"da bewegt sich was wenn ich das hoch mache?"	Funktion nach einem tipp dann sofort erkannt	Lenkrad nciht intuitiv links und rechts gehalten sondern unten	Steuerung sehr sensibel "wie weit darf ich drehen?"	Lenkrad direkt erkannt + gedreht	mussten einen Tipp geben damit die Person erkennt wie man fährt	wollte nicht ausprobieren, aufgrund Angst was kaputt zu machen	kontakt hat gesponnen, daher crabwalk versehentlich aktiviert	hat Modusswitch versehentlich entdeckt, fände es praktisch wenn man immer crabwalken könnte	schüchtern und etwas zurückhaltend; hat sachen probiert aber hatte dabei etwas angst, was kaputt machen zu können

Person 2

Greifarm vertikal	Greifarm auf / zu		Rotation		Fahren vor / zurück		Fahren seitwärts		Sonstiges
nicht eigenständig gefunden; hatte das Gefühl, es sei "irrelevant" das nach oben oder unten zu bewegen	direkt erkannt wie es funkioniert	sieht die Zähne von den Zahnrädern und erkennt, dass man das Lenkrad öffnen kann	Lenkrad direkt erkannt + gedreht	"Das sieht aus wie ein lenkrad"	dachte man fährt durch neigen des Lenkrades	nach probieren dann doch direkt erkannt wie	tut sich schwer die Funktion eigenständig zu finden	hat durch den Tipp direkt erkannt wie man crabwalkt	sehr selbstbewusst; erkennt sofort wie die meisten Funktionen gehen

Person 3

Greifarm vertikal	Greifarm auf / zu		Rotation		Fahren vor / zurück		Fahren seitwärts		Sonstiges
direkt erkannt	hat am Anfang versehentlich das Lenkrad geöffnet und dachte daraufhin, dass die Konstruktion nicht hält, anstatt dass man so den arm öffnen kann	nachdem man drauf hinwies, dass man den Arm öffnen kann hat die person es relativ schnell gefunden	direkt erkannt wie man lenkt	hält Lenkrad links rechts aber an den Zahnrädern unten	denkt man kann durch neigen des Lenkrads fahren	erkannt als man den greifarm hoch runter gemacht hat	hat es nicht direkt gefunden; fände es intuitiver das ganze Gestell links rechts zu lenken	man muss den modiswitch erwähnen um es zu erkennen	man merkt die technische Erfahrung; suchte aktiv nach den Funktionen

Befunde

positiv

häufig
- Lenkung sehr intuitiv
- Rotation sofort erkannt

nicht ganz so häufig
- Greifarm hoch / runter fahren fast immer eigenständig erkannt
- Greifarm auf / zu fast immer eigenständig erkannt
- Vorwärts / Rückwärts fahren eigenständig erkannt

Einzelfälle
- Crabwalk eigenständig erkannt

negativ

häufig
- Lenkung zu empfindlich
- einige versuchen das Lenkrad zu neigen um vorwärts / rückwärts zu fahren

nicht ganz so häufig
- Modusswitch zum Crabwalk wurde von keinem ohne Tipp entdeckt
- Lenkrad wird falsch gehalten

Einzelfälle
- speed zu langsam
- Greifarm auf / zu nicht eigenständig gefunden

Zusammenfassung

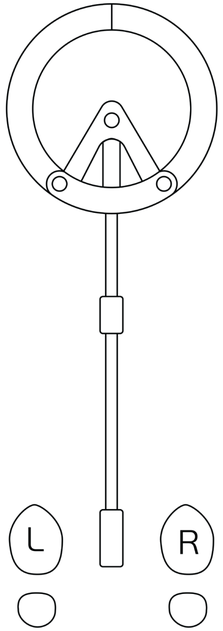
- Feinheit der Lenkung muss verbessert werden
- Modusswitch (Crabwalk) eventuell ändern
- Griffposition am Lenkrad verdeutlichen
- eventuell Geschwindigkeit anpassen

Getestet wurden drei Varianten:

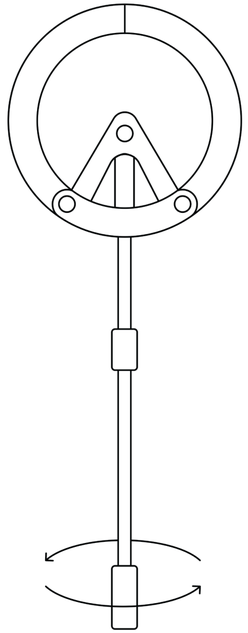
- Pedale am Boden
- eine Links-/Rechts-Drehung des unteren Gelenks
- zwei Schalter am Lenkrad.

Dabei zeigte sich ein **klarer Favorit: die Schalter am Lenkrad**. Die Pedale wurden aufgrund einer falschen Assoziation mit Gaspedalen bemängelt. Das Hinzufügen einer dritten Achse an der Halterung stellte sich auch als unvorteilhaft heraus, da dabei fälschliche Inputs zustande kamen.

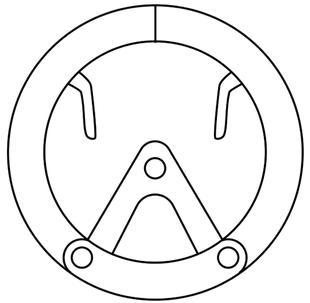
Diese Erkenntnis ermöglichte es uns, den Funktionsprototyp weiter mit dem Fokus auf Intuitivität zu optimieren.



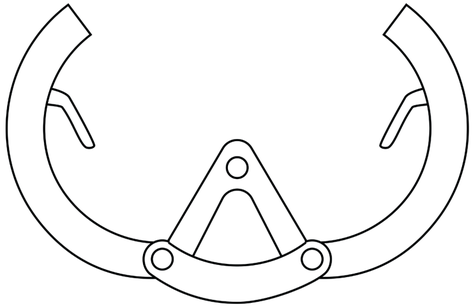
Version 1: Pedale am Boden



Version 2: Links-/Rechts-Drehung des unteren Gelenks



Version 3: Zwei Schalter am Lenkrad



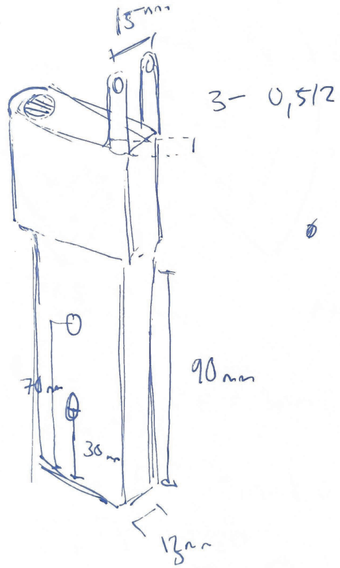
Version 3: Zwei Schalter am Lenkrad (offen)

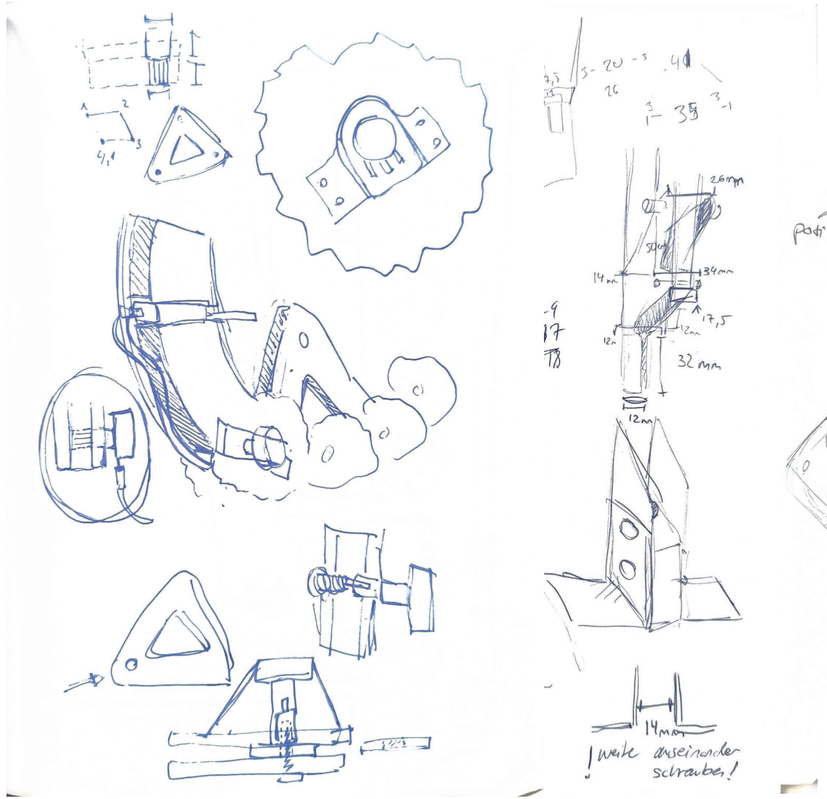
06

FINALER PROTOTYP

Stabilität, Präzision und Nutzerfeedback führten zum finalen Entwicklungsschritt.

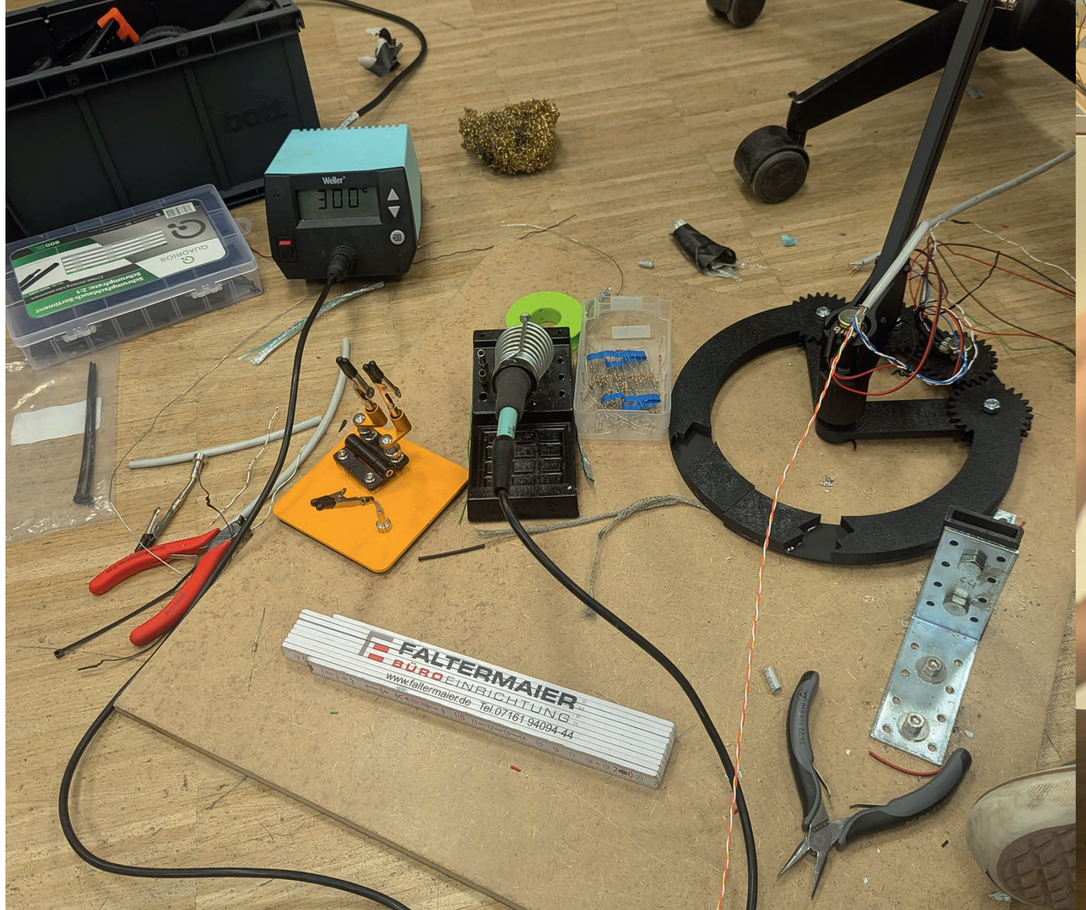
Obwohl der Holzprototyp für die Nutzertests funktional einsetzbar war, mangelte es ihm an der notwendigen Stabilität, was zu mehrfachen Defekten während der Testreihen führte. Ursächlich hierfür war die unzureichende mechanische Integration der Potentiometer, die initial lediglich als Ersatz für Schraubverbindungen in die Halterung gesteckt wurden. Zudem wurden kritische Komponenten, wie die Nullpositionierung des unteren Gelenks, provisorisch durch Gummibänder fixiert.





Infolgedessen wurde die Entwicklung eines robusteren Prototyps erforderlich, um gleichzeitig die gewonnenen Erkenntnisse aus den User Tests technisch fundiert zu integrieren.

Für den finalen Prototypen wechselten wir vom Lasern zum 3D-Druck. Dadurch konnten technische Komponenten präziser integriert und die Stabilität deutlich verbessert werden. Gleichzeitig ermöglichte uns diese Methode eine stärkere Anpassung an unsere funktionalen Anforderungen. Da niemand aus dem Team zuvor Erfahrung mit Fusion oder 3D-Druck hatte, bedeutete dies erneut eine intensive Einarbeitung in neue Programme und Technologien.



Ergänzend nutzten wir das **Metallgestell einer Lampe**, da dessen Federn und Gelenke bereits vorhanden waren und sich gut erweitern ließen. Zu den wichtigsten Verbesserungen zählten die neue Befestigung der Potentiometer auf stabilen Achsen, sowie der Wechsel vom Reed-Sensor zu einem Potentiometer.

Besonders aufwendig war dabei die Konstruktion für die Auslesung der Lenkrad-Rotation. Mit Hilfe von zwei Kugellagern konnten wir eine verlängerte Achse des Lenkrads mit dem Potentiometer verbinden und dieses Konstrukt erweitern, um es letztendlich problemlos an die Stangen schrauben zu können.

Die neue Crab-Walk-Steuerung erfolgte über zwei Mikroswitches am Lenkrad, die bei Betätigung eine Bewegung nach links oder rechts auslösen. Die Position dieser Schalter wurde intensiv getestet, um einen Kompromiss zwischen guter Erreichbarkeit und möglichst geringer Beeinträchtigung der übrigen Bedienung zu finden.
Letztlich erwies sich eine Platzierung im oberen Bereich des Lenkrads als optimal.

Beim erneuten Verkabeln sammelten wir zudem umfangreiche Erfahrung im Löten und Kabelmanagement.

Das letzte größere Problem stellte das Zurückfedern des unteren Gelenks in die Nullposition dar. Nach mehreren getesteten Lösungsansätzen, darunter zusätzliche 3D-gedruckte Teile, Gummibandkonstruktionen und stärkere Federspannungen, führte schließlich eine Kombination aus **Metalllineal, Federstahlstangen und einem Meterstab** zum gewünschten Ergebnis.

Diese erwies sich als federnd genug, um das - mittlerweile recht große - Gewicht des Lenkrads, wieder in Richtung des Benutzers zu schieben.

07

DESIGN

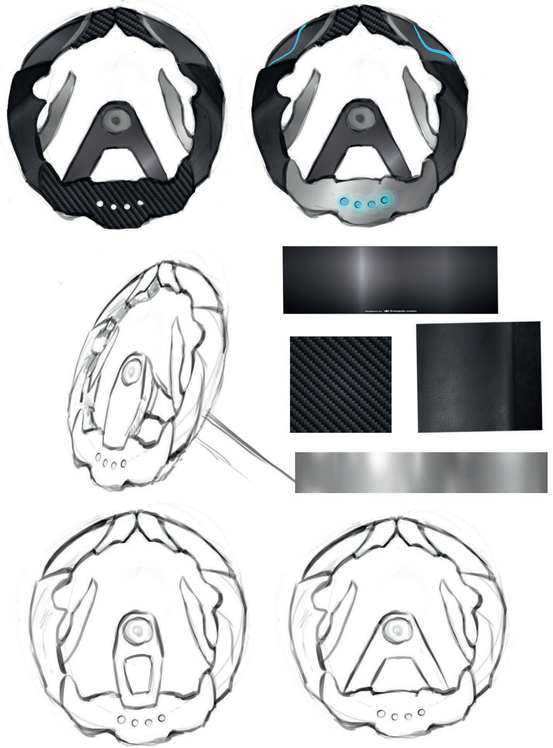
Wie lässt sich Technik in ein greifbares, intuitives Erlebnis verwandeln?

Parallel zur Finalisierung des Funktionsprototyps erfolgte die Konzeption des **Designprototyps**, der eine zentrale Herausforderung im Entwicklungsprozess darstellte. Über die initialen Inspirationsquellen hinaus wurden weitere Referenzen geprüft und in den Entwurf einbezogen.

Das Bedienelement orientiert sich in Form und Material an einem klassischen Automobillenkrad, um eine hochwertige Haptik zu gewährleisten. Während die Gelenkmechanik funktional aus dem Technik-Prototypen übernommen wurde, lehnt sich das optische Design an die Ästhetik einer Monitoraufhängung an. Neu hinzu kamen ein verstellbarer Sitz auf Schienen sowie ein Monitor, der eine direkte Sicht auf die Umgebung des Roboters ermöglicht.

Die Materialien sollten recht schlicht und mechanisch sein, sodass sie gut zu unserem Use Case passen. Für das Gestänge sowie die Schienen, auf denen der Sitz montiert ist, wurde dunkelgraues Metall verwendet. Auch das Lenkrad besteht aus dunkelgrauem Metall und ist an den vorgesehenen Griffstellen mit schwarzem Leder versehen.

Diese Materialwahl dient der impliziten Führung der Handposition und unterstützt die intuitive Erkennbarkeit der Bedienelemente, sodass sich die Funktionen den Nutzer:innen eigenständig erschließen.



iocon

SONY
15m
30m
60m
Other
UPTIME:

08

AUSBLICK

Zwischen fertigem Design und unerforschten Möglichkeiten liegt das nächste Kapitel der Entwicklung.

Der Designprototyp wurde genutzt, um jene Aspekte zu realisieren, die im Rahmen der technischen Entwicklung zeitlich nicht vollständig umgesetzt werden konnten. Anfangs waren die Entwürfe noch sehr experimentell, entwickelten sich jedoch schrittweise zu einem reduzierten und eleganten Gesamtbild. Elemente wie der verstellbare Sitz, ergonomische Griffe oder eine Fußablage existieren derzeit nur im Designmodell und hätten weitere spannende Ansatzpunkte geboten. Ebenso wären detailliertere 3D-Konstruktionen denkbar gewesen. Mit den im Laufe des Semesters erworbenen Kenntnissen sehen wir jedoch großes Potenzial für zukünftige Weiterentwicklungen.

Interface Design 1
Interaktionsgestaltung 2

Wintersemester 2025/2026
Prof. Michael Schuster

Tobias Wallisch
Annika Feist
Magalí Wihelm Miret