

„Entwicklung astronautenzentrierter Nutzerschnittstellen für planetare Missionen“

[Masterarbeit]

Lisa Schröck

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Institut für Robotik und Mechatronik
Oberpfaffenhofen



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

Folkwang Universität der Künste
Fachbereich 4

Masterthesis zum Thema:

„Entwicklung astronautenzentrierter Nutzerschnittstellen für planetare Missionen“

Studiengang:
Kommunikationsdesign

Vorgelegt von:
Lisa Schröck
Matrikelnummer: 2335734
Am Vynschen Feld 40, 46509 Xanten
lisa.schroeck@folkwang-uni.de

Erstgutachten: Prof. Dr. Kim Frederic Albrecht
Zweitgutachten: Prof. Claudius Lazzeroni

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	4
Verzeichnis der Anhänge.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einführung.....	8
2 Eingrenzung, Ziel und Methodik.....	9
3 Strategien und Ziele der aktuellen Weltraumforschung.....	11
3.1 Global Exploration Roadmap 2024.....	11
3.2 Explore 2040 - THE EUROPEAN EXPLORATION STRATEGY.....	12
3.3 Zusammenarbeit zwischen Mensch und robotischen Systemen.....	13
3.4 Die Artemis Missionen.....	14
4 Begrifflichkeiten.....	17
4.1 DIN ISO 9241: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion.....	17
4.2 User Experience.....	19
4.3 User Interface.....	19
5 Related Work.....	21
5.1 DLR.....	21
5.2 ESA.....	22
5.3 NASA.....	25
5.4 Kommerzielle Roboter.....	26
5.5 Science Fiction.....	28
6 User-Centered-Design Prozess am LUNA TRP.....	30
6.1 Analyse.....	30
6.2 Definition.....	31
6.3 Gestaltung.....	31
6.4 Evaluation.....	32
7 Rahmenbedingungen.....	34
7.1 Nutzer/Akteure.....	34
7.2 Nutzungsumgebung.....	35
7.3 Herausforderungen.....	37
7.3.1 Einschränkungen der Sicht.....	37
7.3.1 Einschränkung der Bewegung.....	38
7.3.3 Kognitive Einschränkungen.....	39
7.4 Designkriterien.....	39

8 Workflow und Userflow	41
9 Testungen	43
9.1 Testaufbau	43
9.2 Erste Phase: Annahmen und Designentscheidungen.....	45
9.3 Erste Phase: Zentrale Erkenntnisse	47
9.4 Erste Phase: Konsequenzen und Anpassungen	48
9.5 Zweite Phase: Weiterentwicklung und Designentscheidungen	49
9.6 Zweite Phase: Zentrale Erkenntnisse	54
9.7 Zweite Phase: Konsequenzen und Anpassungen	55
10 Finales Design	56
10.1 Schrift	56
10.2 Farbe.....	57
10.3 Layout	60
11 Ergebnisse und Gestaltungsempfehlungen.....	67
11.1 Einschränkungen durch die Nutzungsumgebung.....	67
11.2 Einschränkungen durch reduzierte Bewegungsfreiheit	68
11.3 Einschränkungen durch kognitive Belastung	69
12 Fazit	71
Anhang	74
Literaturverzeichnis	119

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Die Südpolgend des Mondes	15
Abbildung 2 - Interface LRU.....	21
Abbildung 3 - EFB Map Overview	22
Abbildung 4 - EFB Interface auf Tablet.....	23
Abbildung 5 - EFB Stop Manager.....	23
Abbildung 6 - Haptics GUI	24
Abbildung 7 - Interact GUI.....	24
Abbildung 8 - MobSketch GUI	25
Abbildung 9 - GUI HypeDrive.....	26
Abbildung 10 - Go2 App User Manual.....	27
Abbildung 11 - Go2 App Steuerung Nachrüstbarer Arm.....	27
Abbildung 12 - Go2 App Programmiermodus.	28
Abbildung 13 - Mission Control Interface der Marsianer.....	29
Abbildung 14 - Interface Oblivion	29
Abbildung 15 - Regolith-Feld in der Luna Analog Facility.....	36
Abbildung 16 - EMU Handschuhe.....	38
Abbildung 17 - Userflow 1, Eigene Darstellung.....	42
Abbildung 18 - Low Fidelity Mockup LUNA-TRP, Eigene Darstellung.	44
Abbildung 19 - EMU Handschuh Attrappe, Eigene Darstellung.	44
Abbildung 20 - EMU Attrappe, Eigene Darstellung.	45
Abbildung 21 - Layout erster Prototyp, Eigene Darstellung	45
Abbildung 22 - Checkliste erster Prototyp, Eigene Darstellung.	47
Abbildung 23 - Workbench Dokumentation erster Prototyp, Eigene Darstellung.....	47
Abbildung 24 - Menü Fahrmodus erster Prototyp, Eigene Darstellung.....	47

Abbildung 25 - Userflow 2, Eigene Darstellung.....	50
Abbildung 26 - Übersicht Interfaces mit Nutzungsumgebung, Eigene Darstellung.....	51
Abbildung 27 - Layout zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.....	52
Abbildung 28 - EVA Menü zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.	53
Abbildung 29 - Lichtsteuerung zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.	54
Abbildung 30 - Fehlermeldung zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.....	54
Abbildung 31 - Zeitleiste EVA-Menü, Eigene Darstellung.	58
Abbildung 32 - Verwendete Farben im EVA-Menü, Eigene Abbildung.	59
Abbildung 33 - Verwendete Farben Briefing Interface, Eigene Darstellung.	59
Abbildung 34 - EVA Menü finale Gestaltung, Eigene Darstellung.....	61
Abbildung 35 - Foto Funktion finale Gestaltung, Eigene Darstellung.	61
Abbildung 36 - Lichtsteuerung finale Gestaltung, Eigene Darstellung.....	63
Abbildung 37 - Workbench Aufnahme finale Gestalung, Eigene Darstellung.....	63
Abbildung 38 - Hand-Cuff Interface 1, Eigene Darstellung.	63
Abbildung 39 - Hand-Cuff Interface 2, Eigene Darstellung.	63
Abbildung 40 - Briefing Interface Hauptmenü, Eigene Darstellung.	64
Abbildung 41 - Briefing Interface Missionsmenü, Eigene Darstellung.....	64
Abbildung 42 - Rendering LUNA TRP ohne Akzentfarben.....	64
Abbildung 43 - Briefing Interface Missionsübersicht, Eigene Darstellung.	65
Abbildung 44 - Briefing Interface Kartenübersicht 1, Eigene Darstellung.....	66
Abbildung 45 - Briefing Interface Kartenübersicht 2, Eigene Darstellung.....	66

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1:	Interviewleitfaden für persönliche Befragung inkl. Testaufgaben – Erste Iteration	74
Anhang 2:	Interviewleitfaden für persönliche Befragung inkl. Testaufgaben – Zweite Iteration	76
Anhang 3:	Interviewleitfaden für online Befragung – Zweite Iteration	78
Anhang 4:	Erstes Leitfadeninterview mit Dr. Matthias Maurer	79
Anhang 5:	Erstes Leitfadeninterview mit Tilo Wüsthoff	85
Anhang 6:	Erstes Leitfadeninterview mit Angelo Rito	89
Anhang 7:	Erstes Leitfadeninterview mit Jan Wiedmann	93
Anhang 8:	Erstes Leitfadeninterview mit Felipe Rude	96
Anhang 9:	Zweites Leitfadeninterview mit Dr. Matthias Maurer	100
Anhang 10:	Zweites Leitfadeninterview mit Tilo Wüsthoff	107
Anhang 11:	Zweites Leitfadeninterview mit Angelo Rito	111
Anhang 12:	Zweites Leitfadeninterview mit Jan Wiedmann und Felipe Rude	116
Anhang 13:	Workflow 1	119
Anhang 14:	Workflow 2	120

Abkürzungsverzeichnis

ARCHES	Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EMU	Extravehicular Mobility Unit
ESA	European Space Agency
EVA	Extravehicular Activity
GER 2024	Global Exploration Roadmap 2024
GUI	grafisches User Interface
ISECG	International Space Exploration Coordination Group
ISS	International Space Station
JPL	Jet Propulsion Laboratory
LEO	low earth orbit
LRO	Luna Reconnaissance Orbiter Spacecraft
LRU	Lightweight Rover Unit
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ROI	Region of Interest
RSVP	Robot Sequencing and Visualization Program
UI	User Interface
UX	User Experience

1 Einführung

Vor über 50 Jahren betrat der Mensch zuletzt die Oberfläche des Mondes im Rahmen der Apollo-17-Mission im Dezember 1972. Doch mit dem Artemis-Programm der National Aeronautics and Space Administration (NASA) wird die bemannte Erforschung des Mondes noch in diesem Jahrzehnt wieder aufgenommen.¹ Die Artemis Missionen sind in der Global Exploration Roadmap der International Space Exploration Coordination Group (ISECG) eingebettet, mit dem Plan bis Mitte dieses Jahrhunderts den Mars zu erkunden. Die ISECG ist eine Organisation, die die Weltraumforschung durch den Austausch von Zielen, Plänen und Informationen zwischen den teilnehmenden 27 Weltraumorganisationen vorantreiben möchte.^{2 3}

Im Kontext dieser Programme entwickelt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) einem robotisch planetaren Rover, der in einer simulierten Mondumgebung bei roboterassistierten bemannten Missionen Daten wie Fotos oder Scans sammelt und gleichzeitig Werkzeuge für verschiedene Aufgaben auf der Mondoberfläche transportieren soll. Der nächste bedeutende Schritt in dem Projekt ist der regelmäßige Einsatz des Rovers im Rahmen von simulierten Missionen in der Luna-Halle in Köln. Die Halle ist eine so genannte Analog Facility, eine in Europa einzigartige Einrichtung, die die Möglichkeit bietet, Instrumente und Geräte unter mondähnlichen Bedingungen zu testen.⁴ Ein entscheidender Faktor für den Erfolg solcher Missionen ist die intuitive Bedienbarkeit der eingesetzten Technologien. Während des Außenbordeinsatzes der sogenannten Extravehicular Activity (EVA) auf der Mondoberfläche sind Astronauten nicht nur Gefahren wie kosmischer Strahlung ausgesetzt, sondern sie sind auch durch den Raumanzug stark in der Bewegung eingeschränkt. Zusätzlich steigt durch die Mikrogravitation der Druck im Kopf, wodurch es zu Sehstörungen und Kopfschmerzen kommen kann.⁵ Daher spielt das Interface-Design eine zentrale Rolle: Astronauten müssen möglichst effizient mit ihren Werkzeugen und dem Rover interagieren können, damit sie ihre Aufgaben präzise und zeitsparend erledigen, während sie starke Einschränkungen ihrer kognitiven Fähigkeiten erfahren. Bisher wurden Rover immer von der Erde aus gesteuert⁶ und da seit 1972 kein Mensch mehr die Mondoberfläche betreten hat,⁷ existieren nur auf der Erde getestete Systeme, welche die spezifischen Bedürfnisse und Funktionen dieses Interfaces abdecken.

¹ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.): Mond-Programm Artemis, Oberpfaffenhofen-Weßling o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/artemis-programm> [Abruf: 04.03.2025]).

² Vgl. European Space Agency (Hrsg.): Explore 2024 - THE EUROPEAN EXPLORATION STRATEGY, o. O. 2024, S. 13 f.

³ Vgl. International Space Exploration Coordination Group (Hrsg.): GLOBAL EXPLORATION ROADMAP, Washington 2024, S. 1, S. 50, (künftig zitiert: International Space Exploration Coordination Group 2024).

⁴ Vgl. Gleisberg, Jens: Der Mond auf der Erde: Mondsimulationsanlage in Köln ist eröffnet, Köln 2024 (<https://www1.wdr.de/nachrichten/rheinland/eroeffnung-dlr-mondanlage-luna-koeln-porz-100.html> [Abruf: 04.03.2025]).

⁵ Vgl. Deutschlandfunk Nova (Hrsg.): Künftige Mondmissionen: Schwierige Lichtverhältnisse am Südpol des Mondes, Köln 2025 (<https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/kuenftige-mondmissionenschwierige-lichtverhaeltnisse-am-suedpol-des-mondes> [Abruf: 09.04.2025]), (künftig zitiert: Deutschlandfunk Nova 2025).

⁶ Vgl. Zeches, Lucie: Auf der Jagd nach Weltraumressourcen, o. O. 2022 (<https://researchersdays.science.lu/de/researchers-days-2022/auf-der-jagd-nach-weltraumressourcen> [Abruf: 20.03.2025]).

⁷ Vgl. Gradwohl, Uwe: 50 Jahre nach Apollo 17 - Die Rückkehr zum Mond, Stuttgart 2022 (<https://www.swr.de/wissen/50-jahre-apollo-17-mond-mission-100.html> [Abruf: 20.05.2025]).

2 Eingrenzung, Ziel und Methodik

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, ein grafisches User Interface (GUI) zu gestalten, das den besonderen Herausforderungen im All gerecht wird und Astronauten bei ihren Interaktionen mit dem LUNA TransRoPorter (LUNA TRP) unterstützt. Es handelt sich bei dem LUNA TRP nicht um einen Rover zum Transport von Astronauten, sondern er dient dem Transport von Werkzeugen und als Arbeitsplatz für die Arbeit mit und Dokumentation von Gesteinsproben jeglicher Art. Im internen Sprachgebrauch des DLR wird das Fahrzeug daher vor allem als Utility Rover bezeichnet. Das bedeutet, dass das Fahrzeug den Astronauten bei seiner Mission unterstützend zur Seite steht, indem er eine ergonomische Arbeitshöhe bietet, die der Astronaut als eine Art mobilen Arbeitsplatz beispielsweise zur Untersuchung von geologischen Proben verwenden kann. Die Einzigartigkeit dieses mobilen Arbeitsplatzes zeichnet sich vor allem darüber aus, dass er vor Ort von den, die Mission begleitenden, Astronauten bedient wird. Die Bedienung soll über ein Interface auf einem Tabletcomputer erfolgen.

Angesichts der Vielzahl an Akteuren im Missionsgeschehen sowie der jeweils spezifischen Anforderungen an deren Interfaces entsteht ein breites Spektrum an Interaktionsformen und Systemen. Die Betrachtung des GUI konzentriert sich ausschließlich auf eine spezifische Nutzergruppe: die Hauptnutzer (Astronauten) vor Ort, und deren Interface zur Steuerung des Rovers. Dieser Fokus ermöglicht es, innerhalb des Rahmens einer Masterarbeit eine tiefgehende Analyse und gestalterische Auseinandersetzung der Mensch-Rover-Interaktion durchzuführen.

Der Titel der Arbeit lautet: „Entwicklung astronautenzentrierter Nutzerschnittstellen für planetare Missionen“. Hierbei gilt es die Leitfrage „Wie kann ein GUI den Astronauten auf der Mondoberfläche bestmöglich bei der Interaktion mit robotischen Assistenzsystemen (hier: Utility Rover; LUNA TRP) unterstützen?“ zu beantworten. Dafür beabsichtigt die Autorin mit der sogenannten User-Centered-Design Methodik zu arbeiten, welche den Nutzer in den Mittelpunkt des Designprozesses stellt. Was dies für die genaue Herangehensweise im konkreten Fall des LUNA TRP Projektes bedeutet, wird im Folgenden beschrieben.

Zwecks Annäherung an o. g. Leitfrage wurde zunächst eine umfassende Sammlung und Analyse der bereits vorhandenen Informationen durchgeführt. Hierfür wurden, neben einer Literaturrecherche, die Werke aus dem Zeitraum von 2003 bis 2025 berücksichtigt, interne Meetings mit Experten des DLR durchgeführt. Als Partner wurden dafür die zwei Projektleiter des LUNA TRP-Projekts ausgewählt. Sie eignen sich um einen genaueren Überblick über die Interaktionsmöglichkeiten des Rovers zu gewinnen.

Im nächsten Schritt wurden Alternativlösungen zu Interfacedesigns gesammelt. Da es im vorliegenden Fall um eine Neukonzeption und nicht um eine Fortentwicklung handelt, wurden nicht nur tatsächlich existierende Programme betrachtet, sondern auch nicht erprobte Lösungen aus einschlägigen Werken der Science-Fiction.

Nachdem die Grundlagen der Arbeit mittels Experteninterviews und Literaturanalyse definiert wurden, konnten aus diesen Informationen übergreifende Gestaltungsparameter sowie ein erster Workflow abgeleitet werden. Anhand dessen konnte ein erster Userflow entwickelt werden, mit dem sich der Gestaltung der Prototypen gewidmet werden konnte. Die Verfasserin führte die Testungen mit zwei Feedbackschleifen durch, mittels derer Fehler und Verbesserungen nachjustiert wurden.

Durch Einbeziehung der Anwender bei den Tests konnte außerdem ein partizipativer Designansatz realisiert werden, der sich positiv auf die Akzeptanz und die Gebrauchstauglichkeit des Interfaces auswirkte. Das bedeutet, dass die Entwicklung des Interfaces iterativ erfolgte und mehrere Testphasen umfasste, um eine optimale Anpassung an die besonderen Bedingungen des Einsatzes zu gewährleisten.

Zur Erreichung dieser gesetzten Ziele und vor allem auch um die Praktikabilität unter möglichst realen Bedingungen zu testen, steht der simulierte Missionsbetrieb des Rovers in der Luna-Halle in Köln im Mittelpunkt der Testungen.

Zu besserer Lesbarkeit wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit lediglich das generische Maskulinum verwendet bzw. nicht explizit geändert. Hierdurch werden weibliche Personen jedoch nicht ausgeschlossen.

3 Strategien und Ziele der aktuellen Weltraumforschung

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Raumfahrt von nationalen Prestigeprojekten hin zu einem zunehmend koordinierten, internationalen Vorhaben entwickelt. Vor dem Hintergrund wachsender technologischer Herausforderungen sowie globaler Ambitionen entwickeln Staaten und Raumfahrtagenturen heutzutage langfristige Strategien, um ihre Forschung im Sonnensystem zu sichern. Die folgenden Kapitel befassen sich mit zwei zentralen Dokumenten, die in diesem Zusammenhang maßgeblich für die strategische Ausrichtung der Weltraumforschung sind.

Die Global Exploration Roadmap 2024 und Explore2040. Beide Roadmaps setzen auf die enge Verbindung menschlicher und robotischer Missionen^{8 9}, ein entscheidender Faktor für die Effizienz und Nachhaltigkeit künftiger Explorationsprojekte^{10 11}. Ein Meilenstein innerhalb der Erforschung des Sonnensystems stellt dabei die Artemis Missionsreihe dar.

3.1 Global Exploration Roadmap 2024

Die Global Exploration Roadmap 2024 (GER 2024), ist das zentrale Dokument der ISECG, welches die Pläne für die menschliche und robotische Erforschung des Sonnensystems bis 2025 abbildet.¹² Die ISECG besteht aus 27 aufstrebenden und etablierten Weltraumagenturen,¹³ die in der GER 2024 gemeinsame Explorationsziele und Grundsätze für die Weltraumforschung zusammenfassen.¹⁴ Dabei ist die GER 2024 ein nicht bindendes Dokument, welches als Orientierung dient, um Aktivitäten international abgestimmt zu planen.¹⁵

Die GER 2024 beginnt mit der Definition der Missionen im sogenannten low earth orbit (LEO), geht auf die Zusammenarbeit zwischen Menschen und robotischen Systemen in Erkundungsmissionen, unter anderem auf dem Mond und seiner Umgebung, ein und erörtert die ersten Pläne zur Erkundung des Mars. Die GER 2024 fasst nicht nur geplanten Missionen zusammen, sondern ordnet diese auch in dem Kontext der definierten Ziele aller teilnehmenden Raumfahrtagenturen ein.¹⁶

Dafür werden in dem Dokument mehrere übergreifende Explorationsziele benannt. Diese Ziele umfassen die Ausweitung der menschlichen Präsenz im Sonnensystem, zunächst durch Missionen in der Erdumlaufbahn, anschließend auf und um den Mond sowie perspektivisch auf und um den Mars. Parallel dazu wird ein vertieftes Verständnis für unseren Platz im Universum angestrebt, indem Fragen nach der Entstehung des Kosmos, nach vergangenem und gegenwärtigem Leben sowie nach potenziell bewohnbaren Zielen untersucht werden. Von zentraler Bedeutung ist

⁸ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): Explore 2024. THE EUROPEAN EXPLORATION STRATEGY, o. O. 2024, S. 15, (künftig zitiert: European Space Agency Ex24 2024).

⁹ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 9.

¹⁰ Vgl. ebenda S. 3.

¹¹ Vgl. European Space Agency Ex24 2024, S. 7.

¹² Vgl. National Aeronautics and Space Administration GER 2024, S. 2.

¹³ Vgl. ebenda S. 10.

¹⁴ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 1.

¹⁵ Vgl. National Aeronautics and Space Administration GER 2024, S. 3.

¹⁶ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 2.

darüber hinaus die Einbeziehung der Öffentlichkeit, wodurch nicht nur ein gesellschaftlicher Mehrwert geschaffen werden soll. Ebenso sollen Aufklärung, kritisches Denken und eine aktive Teilhabe an der Weltraumforschung gefördert werden.

Neben den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Zielen wird auch die wirtschaftliche Bedeutung betont: Durch die enge Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft und die Förderung kommerzieller Märkte soll ein Beitrag zum wirtschaftlichen Wohlstand geleistet werden. Abschließend bildet die internationale Zusammenarbeit einen weiteren Kernaspekt: Sie soll durch die Beteiligung verschiedener Nationen gestärkt werden, um die Grundlage für nachhaltige und breit angelegte Partnerschaften in der Weltraumforschung zu schaffen.¹⁷

3.2 Explore 2040 - THE EUROPEAN EXPLORATION STRATEGY

Die „Strategie 2040“ der European Space Agency (ESA) ist ein Dokument, welches die Ausrichtung der ESA bis zum Jahr 2040 festlegt.¹⁸ Ziel ist es, Europa in einer global führenden Rolle zu positionieren. Hierfür wurden fünf zentrale Ziele definiert, die auf den größten gesellschaftlichen Herausforderungen Europas basieren.¹⁹ Diese Ziele sind nicht nach ihrer Relevanz sortiert, sondern vielmehr miteinander verknüpft. Während die ersten drei Ziele auf thematische Herausforderungen eingehen, setzen die beiden letzten Ziele einen wirtschaftlichen und visionären Rahmen.²⁰

Die ESA verfolgt insbesondere das Ziel, Europas Führungsrolle im Umwelt- und Klimaschutz zu sichern. Hierzu sollen moderne Technologien wie KI-gestützte Analysen, fortschrittliche Erdbeobachtungssysteme sowie digitale Zwillinge der Erde eingesetzt werden, um Umweltveränderungen präziser zu erfassen und besser zu verstehen. Darüber hinaus strebt die ESA den Aufbau einer nachhaltigen, zirkulären Raumfahrtwirtschaft an.²¹ Dies umfasst z. B. die Entwicklung von Technologien, die eine Wiederverwendung, Reparatur oder das Recycling von Satellitenkomponenten ermöglichen. Gleichzeitig soll durch langlebige und ressourcenschonende Konstruktionsweisen sichergestellt werden, dass der ökologische Fußabdruck künftiger Missionen minimiert wird und die langfristige Nutzbarkeit des erdnahen Orbits gewährleistet bleibt.²² Ein weiteres strategisches Ziel besteht in der Entdeckung und Erforschung des Weltraums, wobei die Rolle Europas in der internationalen Weltraumforschung gestärkt werden soll. Die ESA setzt hierzu auf wissenschaftliche Missionen, robotische Explorationen sowie auf Kooperationen mit internationalen Partnern. Langfristig wird eine dauerhafte Präsenz auf dem Mond angestrebt, die als Grundlage für weiterführende Forschungsaktivitäten dient. Darüber hinaus soll die Forschung von der erdnahen Umlaufbahn bis hin zum Mars kontinuierlich vorangetrieben werden.²³

Eine weitere Zielsetzung ist die Stärkung der europäischen Unabhängigkeit im Weltraumsektor. Dies soll unter anderem durch den Aufbau eigener Satellitennavigationssysteme sowie durch den Ausbau eigenständiger Raumtransportkapazitäten erreicht werden. Auf diese Weise soll eine sichere und

¹⁷ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 5.

¹⁸ Vgl. ebenda S. 4 f.

¹⁹ Vgl. ebenda S. 22 ff.

²⁰ Vgl. ebenda S. 23.

²¹ Vgl. ebenda S. 23.

²² Vgl. ebenda S. 28 f.

²³ Vgl. ebenda S. 32, S. 35.

robuste kritische Infrastruktur geschaffen werden, die Europas Handlungsfähigkeit langfristig absichert und Abhängigkeiten von externen Akteuren reduziert.²⁴ Darüber hinaus verfolgt die ESA das Ziel, das wirtschaftliche Wachstum sowie die Wettbewerbsfähigkeit Europas zu fördern. Durch gezielte Investitionen, die Unterstützung von Start-Ups und die Einbindung des privaten Sektors sollen Innovationen angeregt, die industrielle Basis gestärkt und der Raumfahrtsektor als treibender Wirtschaftsmotor genutzt werden.²⁵

Abschließend soll durch die Raumfahrt das europäische Gemeinschaftsgefühl gefördert und inspiriert werden. Im Mittelpunkt stehen dabei Bildung, Öffentlichkeitsarbeit und internationale Kooperationen, die den gesellschaftlichen Nutzen stets in den Vordergrund rücken. Ziel ist es, die Raumfahrt nicht nur als technologische und wirtschaftliche, sondern auch als gesellschaftliche Ressource zu verankern.²⁶

3.3 Zusammenarbeit zwischen Mensch und robotischen Systemen

In beiden Roadmaps spielt die Interaktion zwischen Mensch und robotischen Systemen eine übergeordnete Rolle. In den zentralen Leitprinzipien der GER 2024 ist die Zusammenarbeit von Mensch und Robotik fest verankert und spiegelt sich sowohl in den allgemeinen Explorationsprinzipien als auch in den missionsspezifischen Umsetzungen wider.²⁷ Auch die ESA-Strategie 2040 legt einen deutlichen Schwerpunkt auf die Weiterentwicklung robotischer Systeme und insbesondere auf die Mensch-Maschine-Interaktion im Kontext zukünftiger Explorationsmissionen zum Mond und zum Mars. Robotik wird hier als Schlüsseltechnologie verstanden, die sowohl autonome als auch unterstützende Systeme für bemannte Missionen ermöglicht. Zentrale Einsatzbereiche dieser Systeme liegen in der Vorbereitung von Habitaten, in der wissenschaftlichen Exploration sowie in logistischen Aufgaben und der Wartung.²⁸

In den „ISECG Exploration Principles“ wird die „Human-Robotic Partnership Synergy“ als eines von sieben Grundprinzipien benannt. Entsprechend hebt auch die GER 2024 die Erforschung des Weltraums durch menschlich-robotische Teams als zentrales Element hervor, um die übergeordneten Ziele der Raumfahrt zu erreichen.²⁹

Besonders herausgestellt wird die komplementäre Kombination der Fähigkeiten von Astronauten und Robotern. Während Roboter vor allem in bisherigen Missionen außerhalb des erdnahen Orbits eingesetzt wurden, da sie langfristige Explorationen mit geringem Risiko ermöglichen und spezifische Aufgaben präzise ausführen können, zeichnen sich Astronauten durch Flexibilität, Intuition und Entscheidungsfähigkeit aus. Durch dieses Zusammenspiel lassen sich unterschiedliche Missionsszenarien realisieren, wie etwa das Identifizieren, Analysieren und Sammeln geologischer Proben. Während Astronauten eine Vielzahl an Werkzeugen bedienen können, sind Roboter in der Lage, schwer zugängliche Bereiche zu erkunden, als Vorhut zu agieren oder Instrumente und

²⁴ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): ESA STRATEGY 2040 In Depth, o.O. 2025, S. 23, (künftig zitiert: European Space Agency Strat2040 2025).

²⁵ Vgl. ebenda S. 23, S. 52.

²⁶ Vgl. ebenda S. 23, S. 66.

²⁷ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 10.

²⁸ Vgl. European Space Agency Strat2040 2025, S. 32, S. 39.

²⁹ Vgl. ebenda S. 9, S. 32.

Werkzeuge zu platzieren. Auf diese Weise können zukünftige Missionen sowohl wissenschaftlich effektiver gestaltet als auch die Risiken für Astronauten während EVAs reduziert werden.³⁰

In der GER 2024 finden sich mehrere konkrete Missionsbeispiele dieser engen Verbindung. So z. B. der Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) offiziell „Danuri“ genannt, welcher nicht nur die Mondoberfläche kartiert, sondern auch Ressourcen und Strahlung untersucht.³¹

Auch die ESA Strategie 2040 legt einen starken Fokus auf die Weiterentwicklung robotischer Systeme und vor allem die Mensch-Maschinen-Interaktion im Kontext zukünftiger Explorationsmissionen zum Mond und Mars. Die ESA versteht Robotik ebenfalls als Schlüsseltechnologie um einerseits autonome, andererseits unterstützende Systeme für bemannte Missionen zu entwickeln. Der robotische Aufgabenbereich wird hier vor allem in der Habitatvorbereitung, der wissenschaftlichen Exploration und bei logistischen Aufgaben sowie der Wartung von Konstrukten und Systemen gesehen.³²

Dies deckt sich mit dem Ziel der ESA eine nachhaltige, zirkuläre Raumfahrtwirtschaft aufzubauen, da autonome robotische Systeme in-Orbit Service-Aufgaben wie Recycling oder Reparaturen durchführen können welche die Einsatzzeit bestehender Systeme verlängert.³³ Eine Parallele zur GER 2024 findet sich ebenfalls in der Notwendigkeit für Schnittstellen zur Mensch-Maschinen-Interaktionen, sowohl in bemannten wie unbemannten Missionen.³⁴ In der Strategie wird deutlich das diese Interfaces nicht nur sicher sondern auch intuitiv gestaltet sein müssen, vor allem in Missionen bei denen autonome Systeme mit menschlichen Teams kooperieren.

3.4 Die Artemis Missionen

Bereits seit mehreren Jahrhunderten fasziniert der Mond als Forschungsziel. Innerhalb der letzten Jahrzehnte hat sich für die Menschheit die mögliche Bedeutung und potenzielle Rolle des Mondes jedoch gewandelt. Er stellt inzwischen ein hypothetisches Sprungbrett für die weitere Erkundung des Sonnensystems dar und könnte somit die Raumfahrt grundlegend verändern.

Mit dem Artemis-Programm hat die NASA eine Missionsreihe ins Leben gerufen, die nicht nur eine Rückkehr des Menschen auf die Mondoberfläche ermöglichen kann. Ebenso ist eine dauerhafte Präsenz auf der Mondoberfläche im Rahmen von Infrastruktur denkbar. Dadurch soll der Weg für zukünftige Missionen zum Mars geebnet werden.³⁵ Das Artemis-Programm besteht aus einer Abfolge von Missionen,³⁶ die schrittweise aufeinander aufbauen, von unbemannten Testflügen bis hin zur ersten langfristigen menschlichen Anwesenheit auf dem Mond.

³⁰ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 16.

³¹ Vgl. ebenda S. 34.

³² Vgl. European Space Agency Strat2040 2025, S. 32, S. 39.

³³ Vgl. ebenda S. 28 f.

³⁴ Vgl. ebenda S. 12f., S. 34 ff.

³⁵ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Ein neuer Aufbruch zum Erdtrabanten, Mond-Programm Artemis, Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/artemis-programm> [Abruf: 20.08.2025]).

³⁶ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Zurück zum Mond mit Artemis I, Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/mission-mond/mond-programm-artemis/zurueck-zum-mond-mit-artemis-i> [Abruf: 20.08.2025]).

Jede Artemis-Mission verfolgt spezifische technische und wissenschaftliche Ziele und bildet einen weiteren Meilenstein auf dem Weg zu nachhaltiger lunarer Exploration und zur Vorbereitung auf zukünftige Marsmissionen.³⁷



Abbildung 1 - Die Südpolgend des Mondes, Lorenzen 2024 (<https://www.deutschlandfunk.de/sternzeit-23-januar-2024-der-mondsuedpol-traumhafter-albtraum-dlf-ead5c5ff-100.html> [Abruf: 31.08.2025]).

Die Region um den Südpol des Mondes und die Suche nach Wassereis steht im Zentrum der Artemis Missionsreihe.³⁸ Da die Mondachse nahezu senkrecht zur Sonne steht, sind die Pole entweder immer in Licht oder immer in Schatten gehüllt. Im Vergleich dazu ist die Erdachse z. B. um 23,5 Grad geneigt. Das führt dazu, dass die Pole bei der Sonnenumrundung ein halbes Jahr der Sonne zugeneigt und ein halbes Jahr der Sonne abgeneigt steht. So entstehen die Polar-Tage an denen die Sonne nie untergeht bzw. die Polar-Nächte an denen sie nicht aufgeht. Da die Mondoberfläche an den Polen, besonders am Südpol, von hohen Bergen und Kratern gezeichnet ist, liegen Kraterböden in der Nähe des Nord- und Südpols des Mondes im permanenten Schatten und die Berggipfel im fast ständigen Sonnenlicht (siehe Abbildung 1).^{39 40 41}

³⁷ Vgl. International Space Exploration Coordination Group 2024 S. 39.

³⁸ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Neue Mondmission sucht Wassereis am Mond-Südpol, Köln 2025 (<https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2025/neue-mondmission-sucht-wassereis-am-mond-suedpol> [Abruf: 20.08.2025]).

³⁹ Vgl. Technische Universität Berlin (Hrsg.): Polargebiete des Mondes, Berlin o. J. (<https://www.tu.berlin/planet/forschung/polargebiete-des-mondes> [Abruf: 02.04.2025]).

⁴⁰ Vgl. Freistetter, Florian: Sternengeschichten Folge 386: Die Pole des Mondes, Leinfelden-Echterdingen 2020 (<https://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2020/04/17/sternengeschichten-folge-386-die-pole-des-mondes/> [Abruf: 02.04.2025]).

⁴¹ Vgl. Willig, Hans-Peter: Mondpole, München 2025 (<https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Mondpole> [Abruf: 02.04.2025]), (künftig zitiert: Willig 2025).

Die Region ist für die Raumfahrt besonders interessant, da mithilfe des Luna Reconnaissance Orbiter Spacecraft in den ewig dunklen Kratern Wassereis nachgewiesen werden konnte.^{42 43} Relevant ist das Eis, da man es in seine Bestandteile, Sauerstoff und Wasserstoff, aufsplitten könnte und dadurch bei kommenden Missionen jene Ressourcen nicht von der Erde mitnehmen müsste. Das Wassereis könnte nicht nur als Trinkwasser genutzt werden: der Sauerstoff wäre für astronautische Missionen wertvoll und Wasserstoff kann als Raketentreibstoff verwendet werden. Die Sonnen bestrahlten Berggipfel sind ebenfalls von großem Interesse, da dort der optimale Platz für die Energieversorgung per Solar wäre.⁴⁴ Außerdem eignet sich der Standort besonders für eine dauerhafte Funkverbindung mit der Erde.⁴⁵

Die Region um den Südpol bringt allerdings einige Herausforderungen mit sich, nicht zuletzt durch die unebene und bergige Landschaft.

⁴² Vgl. Willig 2025.

⁴³ Vgl. Rainer Kayse: Schmutziger Schnee an den Mondpolen, Bad Honnef 2012 (<https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/nachrichten/2012/schmutziger-schnee-an-den-mondpolen/> [Abruf: 02.04.2025]).

⁴⁴ Vgl. Lorenzen, Dirk: Platz für eine Raumstation mit Sonne und Eis?, Köln 2025 (<https://www.deutschlandfunk.de/sternzeit-7-februar-2025-bester-blick-auf-das-traumziel-mondsuedpol-100.html> [Abruf: 02.04.2025])

⁴⁵ Vgl. Deutschlandfunk Nova 2025.

4 Begrifflichkeiten

Zur Beantwortung der Leitfrage, wie ein GUI Astronauten auf der Mondoberfläche bestmöglich bei der Interaktion mit robotischen Assistenzsystemen unterstützen kann, ist es notwendig zunächst einmal Klarheit über die relevanten Fachbegriffe zu schaffen. Dementsprechend werden in den nachfolgenden Kapiteln Begrifflichkeiten rund um den Schlüsselbegriff GUI, die für die weitere Betrachtung der Leitfrage unerlässlich sind, hinreichend definiert.

4.1 DIN ISO 9241: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion

Die DIN EN ISO 9241 ist eine international anerkannte Normreihe die dazu dient, interaktive Systeme ergonomisch und benutzerfreundlich zu gestalten.⁴⁶ In diese Normreihe ist die DIN EN ISO 9241-110 „Grundsätze der Dialoggestaltung“ eingebettet, die Prinzipien für die Interaktion von Mensch und Maschine definiert und Empfehlungen für deren Gestaltung gibt. Dabei ist die Norm allgemein gehalten und beschreibt systemübergreifend Aspekte wie Erwartungskonformität oder Selbstbeschreibungsfähigkeit. Details die bestimmte Systeme betreffen und auch Inhalte wie Design werden nicht berücksichtigt.⁴⁷ Die Norm wurde im Jahr 2006 veröffentlicht und 2020 überarbeitet, um sie an die Herausforderung neuer Bedienkonzepte wie Touchscreens anzupassen.⁴⁸

Die Norm ist in die nachfolgenden sieben zentralen Punkte aufgeteilt:

Aufgabenangemessenheit beschreibt die Fähigkeit eines interaktiven Systems, den Nutzer dabei zu unterstützen seine Aufgabenziele vollständig, korrekt und mit einem vertretbaren Arbeitsaufwand zu erledigen. Dabei müssen die Aufgaben, die der Nutzer erledigen muss vorab definiert sein und die Dialogschritte müssen zur Arbeitsaufgabe passen. Ebenso muss vorab definiert sein, wann diese als erledigt gilt. Effektivität bedeutet in diesem Rahmen, dass die Aufgabe in kurzer Zeit und mit wenig Geduld, Gedächtnis- sowie Transferleistungen erledigt werden kann.⁴⁹

Im Rahmen der Steuerbarkeit muss ein interaktives System dem Nutzer die Möglichkeit bieten, Abläufe zu starten sowie seine Geschwindigkeit und - wenn sachlich möglich - die Richtung zu beeinflussen. Nutzer sollten Aufgaben unterbrechen und später zu diesen zurückkehren können.⁵⁰

⁴⁶ Vgl. Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT (Hrsg.): DIN EN ISO-Normen für Usability Engineering, Sankt Augustin 2025 (<https://www.usability-ux.fit.fraunhofer.de/de/richtlinien-und-standards.html>) [Abruf: 02.04.2025]).

⁴⁷ Vgl. DIN Media GmbH (Hrsg.): DIN EN ISO 9241-110:2020-10, Berlin 2020 (<https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-9241-110/320862700>) [Abruf: 12.06.2025]).

⁴⁸ Vgl. Kring, Friedhelm: Die Grundsätze der Dialoggestaltung nach ISO 9241-110, Kissing 2023 (<https://www.weka-manager-ce.de/betriebsanleitung/grundsätze-dialoggestaltung-iso-9241-110/>) [Abruf: 12.06.2025]).

⁴⁹ Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Aufgabenangemessenheit, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/aufgabenangemessenheit/>) [Abruf: 12.06.2025]).

⁵⁰ Vgl. Pelz, Alexander: Usability & Interaktionsprinzipien, Hannover 2023 (<https://ux-ui-design.de/usability-interaktionprinzipien/>) [Abruf: 12.06.2025]).

Außerdem beschreibt dieses Kriterium die Möglichkeit selbstbestimmt im System navigieren zu können.⁵¹

Die Erwartungskonformität ist erfüllt, wenn das System so reagiert wie der Nutzer es erwartet. Damit der Nutzer weiß, wie das System reagiert, muss es stringent und kohärent gestaltet sein. Das heißt einerseits, dass Elemente mit derselben Bedeutung auch an unterschiedlichen Stellen gleich gestaltet sind. Es bedeutet aber auch, dass Konventionen, die in anderen interaktiven Systemen gelernt wurden, Anwendung finden.⁵²

Ein System sollte so gestaltet sein, dass der Nutzer immer in der Lage ist zu erkennen wo er sich gerade befindet, was er an dieser Stelle tun kann, woher er gerade kommt und wie er von diesem Punkt aus weiter navigieren kann.⁵³ Damit der Nutzer diese Fragen beantworten kann müssen in der Gestaltung mehrere Punkte beachtet werden:

- Der Nutzer muss zu jedem Zeitpunkt erkennen wo er sich gerade innerhalb des Systems befindet, dafür müssen ihm Orientierungspunkte gegeben werden.⁵⁴
- Damit ein Nutzer effektiv in dem System navigieren kann, müssen Menü- und Orientierungselemente so gestaltet sein, damit der Nutzer erkennt wohin diese ihn führen werden.⁵⁵
- Das System muss dem Nutzer eine Rückmeldung geben, wenn eine Aktion erfolgreich ausgeführt wurde.⁵⁶
- Damit Nutzer komplexe Aufgaben erfüllen können oder sich unerfahrene Nutzer in einem System zurechtfinden, sollte das System Nutzer bei der Aufgabenstellung Hilfe anbieten.⁵⁷

Dies wird unter dem Kriterium „Selbstbeschreibungsfähigkeit“ zusammengefasst.

Ein System sollte immer an die Präferenzen und Fähigkeiten des Nutzers angepasst werden, sprich es muss individualisierbar sein. Dazu gehört beispielsweise die Zoom-Funktion, die Veränderung der Schriftgröße sowie das Abschalten von Multimedia-Elementen, ohne dass der inhaltliche Zusammenhang verloren geht. Die Individualisierbarkeit ist immer dann sinnvoll, wenn Nutzer unterschiedliche Präferenzen bei der Aufgabenerledigung haben oder unterschiedliche Fähigkeiten absehbar sind.⁵⁸

Ein gut gestaltetes System hilft dem Nutzer im Sinne der Lernförderlichkeit bei der richtigen Bedienung. Wie die Hilfe gestaltet ist, steht im Zusammenhang damit, welche Erfahrungen der Nutzer bereits mit ähnlichen Systemen gemacht haben. Je ähnlicher das System zu bereits verwendeten Systemen ist, desto einfacher fällt dem Nutzer die Bedienung. Aus diesem Grund macht

⁵¹ Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Steuerbarkeit, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/steuerbarkeit/> [Abruf: 12.06.2025]).

⁵² Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Erwartungskonformität, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/erwartungskonformitaet/> [Abruf: 12.06.2025]).

⁵³ Vgl. M8SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Selbstbeschreibungsfähigkeit, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/selbstbeschreibungsfahigkeit/> [Abruf: 12.06.2025]).

⁵⁴ Vgl. ebenda.

⁵⁵ Vgl. ebenda.

⁵⁶ Vgl. ebenda.

⁵⁷ Vgl. ebenda.

⁵⁸ Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Individualisierbarkeit, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/individualisierbarkeit/> [Abruf: 12.06.2025]).

es Sinn auf bereits gelernte Konventionen zurückzugreifen, damit der Nutzer bei der Bedienung möglichst wenig nachdenken muss. Sollte sich die Komplexität nicht verringern lassen, so macht es Sinn Hilfe in Form von Hilfeseiten oder Tutorials anzubieten und einen klaren Rahmen durch eine klare Struktur und Elementen zur visuellen Orientierung anzubieten.⁵⁹

Ein System ist tolerant für Fehler, wenn es möglich ist, trotz falscher Eingabe möglich ist das angestrebte Ziel zu erreichen dieses mit minimalem Korrekturaufwand zu beheben. Hierzu zählen auch Vorkehrungen im frühen Gestaltungsprozess um vermeidbare Fehler zu minimieren. Als Maßnahmen zur Reduzierung von Fehlern, könnten Auswahlmöglichkeiten vorgegeben sein, anstatt das der Nutzer eigene Angaben machen muss. Eine weitere Alternative wäre es, dass das System Fehler eigenständig erkennt und diese automatisch korrigiert.⁶⁰

4.2 User Experience

User Experience (UX) oder zu Deutsch das sogenannte Nutzererlebnis, beschreibt die Erfahrung die der Endnutzer oder auch Anwender mit einem Produkt oder einer Dienstleistung macht. Zumeist wird UX in Zusammenhang mit digitalen Produkten verwendet und beschreibt die Qualität der Interaktion zwischen Anwender und Produkt. UX bezieht sich dabei nicht auf einzelne Aspekte, sondern auf die Summe aller Teile, die in ihrer Gesamtheit die Nutzererfahrung bilden.⁶¹

User Experience Design, oder auch UX Design genannt, ist dabei das Werkzeug bzw. der Prozess, um diese Nutzererfahrung zu erschaffen. Dabei liegt der Fokus nicht auf dem Erscheinungsbild, sondern auf der Funktionsweise des Produkts, sprich ob es sich intuitiv, logisch und allgemein benutzerfreundlich bedienen lässt.

Die User Experience beschreibt demnach alles in allem die Erfahrung die ein Nutzer mit einem Produkt macht. Dies ist eng verbunden mit der Gestaltung des User Interfaces.⁶²

4.3 User Interface

Der Begriff „User Interface“ (UI) lässt sich als Benutzeroberfläche übersetzen und ist der Interaktionspunkt zwischen dem User, also dem Anwender bzw. dem Nutzer und dem Produkt.⁶³ Das bedeutet, dass dies sogleich als Zeitpunkt betrachtet werden kann indem durch Interaktion zwischen Mensch und Produkt ein Bestandteil der o. g. UX entsteht.

⁵⁹ Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Lernförderlichkeit, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/lernfoerderlichkeit/>) [Abruf: 12.06.2025]).

⁶⁰ Vgl. M8 SYNN GmbH (Hrsg.): ISO 9241:10 Fehlertoleranz, Augsburg 2022 (<https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/fehlertoleranz/>) [Abruf: 12.06.2025]).

⁶¹ Vgl. Vinney, Cynthia: What is UX design? Dublin 2025 (<https://www.uxdesigninstitute.com/blog/what-is-ux-design/>) [Abruf: 13.06.2025]), (künftig zitiert: Vinney 2025).

⁶² Vgl. Todorov, Todor/Dochkova-Todorova, Juliana: Accessible UX/UI design, Warna 2023

⁶³ Vgl. eology GmbH (Hrsg.): User Interface (UI), Volkach o. J. (<https://www.eology.de/wiki/user-interface>) [Abruf: 13.06.2025]).

UI im Kontext digitaler Produkte beschäftigt sich dabei mit der visuellen Gestaltung der Benutzeroberfläche eines zu bedienenden Systems. Hierzu zählen u. a. die Gestaltung und Platzierung von Buttons, Schaltflächen und Textfeldern bei Produkten wie z. B. Apps, Webseiten oder anderen Programmen.⁶⁴

Währenddessen die ganzheitliche Erfahrung des Nutzers bei der Handhabung von Produkten als UX beschrieben werden kann, lässt sich das äußere Erscheinungsbild sowie die Interaktionen zwischen Anwender und Produkt durch den Begriff UI zusammenfassen.

⁶⁴ Vgl. Vinney 2025.

5 Related Work

Um einen Überblick zu schaffen, welche bestehenden Interface-Lösungen es gibt, lohnt es sich die Benutzeroberflächen nationaler, europäischer und internationaler Weltraumbehörden wie z. B. die der NASA zu betrachten. Da es bisher keine Interaktion zwischen Utility-Rover und Astronaut über ein GUI auf der Mondoberfläche gab, werden hier ähnliche Projekte wie generelle Desktop-Steuerungsprogramme für Rover, App-basierte Programme sowie einschlägige Werke aus der Science-Fiktion in den folgenden Unterkapiteln genauer betrachtet.

5.1 DLR

Die Lightweight Rover Unit (LRU) wurde als Prototyp vom DLR zur Erkundung von unwegsamem und schwer begehbareren Gelände gebaut und sammelt bei Einsätzen, wie der ARCHES-Weltraumsimulation (Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies), Erkenntnisse für zukünftige, planetare Missionen. Die Übertragung von Daten zwischen der Erde und dem Rover ist aufgrund der Distanz immer zeitverzögert. Aus diesem Grund verfügt der Prototyp über eine semiautonome Steuerung, welche vordefinierte Zielpunkte abfährt und somit die Handhabung vereinfacht. Diese funktioniert über 3D Karten, die die LRU über die eingebaute Kamera aufnimmt. Zusätzlich lässt sich die LRU auch über einen Joystick und Interfaces steuern.⁶⁵ Das zentrale Element auf dem Interface des LRU Control Panels (siehe Abbildung 2) ist eine Geländedarstellung in Vogelperspektive, welche in den Farben Schwarz und Rot gestaltet ist. Zusätzlich gibt es mehrere Buttons über der Darstellung sowie ein Prozentanzeige als Balken-Diagramm. Für diese Elemente werden die Farben Rot, Grün und Blau verwendet. Neben der Geländeansicht ist ein Imageviewer mit einer schwarz-weißen Bild zu sehen.

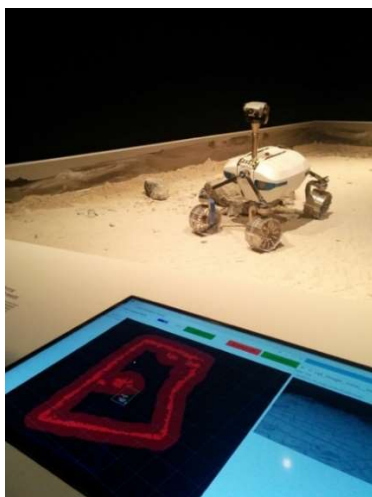


Abbildung 2 - Interface LRU, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, o. O. 2014
(<https://www.dlr.de/de/rm/forschung/robotersysteme/mobile-plattformen/lru> [Abruf: 31.08.2025]).

⁶⁵ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.): LRU, Oberpfaffenhofen-Weßling o. J.
(<https://www.dlr.de/de/rm/forschung/robotersysteme/mobile-plattformen/lru> [Abruf: 18.03.2025]).

5.2 ESA

Das Electronic Field Book (EFB) ist ein Informationssystem, welches auf tragbaren Geräten wie z. B. Tablets verwendet wird und für wissenschaftliche Aufzeichnungen in abgelegenen Umgebungen entwickelt wurde.⁶⁶ Nutzer können wissenschaftliche Daten sammeln, indem sie Bilder, Instrumentenmessungen, schriftliche und audio-Notizen sowie andere Informationen einfügen. Die Daten werden automatisch im Netzwerk hochgeladen. Dadurch können eine bessere Koordination und Unterstützung während verschiedenster Missionen gewährleistet werden. Das EFB ist ein Webbasiertes GUI und kann deshalb auf einer Vielzahl verschiedener Endgeräte genutzt werden.⁶⁷

Beispielhaft sind hier die Ansichten zur Missionsübersicht (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4) sowie eine Seite zur Probensammlung bzw. Darstellung von Messungen (siehe Abbildung 5). Die Missionsübersicht wird über eine Karte in Vogelperspektive dargestellt, auf der nicht nur der zurückgelegte Weg, sondern auch Orte zur Probenentnahme gekennzeichnet wurden. Die Seiten auf denen Messungen Dokumentiert werden (hier: eine Spektrometeraufnahme) bestehen größtenteils aus tabellarischen Darstellungen sowie einer Grafik im oberen Bereich des Interfaces. Bei allen drei Darstellungen befindet sich am unteren Rand eine Menüleiste mit mehreren Icons über die sich die verschiedenen Ansichten und Funktionen ansteuern lassen.

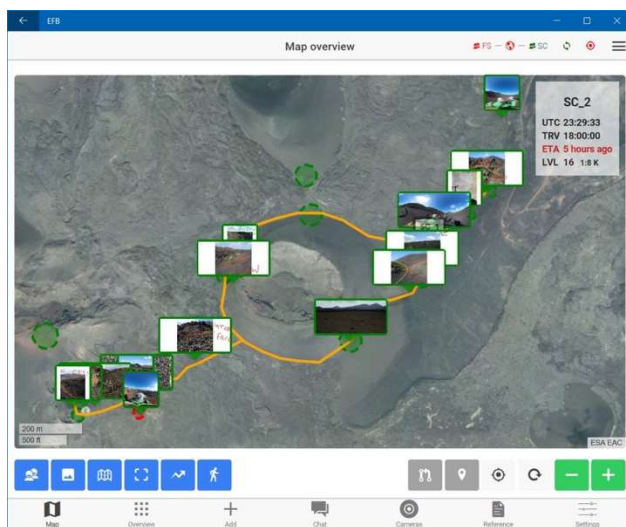


Abbildung 3 - EFB Map Overview, European Space Agency, o. O. 2018
(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/11/The_Electronic_Field_Book_interface [Abruf: 31.08.2025]).

⁶⁶ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): App to the Moon – the Electronic Field Book, o. O. 2018
([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/11/App_to_the_Moon_the_Electronic_Field_Book/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/11/App_to_the_Moon_the_Electronic_Field_Book/(lang)) [Abruf: 05.03.2025]).

⁶⁷ Vgl. Turchi, Leonardo/Payler, Samuel J./Sauro, Francesco et al.: Planetary and Space Science 197; The Electronic FieldBook: A system for supporting distributed field science operations during astronaut training and human planetary exploration. Amsterdam 2021, S. 2 f.

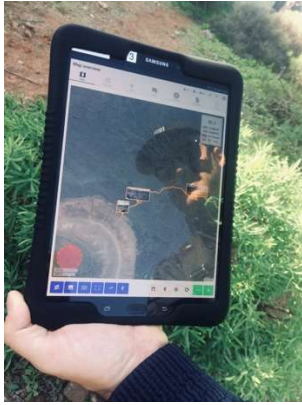


Abbildung 4 - EFB Interface auf Tablet, European Space Agency, o. O. 2018

(https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/11/Electronic_Field_Book_on_geolocation_mode [Abruf: 31.08.2025]).

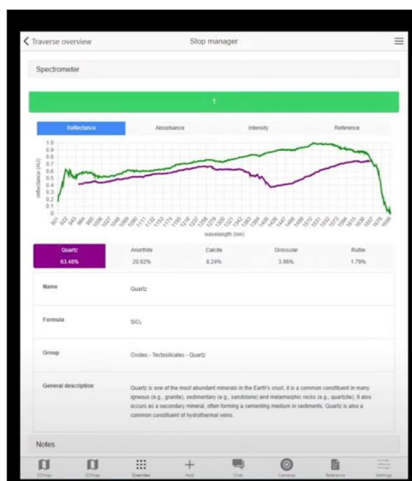


Abbildung 5 - EFB Stop Manager, European Space Agency, o. O. 2022, 00:17 (https://youtu.be/-R0uwxCV_6k [Abruf: 31.08.2025]).

Ein weiteres Projekt der ESA welches sich in dem Kontext lohnt zu betrachten ist der Interact Centaur Rover. Es handelt sich um einen von der ESA entwickelten, ferngesteuerten Rover, der von der International Space Station (ISS) gesteuert wird. Der Rover ist mit einer haptischen Steuerung ausgestattet, welche dem Nutzer durch ein spürbares Feedback den Widerstand simuliert, den der Roboter bei der Interaktion mit Objekten erfährt. Nutzer können den Rover über ein Tablet, welches mit der „Haptics und Interact App“ ausgestattet ist bedienen. Beide GUIs sind in den „On-Board Training Videos“ der ESA gut erkennbar.^{68 69}

⁶⁸ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): Astronaut training: Haptics/Interact - Tablet PC Handling, o. O. 2015 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/(lang)/en) [Abruf: 05.03.2025]).

⁶⁹ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): Astronaut training: Astronaut training: Haptics/Interact - Interact Protocol 2, o. O. 2015 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/(lang)/en) [Abruf: 05.03.2025]).

Beim Haptics GUI (siehe Abbildung 6) ist erkennbar, dass der größte Teil des Bildschirms von Buttons eingenommen wird. Zusätzlich gibt es am unteren Rand noch eine Menüleiste mit der Möglichkeit zwischen verschiedenen Funktionen zu wechseln. Auf dem GUI von Interact (siehe Abbildung 7) ist auf der rechten Seite ein Bild zu sehen, welches eines Rover aus der Vogelperspektive darstellt. Die Linke Hälfte nehmen Buttons ein, die eine Steuerungseinheit darstellen könnten. Beide GUIs sind im Light Mode gehalten.



Abbildung 6 - Haptics GUI, European Space Agency, o. O. 2025, 00:29
 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/(lang)/en) [Abruf: 31.08.2025]).

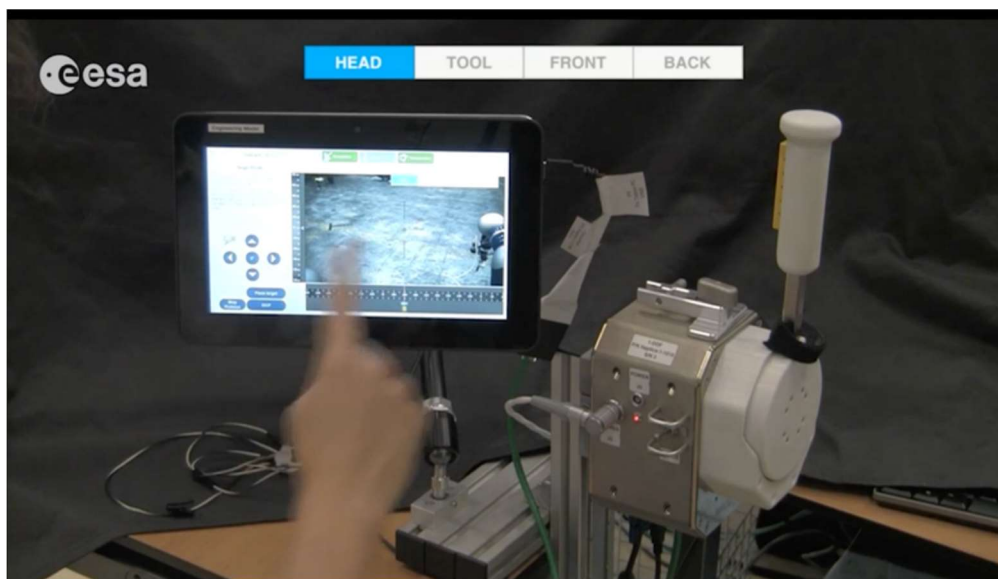


Abbildung 7 - Interact GUI, European Space Agency, 2015, 03:18,
 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/(lang)/en) [Abruf: 31.08.2025]).

5.3 NASA

Anwendungsbeispiele der NASA sind auf der Website des Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA zu finden. Die auf der Website des JPL vorgestellten Benutzeroberflächen sind spezialisierte Softwaretools, die die Interaktion zwischen Menschen und robotischen Systemen, insbesondere Mars-Rovern, erleichtern sollen. Ein zentrales Tool ist das Robot Sequencing and Visualization Program (RSVP), das seit 1997 in allen Mars-Missionen eingesetzt wird, um Befehlssequenzen für Rover und Lander zu erstellen. Die RSVP-Suite umfasst mehrere spezialisierte Werkzeuge, u. a. MobSketch und HyperDrive.

MobSketch ist ein Tool zur Planung von schnellen und einfachen Rover-Fahrwegen.⁷⁰ Nutzer können Fahrbahnen erstellen, indem sie Wegpunkte platzieren, Fahrparameter einstellen sowie manuelle Anpassungen vornehmen. Der größte Teil des GUIs (siehe Abbildung 8) wird von einer gerenderten 3D Umgebung eingenommen, in der der Rover sowie mögliche Fahrwege angezeigt werden. Auf der linken Seite ist ein Menüfenster, in dem verschiedene Parameter angezeigt und eingestellt werden könne.



Abbildung 8 - MobSketch GUI, Volpe, o. J. (<https://www-robotics.jpl.nasa.gov/what-we-do/applications/user-interfaces/> [Abruf: 31.08.2025]).

HyperDrive ist ein Navigationsprogramm, mit welchem Rover mittels 3D-Geländedaten auf der Marsoberfläche navigiert werden können. Ebenso ist der Nutzer hierüber in der Lage Bewegungen des Roboterarms zur Platzierung von Instrumenten auszuführen.⁷¹ Mittig in der GUI (siehe Abbildung 9) ist hier ebenfalls ein digitales Rendering des Rovers in einer Umgebung zu sehen. Am linken oberen Rand ist zusätzlich ein kleineres Fenster mit einer anderen Ansicht zu sehen. Um das größere Fenster herum sind verschiedene Einstellungsmöglichkeiten und Parameter zu sehen. Das Interface

⁷⁰ Vgl. Volpe, Rich: Applications, Pasadena, o. J. (<https://www-robotics.jpl.nasa.gov/what-we-do/applications/user-interfaces/> [Abruf: 06.03.2025]), (künftig zitiert: Volpe o. J.).

⁷¹ Vgl. Volpe o. J.

ist in hellen Grautönen gehalten und nur wenige Buttons wurden durch Gelbe oder Rote Farben hervorgehoben.

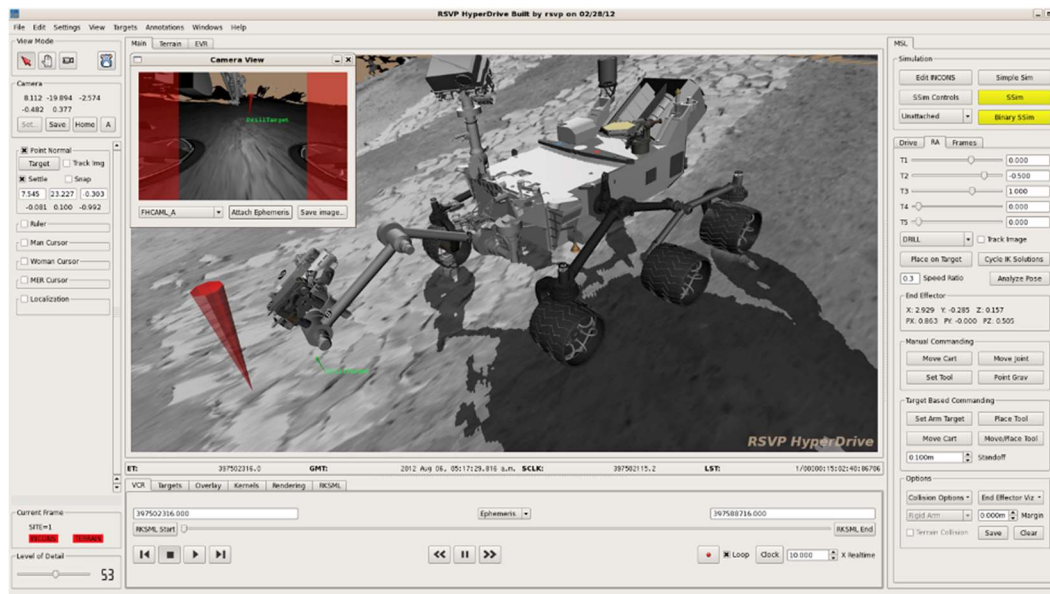


Abbildung 9 - GUI HypeDrive, Volpe, o. J. (<https://www-robotics.jpl.nasa.gov/what-we-do/applications/user-interfaces/> [Abruf: 31.08.2025])

5.4 Kommerzielle Roboter

Die Entwicklung von robotischen Interfaces im kommerziellen Bereich wird nicht staatlich subventioniert, sondern durch den freien Markt reguliert. Aus diesem Grund müssen sich Unternehmen trotz Kosteneffizienz durch Innovation und technologischen Fortschritt von Konkurrenten abheben.⁷² Eine Möglichkeit dies zu erreichen ist eine besonders herausragende User Experience.⁷³ Demnach könnte in Sachen Innovation auch ein Blick in den privaten Sektor hilfreich sein um neue Gestaltungsansätze zu finden.

Der Go2 ist ein vierbeiniger Roboter der chinesischen Firma Unitree. Dank des integrierten LiDAR-Sytsems ist der Go2 in der Lage autonom zu navigieren und Hindernisse zu erkennen.⁷⁴ Manuell gesteuert werden kann der Roboter entweder über eine Handfernbedienung, das Interface der Go2 App oder per Sprachsteuerung.⁷⁵ Die Handfernbedienung ist so aufgebaut, das mittig ein Smartphone platziert werden kann. Seitlich des Smartphones sind Griffe mit Buttons, die verschiedene Interaktionsmöglichkeiten bieten.⁷⁶ Das Interface der Go2 App unterscheidet bei der Benutzung

⁷² Vgl. Leonhard, Frank: Kundenzentriertes vs. effizientes Prozessdesign in einer digitalen Welt – Auswirkungen von Prozess-Design-Entscheidungen auf die (Digital) Customer Experience, Wiesbaden 2017, S. 183.

⁷³ Vgl. ebenda S. 184.

⁷⁴ Vgl. Bunte, Oliver: Unitree bringt agilen vierbeinigen Go2-Roboter für 1600 US-Dollar, Hannover 2023, (<https://www.heise.de/news/Unitree-Go2-Kostenguenstiger-vierbeiniger-Roboter-tanz-auf-zwei-Beinen-9227947.html> [Abruf: 18.03.2025]).

⁷⁵ Vgl. Unitree Robotics (Hrsg.): Go2 User Manual V1.0, Shenzhen 2023, S. 3 f.

⁷⁶ Vgl. ebenda S. 14.

zwischen general, advanced und dem AI-Modus, welche verschiedene Möglichkeiten zur Interaktion bieten. So kann der Nutzer im Menüpunkt „advanced-Modus“ im Untermenü „Programmierung“ einen Bewegungsablauf per Drag and Drop zusammenstellen und diesen in einer Simulation testen, bevor er den Befehl an den Roboter weitergibt.

Das Interface ist minimalistisch aufgebaut und legt den Fokus auf einfache Bedienbarkeit. Es werden hauptsächlich dunkle Grau- bis Schwarztöne verwendet. Zusätzlich wird bei den Übersichtsseiten wie z. B. der Bedienungsanleitung mit 3D Renderings gearbeitet (siehe Abbildung 10). Auf den Funktionsseiten, (siehe Abbildung 11) die z. B. die Bewegung des nachrüstbaren Arms steuern oder dem Programmiermodus (siehe Abbildung 12) werden grafische Darstellungen verwendet. Zur Kennzeichnung der Funktionen wird hier mit Icons gearbeitet – sowohl mit als auch ohne Beschriftung. Zusätzlich werden bunte Kontrastfarben für kritische Funktionen wie z. B. „Stopp“ oder „Speichern“ verwendet. Zur besseren Bedienbarkeit wird im Programmier-Interface mit einer Farbkodierung in Kontrastfarben gearbeitet (siehe Abbildung 12).



Abbildung 10 - Go2 App User Manual, Unitree (Hrsg.), Shenzhen 2025 (<https://www.unitree.com/app/go2> [Abruf: 31.08.2025]).

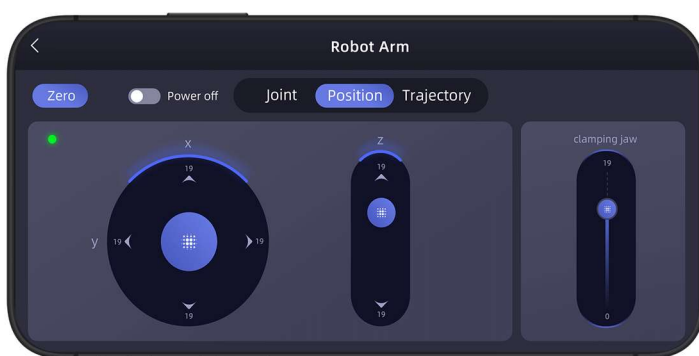


Abbildung 11 - Go2 App Steuerung Nachrüstbarer Arm, Unitree (Hrsg.), Shenzhen 2025 (<https://www.unitree.com/app/go2> [Abruf: 31.08.2025]).



Abbildung 12 - Go2 App Programmiermodus, Unitree (Hrsg.), Shenzhen 2025 (<https://www.unitree.com/app/go2> [Abruf: 31.08.2025]).

5.5 Science Fiction

Nach dieser Betrachtung von Interfacedesign Lösungen die bereits umgesetzt werden, scheint ein Ausblick auf (noch) nicht umgesetzte GUIs aus der Science-Fiction Filmlandschaft sinnvoll. Charakteristisch für dieses Genre sind wissenschaftlich-technische Spekulationen und hochentwickelte Technologien. Es werden im Folgenden zwei bekannte Beispiele dieser fiktiven GUIs genauer betrachtet und deren zentralen Gestaltungspunkte erörtert.

Die erste dieser beiden fiktionalen Lösungen sind die wissenschaftlichen Interfaces aus dem Film „Der Marsianer“ aus dem Jahr 2015. Die große Besonderheit bei diesem Werk ist, dass das Designteam der Filmcrew, welches für die Interfaces (siehe Abbildung 13) verantwortlich war, eng mit Mitarbeitern der NASA zusammengearbeitet haben. Im Ergebnis wirken die Darstellungen auf den Bildschirmen authentisch und professionell.

Zu sehen ist eine große Videowand im Kontrollzentrum der NASA, die in mehrere Abschnitte unterteilt ist. Die Grundfarben sind Dunkelblau bis Schwarz mit weißer und gelber Schrift sowie wenigen kontrastreichen Highlights. Auffällig ist ebenso, dass vor allem Zahlen und Zeichen verwendet wurden, so dass für den Zuschauer kaum erkennbar ist, was dort zu sehen ist.

Durch die Fülle an fiktiven Daten lässt sich keine klare Hierarchie erkennen, was der Darstellung zwar eine höhere Komplexität gibt gleichzeitig aber unübersichtlich wirkt.^{77 78}

⁷⁷ Vgl. Max, Arthur: Earth calling Mars, London 2018 (<https://territorystudio.com/project/the-martian/> [Abruf: 06.03.2025]).

⁷⁸ Vgl. Campbell-Dollaghan, Kelsey: How NASA Helped Make The Martian's User Interfaces Realer Than Real, New-York 2015 (<https://gizmodo.com/how-nasa-helped-make-the-martians-user-interfaces-reale-1734698612> [Abruf: 06.03.2025]).

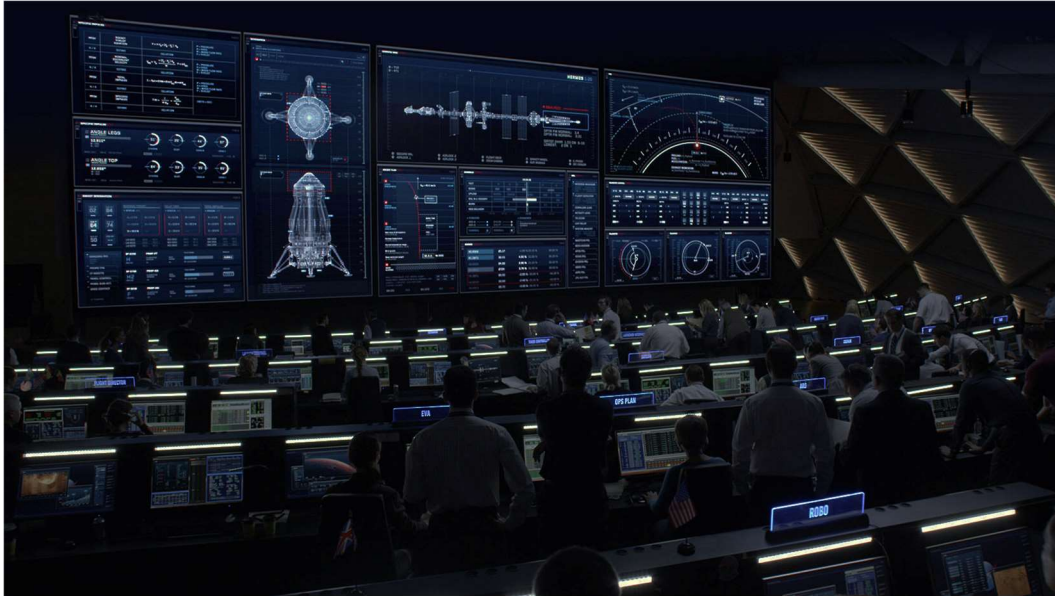


Abbildung 13 - Mission Control Interface der Marsianer, Territory Studio (Hrsg.), London 2018 (<https://territorystudio.com/project/the-martian/> [Abruf: 31.08.2025]).

Ein weiteres interessantes GUI wurde der Öffentlichkeit im Film „Oblivion“ aus dem Jahr 2013 präsentiert. Bemerkenswert ist hier besonders die durchgängige Designsprache, die in den vielen verschiedenen Interfaces verwendet wird. Im Zentrum der Gestaltung stand Minimalismus und Funktionalität um eine moderne Ästhetik zu kreieren.

Das Interface ist, wie bereits beim GUI aus dem Film „Der Marsianer“, in der Farbwahl Dunkelblau bis Schwarz mit kontrastreicher Schrift gestaltet (siehe Abbildung 14). Im direkten Vergleich wird hier insbesondere eine visuelle Art der Informationsgestaltung gewählt. Es sind Geländedaten und Temperaturanzeigen mit farblichen Reglern zu erkennen.^{79 80}

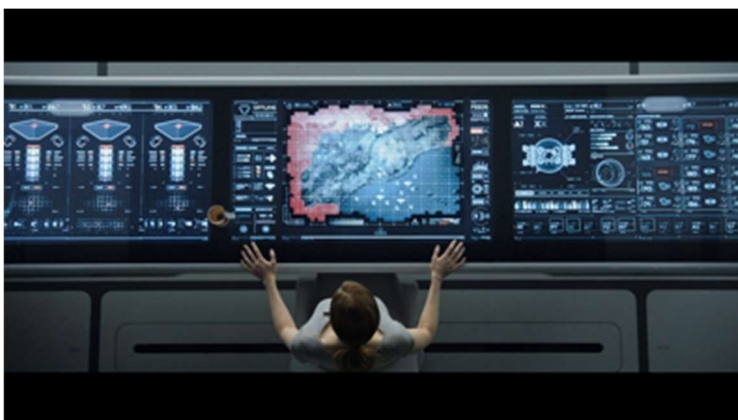


Abbildung 14 - Interface Oblivion, GMUNK Inc. (Hrsg.), Berkeley 2013 (<https://gmunk.com/Oblivion-GFX> [Abruf: 31.08.2025]).

⁷⁹ Vgl. Webedia GmbH (Hrsg.): Oblivion, Berlin 2022 (<https://www.filmstarts.de/kritiken/27405.html> [Abruf: 06.03.2025]).

⁸⁰ Vgl. GMUNK Inc.: Oblivion GFX, Berkeley 2013 (<https://gmunk.com/Oblivion-GFX> [Abruf: 06.03.2025]).

6 User-Centered-Design Prozess am LUNA TRP

Das User-Centered-Design, bedeutet übersetzt so viel wie nutzerzentriertes Design und ist eine Methode, die zur Erstellung von Produkten genutzt wird und der ISO-NORM 9241-210:2019 (Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme) zu Grunde liegt. Beim User-Centered-Design steht, wie der Name schon sagt, der Nutzer mit seinen Fähigkeiten, Wünschen und Bedürfnissen im Zentrum des Entwicklungsprozesses.

Im ersten Schritt des Prozesses wird deshalb eine umfassende Analyse des Nutzers und des Kontexts indem das Produkt genutzt wird durchgeführt. Im weiteren Verlauf der Entwicklungsarbeit wird das Produkt mehrfach mit diesem speziellen Nutzer bzw. einer zuvor definierten festen Nutzergruppe getestet.⁸¹

Der Prozess gliedert sich in die folgenden vier zentralen Phasen:

- Analyse,
- Definition,
- Gestaltung und
- Evaluation.^{82 83}

Die zuvor genannten Phasen können natürlich je nach Bedarf in unbestimmter Häufigkeit wiederholt werden. Das heißt, das auf Grundlage der Evaluationsergebnisse der Prozess erneut mit einer verfeinerten Analyse und dadurch neuen Gestaltungsansätzen durchlaufen wird. So kann sich in mehreren, iterativen Durchläufen dem Ergebnis genähert werden, bis die Nutzerbedürfnisse zufriedenstellend beantwortet wurden.⁸⁴

Nachdem die Methodik des User-Centered-Design Prozess hinreichend beschrieben ist, behandeln die nachfolgenden Unterkapitel die tatsächliche Umsetzung dessen anhand des LUNA TRP Projekts. Hierbei wird auf die einzelnen Verfahrensschritte hinsichtlich des Astronauten Interfaces eingegangen und die allgemeine Herangehensweise an diesem bestimmten Fall dargestellt.

6.1 Analyse

Der erste Schritt des User-Centered-Designs im Rahmen des LUNA TRP Projekts gilt der Analyse der Nutzergruppe des Rovers. Diese Erhebung des Status quo der Anwender bildet die Basis für alle weiteren Schritte dieser Methode. Ziel ist es, ein möglichst tiefes Verständnis für die Nutzergruppe und den Nutzungskontext zu entwickeln. Es ist also zunächst zu ermitteln für wen dieses Produkt

⁸¹ Vgl. Chammas, Adriana/Quaresma, Manuela/Mont'Alvão, Cláudia: A Closer Look on the User Centred Design, In: Procedia Manufacturing, Vol. 3, Rio de Janeiro 2015, S. 5400 ff., (künftig zitiert: Chammas 2015).

⁸² Vgl. ebenda

⁸³ Vgl. Kaeser, Melanie: User-Centered_design Prozess, Chur 2022 (<https://blog.fhgr.ch/uxblog/ucd-prozess/> [Abruf: 13.06.2025]), (künftig zitiert: Kaeser 2022).

⁸⁴ Vgl. Interaction Design Foundation (Hrsg.): User-Centered-Design (UCD), Tranbjerg 2025 (<https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design> [Abruf: 13.06.2025]).

entwickelt wird, in welcher Umgebung und in welcher Situation es genutzt werden soll und vor allem welche Herausforderungen sich in diesem Kontext ergeben können.⁸⁵

Es wurde mittels einer Literaturrecherche und Experteninterviews recherchiert, in welchem physischen und technischen Umfeld sich der Nutzer bewegt. Besonderer Fokus liegt hierbei auf der Frage, unter welchen Bedingungen die Interaktion stattfindet. Da das Interface für die Nutzung auf der Mondoberfläche ausgelegt ist, werden hier die Herausforderungen, wie die eingeschränkte Beweglichkeit in der Extravehicular Mobility Unit (EMU), die reduzierte Schwerkraft, die visuelle Wahrnehmung durch das Helmvisier und die Belastungen durch Zeitdruck sowie die extremen Umweltfaktoren beleuchtet. Diese Umstände definieren den Nutzungskontext, der maßgeblich die Anforderungen an das Interface bestimmt. Die Erkenntnisse der ersten Phase werden in einem Workflow festgehalten, der den Ablauf der Interaktion auf der Mondoberfläche beschreibt.

6.2 Definition

Im Mittelpunkt der zweiten Phase des Prozesses steht die Entwicklung erster Ideen und Lösungsansätze, die auf die in der ersten Phase definierten Herausforderungen reagieren.

In dieser Phase wird zunächst eine genaue Analyse des vorher erstellten Workflows durchgeführt. Dabei wird erfasst, welche Aufgaben die Astronauten zu erfüllen haben und welche dieser Aufgaben unmittelbar durch das Interface unterstützt werden müssen. Die in der ersten Phase erarbeiteten Herausforderungen fließen dabei in Form einer Anforderungs-Hierarchie ein. So entsteht ein Katalog an Kriterien, die das Interface zwingend erfüllen muss, um bestmöglich auf die gesammelten Herausforderungen zu reagieren.

Aus dem Ergebnis dieser Analyse kann dementsprechend ein erster Userflow abgeleitet werden. Er dient im Weiteren als strukturierte Darstellung aller relevanten Funktionen und setzt diese in Kontext zueinander. Der Userflow dient darüber hinaus als Grundlage für die kommende Gestaltungsphase. Er definiert nicht nur die konkreten Aufgaben der Nutzer, sondern überträgt diese Aufgaben in notwendige Funktionen. Hat der Nutzer beispielsweise die Aufgabe ein Foto zu machen, so ist die daraus resultierende Funktion des Systems eine Kameraeigenschaft.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Die zweite Phase des User-Centered-Designs dient der strategischen Planung welche Inhalte und Funktionen gestaltet werden müssen und welchen Anforderungen das System gerecht werden muss.

6.3 Gestaltung

In der dritten Phase des Prozesses werden die entwickelten Ideen und Konzepte in konkrete Gestaltungslösungen übersetzt. Das Ziel dieser Phase ist es, erste Umsetzungen zu erarbeiten, die eine frühe Evaluation durch Testungen oder Interviews ermöglichen.

⁸⁵ Vgl. Gulliksen, Jan/Göransson, Bengt/Boivie, Inger et al.: Key principles for user-centred systems design, In: Behaviour And Information Technology, Vol. 22, Issue 6, o. O. 2003, S. 402., (künftig zitiert: Gulliksen 2003).

Das zentrale Werkzeug dieser Phase sind Prototypen. In frühen Iterationsphasen kann mit einfachen Struktur-Skizzen, auch Wireframes genannt, gearbeitet werden, wobei sich in späteren Phasen interaktive, klickbare Prototypen eher eignen. Diese Prototypen helfen dabei Feedback einzuholen und die Perspektive der Nutzer in den Prozess zu integrieren. Zusätzlich können hier konzeptionelle Werkzeuge wie beispielsweise Moodboards verwendet werden.^{86 87}

Für das Astronauten-Interface bedeutet dies, das aufbauend auf dem entwickelten Userflow erste visuelle Umsetzungen erarbeitet werden und in eine Interface Lösung übersetzt werden. Diese ersten Ideen werden mithilfe einfacher Wireframes festgehalten und im nächsten Schritt in einen Low-Fidelity Prototypen, sprich ein Prototyp mit niedriger Wiedergabetreue, überführt. Hierbei geht es darum den Ablauf und die Navigation im Interface darzustellen – nicht jedoch um gestalterische Aspekte. Es fließen weiterhin die besonderen Anforderungen die sich in den ersten beiden Phasen ergeben haben, wie z. B. die Einschränkung durch die EMU, speziell deren Handschuhe, mit ein. Da es sich um einen iterativen Prozess handelt, werden die Prototypen mit jedem Durchlauf weiterentwickelt.

6.4 Evaluation

In dieser Phase geht es darum durch Methoden wie Interviews und Fragebögen das Feedback der Nutzergruppe einzuholen, um Schwachstellen aufzudecken und das Produkt dahingehend gezielt zu verbessern. Im Zentrum stehen drei Themen: Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit. Ziel ist es herauszufinden ob der Nutzer das Produkt in der bestehenden Form nutzen kann. Fraglich ist, ob er mit dem Status quo die jeweilige Aufgabe bewältigen kann, wie schnell er dies mithilfe des Produktes erledigen kann und wie er die Nutzung und allgemeine Interaktion mit dem Produkt wahrnimmt. Im Anschluss an diese Erkenntnisgewinnung beginnt der Prozess ab einem der vorherigen Schritte erneut, je nach dem in welcher Phase die Probleme bestehen bzw. neu angesetzt werden muss. Der Prozess wird solange durchlaufen bis ein zufriedenstellendes Nutzererlebnis erreicht ist.^{88 89}

Da es sich bei der Nutzergruppe um Astronauten handelt, ist deren Verfügbarkeit für regelmäßige Tests naturgemäß äußerst eingeschränkt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher nur zwei gezielte Iterationsphasen durchgeführt.

Es wurde ein Usability-Test durchgeführt, in welchem den Probanden das Interface zunächst erklärt wurde, bevor im Rahmen eines Experteninterviews Aufgaben eigenständig durchgeführt werden sollten.

Als erster Proband stand dabei der ESA-Astronaut Dr. Matthias Maurer zur Verfügung. Dr. Matthias Maurer ist seit 2015 Mitglied im europäischen Astronautenkorps, schloss 2018 die Grundausbildung für Astronauten und das anschließende Pre-Assignment-Training ab, nahm an mehreren NASA-Analog Missionen teil und war im Jahr 2020 im Rahmen der NASA-Mission „Cosmic Kiss“ 177 Tage im

⁸⁶ Vgl. Chammas 2015, S. 5401.

⁸⁷ Vgl. Impulsphase – Agentur für digitales Marketing (Hrsg.): User-Centered-Design (UCD), Hamburg 2025 (<https://www.impulsphase.de/wiki/user-centered-design> [Abruf: 13.06.2025]).

⁸⁸ Vgl. ebenda.

⁸⁹ Vgl. Gulliksen 2003, S. 398, S. 400 ff.

All, während denen er u. a. einen Außenbordeinsatz an der Internationalen Raum Station (ISS) durchführte.⁹⁰

Er war der einzig verfügbare Vertreter der geplanten Nutzergruppe. Durch die mangelnde Quantität der Testpersonen hätte sich keine belastbare Datenmenge ergeben, weshalb die Gruppe für weitere Experten mit ähnlichen Vorkenntnissen eröffnet wurde. Somit wurden zwei Mitarbeiter des DLR mit langjähriger Erfahrung auf dem Gebiet UX/UI-Entwicklung, sowie die beiden verantwortlichen Projektleiter des LUNA TRP Projektes ebenfalls als Probanden aufgenommen. Die Usability Testung wurde in angeleiteter Form durchgeführt, um trotz der geringen Anzahl tatsächlicher Endnutzer ein vergleichbar hochwertiges Ergebnis zu erzielen.

Diese Kombination aus gestalterischer und technischer Expertise erlaubte eine vielschichtige Rückmeldung zur Gestaltung, Funktionalität und Verständlichkeit des Interfaces. Während die DLR-Experten primär die Nutzerführung, Hierarchien und Interaktionselemente bewerteten, lag der Fokus bei Dr. Matthias Maurer zusätzlich auf der domänenspezifischen Eignung, der Plausibilität des Workflows sowie der Anschlussfähigkeit an reale Missionsabläufe.

Die Fragen der Interviews leiten sich von dem Fragebogen-ISONORM-9241-110-S ab, die auf der gleichnamigen ISO-Norm beruht,^{91 92} welche die Basis für das User-Centred Design ist.⁹³ Die in dem Interview beobachteten Interaktionen und Rückmeldungen dienten als zentrale Grundlage für die Optimierung der Interface-Lösung.⁹⁴ In dem Fragebogen werden Meinungen und Ansichten hinsichtlich der Nutzererfahrung der Probanden mithilfe einer Skala von „sehr negativ“ bis „sehr positiv“ eingeordnet.⁹⁵ In dem für diese Arbeit angepassten Fragebogen wurden diese geschlossenen Fragestellungen in offene Fragen übersetzt um den Raum für ggf. bestehende Rückfragen zu eröffnen.

⁹⁰ Vgl. european space agency (Hrsg.): Matthias Maurer, o. O. o. J. (https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Deutschland_Weltraum/Matthias_Maurer [Abruf: 23.06.2025]).

⁹¹ Vgl. German UPA e.V. (Hrsg.): ISONORM 9241/110, Magdeburg o. J. (<https://germanupa.de/wissen/fragebogenmatrix/isonorm-9241110> [Abruf: 13.06.2025]).

⁹² Vgl. Sarodnick, Florian/Brau, Henning: Methoden der Usability Evaluation. 2. Ausgabe, Bern 2011, S. 187, (künftig zitiert: Sarodnick 2011).

⁹³ Vgl. Kaeser 2022.

⁹⁴ Vgl. Helfferich, Cornelia: Leitfaden- und Experteninterviews, In: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, Wiesbaden 2014, S. 559 ff.

⁹⁵ Vgl. Sarodnick 2011, S. 187.

7 Rahmenbedingungen

Die Steuerung und Nutzung eines robotischen Systems in direkter Zusammenarbeit mit einem Menschen im Kontext der Weltraumforschung, ist, wie in den vorherigen Kapiteln bereits angerissen, das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels verschiedenster Akteure. Diese reichen vom primären Nutzer vor Ort bis zu spezialisierten Expertenteams im Hintergrund, welche die Planung, den Betrieb, die Wartung sowie die wissenschaftliche Auswertung der Mission ermöglichen.⁹⁶ Um die Dynamik solcher Missionen zu verstehen, ist es notwendig, die beteiligten Rollen und deren Aufgabenbereiche genauer zu betrachten. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Nutzer, deren Umgebung im Rahmen des Einsatzes sowie die sich daraus ergebenden Herausforderungen genauer beschrieben. Ebenso werden die daraus resultierenden Designkriterien erläutert.

7.1 Nutzer/Akteure

Zentral bei der Nutzung des LUNA TRP, ist der Hauptnutzer, der direkt mit dem Rover interagiert. Astronauten werden bei Ihrer Arbeit im Weltall klassischerweise durch ein Raumfahrtkontrollzentrum bzw. Mission Control Center durch taktisch-operative und sicherheitsrelevante Anweisungen unterstützt. Das Kontrollzentrum des DLR trägt den Titel German Space Operations Center (GSOC).

Die European Communication Abteilung (EUROCOM) ist Teil des GSOC und für die gesamte Kommunikation mit den Astronauten zuständig.⁹⁷ Dies ist jedoch nur während der regelmäßigen Arbeitszeit der Astronauten der Fall. Außerhalb dieser Zeiten stehen ihnen jedoch die sogenannten Flugdirektoren als Kommunikationspartner auf der Erde zur Verfügung um eine durchgehende Erreichbarkeit zu gewährleisten.⁹⁸

Hinter dieser direkten Kommunikationskette stehen weitere essenzielle Akteure, die die verschiedensten Aufgaben übernehmen jedoch nicht Teil der „Front-Room“ Gruppe sind. Beginnend bei der Koordinationsgruppe für alle geplanten Experimente, über die medizinische Unterstützungseinheit bis hin zu einem Team aus Ingenieuren, welche als Ansprechpartner für technische Probleme fungieren, werden Experten für alle potenziellen Herausforderungen vorgehalten.⁹⁹

⁹⁶ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (Hrsg.): Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC), Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/projekte-und-missionen/iss/das-deutsche-raumfahrtkontrollzentrum> [Abruf: 21.07.2025]).

⁹⁷ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Faszination Raumfahrt – Arbeiten im Raumfahrtkontrollzentrum, Köln o. J. (<https://col-cc.de/col-cc-team/> [Abruf: 21.07.2025]).

⁹⁸ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Eurocom, Köln o. J. (<https://col-cc.de/eurocom/> [Abruf: 21.07.2025]).

⁹⁹ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Hrsg.): Raumfahrt ist Teamarbeit, Köln 2014 (<https://www.dlr.de/de/blog/archiv/2014/raumfahrt-ist-teamarbeit> [Abruf: 21.07.2025]).

7.2 Nutzungsumgebung

Der LUNA TRP ist für den Einsatz auf der Mondoberfläche konzipiert, einer Umgebung, die durch extreme Bedingungen geprägt ist. Faktoren wie starke Sonneneinstrahlung oder eingeschränkte Beweglichkeit durch die EMU beeinflussen die Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion maßgeblich.

Allerdings bildet die Nutzung auf der Mondoberfläche nur einen geringen Teil der tatsächlichen Nutzung ab, da der Rover primär für den Missions- und Forschungsbetrieb in der LUNA-Analoghalle gebaut wurde.

Da nicht für alle Experimente im Weltraum finanzielle und personelle Ressourcen zur Verfügung stehen und auch Ausrüstung und Zeit entscheidende Faktoren sind, werden als Alternative dazu gewisse Missionen analog zu echten Weltraummissionen umgesetzt. So können Technologien wie z. B. Roboterausrüstung oder Stromerzeugung aber auch Verhaltenseffekte wie Isolation auf der Erde getestet werden, bevor sie im Weltraum eingesetzt werden.¹⁰⁰ Die sogenannten planetaren Analog Sites sind Orte, die physikalische Ähnlichkeiten mit den extremen Bedingungen im Weltraum haben.¹⁰¹ Zu den Testorten gehören Wüsten, Ozeane und vulkanische Gebiete¹⁰² aber auch künstliche Analog Sites wie die LUNA Analog Facility¹⁰³ oder die Human Exploration Research Analog der NASA in Houston, Texas, welche als Analogie für Isolation und abgelegene Bedingungen dient.¹⁰⁴

Die LUNA Analog Facility in Köln Porz ist Forschungs- und Testzentrum, welches mit Geldern der ESA und des DLR finanziert wird.¹⁰⁵ Die Anlage verfügt über mehrere Bereiche in denen die verschiedenen Umgebungsbedingungen der Mondoberfläche simuliert werden können, darunter u. a. eine Staubkammer, eine Luftschleuse und das Herzstück, ein 700 m² großer Bereich, der mit künstlichem Mondstaub, der Regolith-Simulanz EAC-1A ausgestreut ist (siehe Abbildung 15).¹⁰⁶ ¹⁰⁷ Das Regolith-Becken teilt sich in zwei Bereiche: dem Testfeld und der Deep Floor Area. Das Gelände des Testfelds kann an die jeweiligen Missionsanforderungen angepasst werden, wodurch es möglich ist verschiedenen Landschaften wie Hügeln, Kratern oder ebene Oberflächen nachzubilden. Zusätzlich stehen auch verschiedene Gesteinsproben für Messungen zu Verfügung wobei eingebaute Sensoren

¹⁰⁰ Vgl. National Aeronautics and Space Administration (Hrsg.): Analog Missions, o. O. 2025 (<https://www.nasa.gov/analog-missions/> [Abruf: 23.05.2025]), (künftig zitiert: National Aeronautics and Space Administration 2025).

¹⁰¹ Vgl. Cermak, Alicia: 10 Things to Know About Planetary Analogs - NASA Science, o. O. 2025 (<https://science.nasa.gov/earth/10-things-to-know-about-planetary-analogs/> [Abruf: 23.05.2025]).

¹⁰² Vgl. National Aeronautics and Space Administration 2025.

¹⁰³ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Hrsg.): Trainingsanlage für astronautische und robotische Mond-Missionen: Köln 2024 (<https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2024/trainingsanlage-fuer-astronautische-und-robotische-mond-missionen> [Abruf: 23.05.2025]).

¹⁰⁴ Vgl. National Aeronautics and Space Administration (Hrsg.): Hera, o. O. 2025 (<https://www.nasa.gov/mission/hera/> [Abruf: 23.05.2025]).

¹⁰⁵ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Hrsg.): LUNA Analog Facility KURZÜBERSICHT, o. O. 2024 (https://luna-analog-facility.de/wp-content/uploads/2024/12/2024-12-03_LUNA-One-pager.pdf [Abruf: 23.05.2025]).

¹⁰⁶ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Hrsg.): LUNA, Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/mp/forschung-transfer/forschungsinfrastruktur/luna> [Abruf: 23.05.2025]).

¹⁰⁷ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Hrsg.): Ausstattung, Köln 2025 (<https://luna-analog-facility.de/fuer-nutzer/luna-elemente/> [Abruf: 23.05.2025]), (künftig zitiert: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. 2025).

es den Forschern ermöglichen die Experimente zu überwachen. Während das Regolith Testfeld eine Tiefe von 60 cm hat, ist die Deep Floor Area mit einer Tiefe von bis zu drei Metern darauf ausgelegt, Vorgänge wie Ausgrabungen und Bohrungen zu testen. Dieser Bereich ist außerdem mit einem künstlichen Lavatunnel, sowie verschiedenen, im Regolith vergrabenen Objekten ausgestattet, damit z. B. Technologien für Untergrunddarstellungen getestet werden können.

Neben weiteren Modulen wie einer Sonnensimulation oder einem ESA-Argonaut Lander, stehen in der LUNA Analog Facility auch zwei EMUs, in diesem Fall EXCON-Analoganzüge der Marke Atlas Devices, zur Verfügung. Auch diesbezüglich ist die Anlage mit Überwachungs- und Kontrollsystemen ausgestattet, um die getesteten Missionen zu überwachen und Arbeitsprozesse sowie Technologien vor dem realen Einsatz testen zu können.¹⁰⁸



Abbildung 15 – Regolith-Feld in der Luna Analog Facility, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln 2025
(<https://luna-analog-facility.de/fuer-nutzer/luna-elemente/> [Abruf: 31.08.2025]).

Die Analogumgebung erlaubt eine praxisnahe Erprobung und Weiterentwicklung von Interfaces und Interaktionsstrategien, ohne dabei die realen Bedingungen einer Mondmission aus dem Blick zu verlieren.

¹⁰⁸ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. 2025.

7.3 Herausforderungen

Die Herausforderungen, die sich aus der Nutzergruppe und dem Nutzungskontext ergeben, lassen sich in drei Bereiche einordnen. Es bestehen vor allem Einschränkungen in der Sicht sowie in der Bewegung, aber auch kognitive Einschränkungen durch verschiedenste Ursachen stellen Schwierigkeiten im Missionsgeschehen dar. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden diese Problematiken und deren Ursprung genauer erläutert.

7.3.1 Einschränkungen der Sicht

Eine zentrale Herausforderung für Missionen auf der Mondoberfläche, insbesondere in den Polarregionen, stellt die komplexe Beleuchtungssituation dar. Aufgrund der fehlenden Atmosphäre, der niedrigen Sonnenstände und des stark zerklüfteten Geländes kommt es zu extremen Kontrasten zwischen Licht und Schatten sowie zu starker Blendung.¹⁰⁹ Da auf dem Mond weder Umgebungsgeräusche noch Gerüche vorhanden sind und auch taktile Reize durch Raumanzüge stark eingeschränkt werden, sind Astronauten in besonderem Maße auf visuelle Informationen angewiesen.¹¹⁰ Sensorisch ist das zentrale Nervensystem während eines Raumflugs mit veränderten Informationen konfrontiert: Die Gleichgewichtsorgane liefern durch den fehlenden Schwerkrafteinfluss keine typischen Reize mehr, während Berührungs- und Lagewahrnehmung reduziert sind. Das Nervensystem muss diese Informationen neu gewichten und sich auf andere Sinneseindrücke wie das Sehen verlassen.¹¹¹

Gleichzeitig sind jedoch viele dieser visuellen Reize durch die speziellen Lichtverhältnisse verändert oder beeinträchtigt, was die Wahrnehmung von Distanzen, Geländeformen und Hindernissen zusätzlich erschwert. Besonders kritisch sind die niedrigen Sonnenstände in der Nähe der Pole, die großflächige Schattenwürfe erzeugen und Täuschungen begünstigen.¹¹²

Des Weiteren kommt es durch die fehlende Gravitation im All und die Mikrogravitation auf dem Mond zu einer Verschiebung der Körperflüssigkeiten, dem sogenannten Fluid Shift. Dies führt neben anderen Symptomen zu einem erhöhten Augeninnendruck. Der Druckanstieg wird mit Veränderungen am Auge in Verbindung gebracht, die bei einem erheblichen Anteil der Astronauten während und nach Langzeitmissionen zu deutlichen und teilweise dauerhaften Beeinträchtigungen der Sehkraft geführt haben.¹¹³

¹⁰⁹ Vgl. Kaiser, Mary K./Ahumada, Albert J.: Perceptual Challenges of Lunar Operations. SAE Technical Paper Series, Moffett Field 2008, S. 1, (künftig zitiert: Kaiser 2008).

¹¹⁰ Vgl. ebenda.

¹¹¹ Vgl. Seidler, Rachael D./ Mao, Xiao Wen/Tays, Grant D. et al.: Effects of Spaceflight on the Brain, In: The Lancet Neurology Vol. 23, Issue 8, London 2024, S. 832.

¹¹² Vgl. Kaiser 2008, S. 1.

¹¹³ Vgl. Nelson, Emily S./Mulugeta, Lealem/Myers, Jerry: Microgravity-Induced Fluid Shift and Ophthalmic Changes In: Life (Basel), Nr. 4, o. O. 2014, S. 623.

7.3.1 Einschränkung der Bewegung

Eine weitere Herausforderung ist die Bewegungseinschränkung durch die EMU. Trotz ihrer Schutzfunktion stellt sie eine erhebliche physische Einschränkung für den Träger dar. Durch die notwendige Druckbeaufschlagung von 4,3 bis 8,3 psi bzw. ca. 0,29 bis ca. 0,57 bar wird der Anzug zu einer halbstarren Hülle, die den natürlichen Bewegungsablauf der menschlichen Gelenke stark beeinträchtigt. Bewegungen im Anzug erfordern zusätzlichen Kraftaufwand, da die Astronauten gegen den Widerstand des Innendrucks arbeiten müssen, wodurch die körperliche Belastung erhöht wird.¹¹⁴

Neben den allgemeinen Einschränkungen durch den Raumanzug, stellen insbesondere die Handschuhe (siehe Abbildung 16) eine weitere zentrale Herausforderung für die Ausführung von EVAs dar. Als essenzieller Bestandteil des Raumanzugs müssen EVA-Handschuhe sowohl Schutzfunktionen als auch ausreichende Beweglichkeit und Tastsensibilität gewährleisten. Die derzeit verwendeten Handschuhe beeinträchtigen jedoch die manuelle Leistungsfähigkeit der Astronauten erheblich und führen u.a. zu einem erhöhten Kraftaufwand beim Greifen, zu eingeschränkter Fingerbeweglichkeit und infolgedessen zu schnellerer muskulärer Ermüdung.¹¹⁵

Die eingeschränkte Beweglichkeit der Finger, insbesondere unter Druckbedingungen von bis zu 8,3 psi, mindert die Präzision und Geschwindigkeit bei feinen Handbewegungen und stellt damit eine erhebliche Belastung bei komplexen Arbeiten im Außenbereich von Raumfahrzeugen oder Stationen dar.¹¹⁶



Abbildung 16 - EMU Handschuhe, Shiflett, Kim, Merritt Island 2009 (<https://images.nasa.gov/details/KSC-2009-6463> [Abruf: 31.08.2025]).

¹¹⁴ Vgl. Green, Will/Kim, Han/Benson, Elizabeth et al.: Spacesuit Contact with Wearer: Analysis and Visualization, In: Acta Astronautica Vol. 222, London 2024, S. 450 f.

¹¹⁵ Vgl. Rawal, Srishti/Madhubalan, Aswini/Manikandan, Puviyarasu et al.: Study on the Design of Space Gloves and EVA Suits with Future Challenges, In: Textile & Leather Review Vol. 5., Donji Laduč 2022, S. 18 f.

¹¹⁶ Vgl. ebenda.

7.3.3 Kognitive Einschränkungen

Zusätzlich zu den technischen Herausforderungen gibt es während einer Mondmission weitere Belastungen auf den Körper und die Psyche der Astronauten, die Einfluss auf ihre kognitiven Fähigkeiten haben. Während Langzeitmissionen im All berichten Astronauten wiederholt von vorübergehenden kognitiven Beeinträchtigungen. Diese äußern sich unter anderem in verminderter Konzentrationsfähigkeit, einer erhöhten Fehleranfälligkeit, gestörten Zeitgefühl, verlangsamten motorischen Reaktionen sowie einer erschwerten Fähigkeit zum Multitasking. Diese Faktoren führen insgesamt zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit bei der Ausführung zuvor trainierter Aufgaben. Die Ursachen dafür sind vielschichtig: Zum einen könnten direkte Auswirkungen der Schwerelosigkeit eine Rolle spielen, zum anderen begünstigen auch stressbedingte Faktoren wie Schlafmangel, körperliche Erschöpfung infolge hoher Arbeitsbelastung, lange Aufgabenzyklen, Lärm und psychische Anpassung an die ungewohnte und lebensfeindliche Umgebung die kognitiven Einschränkungen. Gerade bei der Steuerung von komplexen Systemen sind jedoch kognitive und psychomotorische Fähigkeiten essenziell. Besonders räumliche und zeitliche Orientierungsleistungen sind bei der Navigation und beim präzisen Steuern von Geräten entscheidend.¹¹⁷

7.4 Designkriterien

Die beschriebenen Herausforderungen der lunaren Umgebung sowie der Simulationsbedingungen in der LUNA Analog Facility haben unmittelbare Auswirkungen auf die Gestaltung eines grafischen Interfaces für den LUNA TRP.

Die Lichtverhältnisse auf dem Mond, insbesondere an den Polen, unterscheiden sich stark von denen der Erde. Die langen, harten Schatten, in Kombination mit der hohen Lichtintensität ohne atmosphärische Streuung beeinträchtigen die Sicht erheblich und es kann infolge dessen zu irritierenden Helligkeitswechseln führen. Für die Interfacegestaltung bedeutet dies konkret, dass Elemente auch bei starker Sonneneinstrahlung gut erkennbar bleiben müssen. Klare, großflächige UI-Elemente unterstützen die schnelle Erfassung relevanter Informationen auch bei eingeschränkter Sicht. Ebenso vereinfachen hohe Kontraste die Interaktion mit dem Interface.

Durch die bereits beschriebenen Einschränkungen der EMUs müssen Interfaces mit grobmotorischen Bewegungen zuverlässig bedienbar sein. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass kleine Bedienelemente oder komplexe Gesteninteraktionen nicht praktikabel sind. Stattdessen sind große Buttons mit ausreichendem Abstand zueinander und einfache Interaktionsmuster erforderlich. Zudem ist jede Handbewegung mit einer großen Anstrengung verbunden und verbraucht Kraft, die der Astronaut an anderen Stellen ggf. eher braucht. Das heißt, dass Interaktionen, für die der Finger gestreckt oder gekrümmt werden muss möglichst vermieden oder zumindest auf das notwendige Minimum reduziert werden sollten.

Darüber hinaus muss das Interface den kognitiven und psychischen Belastungen gerecht werden indem es den Astronauten entlastet und die Informationsverarbeitung unterstützt. Dies kann durch

¹¹⁷ Vgl. Kuldavletova, Olga/Navarro Morales, Deborah C./Quarck, Gaëlle et al.: Spaceflight Alters Reaction Time and Duration Judgment of Astronauts, In: Frontiers in Physiology 14, Caen 2023, S. 1 f.

ein minimalistisches Design und klare Handlungsanweisungen erreicht werden. Fehlertoleranz, beispielsweise durch Bestätigungsdialoge, kann Bedienfehler unter Stressbedingungen minimieren.

Aus den zuvor genannten Herausforderungen lassen sich folgende Designkriterien ableiten, die nicht nur das Design der Benutzeroberfläche, sondern auch den Aufbau des Interfaces und die Gestaltung der Interaktion beeinflussen:

1. Es müssen zwingend Sicherheitsvorkehrungen für alle möglichen Risiken getroffen werden, die im Idealfall keine kognitive Belastung darstellen. Der gleichzeitige Einsatz eines Rovers und eines oder mehrerer Astronauten stellt ein enormes potenzielles Risiko für Leib und Leben und infolgedessen auch für den Missionserfolg dar.
2. Die mentale Beanspruchung der Astronauten sollte durch das GUI weitestgehend eingeschränkt werden. Bestenfalls sollte das Interface dem Astronauten Entscheidungen abnehmen.
3. Interaktionen mit dem GUI kosten den Astronauten Kraft und sollten möglichst gering ausfallen. Durch Einschränkung der EMU-Handschuhe in Bezug auf die Motorik in den Händen sind Interaktionen äußerst fordernd.

8 Workflow und Userflow

Als Grundlage für die Erstellung eines qualitativ hochwertigen GUI sind zunächst ein Workflow und ein sich daraus entwickelnder Userflow zwingend erforderlich. Der Workflow spiegelt dabei die Interaktion zwischen allen Akteuren wider. Der Userflow hingegen ist die eigentliche Architektur des GUI.

Der erste Schritt war somit die Entwicklung eines Workflows, der die Interaktionen zwischen Astronauten und Rover auf der Mondoberfläche und dem Kontrollzentrum auf der Erde zusammenfasst. Da der LUNA TRP bei Betriebsbeginn hauptsächlich als bewegliche, höhenverstellbare Werkbank bei geologischen Aufgaben fungiert, wurde sich hier auf die Abbildung dieser Funktionsweise konzentriert.

Als Grundlage dienten dabei existierende geologische Arbeitsabläufe auf der Erde, insbesondere jene der PANGAEA-Missionstrainings der ESA, bei denen Astronauten auf die geologische Exploration planetarer Oberflächen vorbereitet werden¹¹⁸. Ziel war es, aus diesen Prozessen Muster und Abläufe abzuleiten und in den Kontext einer Mission auf der Mondoberfläche zu setzen.

Im Rahmen eines ersten Entwurfs wurden dabei sowohl die physischen und kognitiven Einschränkungen der Astronauten als auch die Interaktion mit dem LUNA TRP Rover, dem Tablet-Interface sowie der Bodenstation (Mission Control) berücksichtigt. Die in Kapitel 7.3 beschriebenen Herausforderungen und Einflüsse der Nutzungsumgebung sowie die daraus abgeleiteten Designkriterien in Kapitel 7.4 bildeten dabei die zentrale Bewertungsgrundlage für die Funktionalität und Realisierbarkeit einzelner Prozessschritte.

Zur Validierung und Weiterentwicklung dieses ersten Entwurfs wurde ein interdisziplinärer Workshop durchgeführt, an dem neben der Verfasserin dieser Arbeit der Industriedesigner Tilo Wüsthoff, zwei UX/UI-Designer, Dr. Matthias Maurer sowie die beiden Projektleiter des LUNA TRP-Teams, Bernhard Vodermayr und Martin Görner teilnahmen. Der Workshop wurde von der Verfasserin dieser Arbeit konzipiert und moderiert. Ziel war es, einen praxistauglichen Ablauf für die Mensch-Roboter-Interaktion in der Mission zu definieren und die Steuerung der Kernfunktionen einem der Akteure zuzuweisen. Dabei wurde jeder Teilschritt des Workflows, von der Traverse zum Untersuchungsgebiet bis zur Protokollierung und Rückmeldung der Ergebnisse, hinsichtlich seiner Umsetzbarkeit und funktionalen Anforderungen überprüft und angepasst.

Das Ergebnis dieses Workshops ist ein missionsspezifischer Interaktionsablauf, der sowohl die Perspektiven des Astronauten, die technischen Gegebenheiten und operativen Anforderungen des LUNA TRP Systems und die Perspektive von Mission Control zusammenfasst. Dieser Workflow bildet die Grundlage für die Struktur und Navigation des entwickelten Interfaces und stellt sicher, dass sowohl technische als auch nutzerzentrierte Anforderungen berücksichtigt wurden (siehe Anhang 13 und 14).

Die Erkenntnisse des Workflows haben unmittelbaren Einfluss auf den strukturellen Aufbau des Interfaces. Schon bei der Ausarbeitung des Workflows wurde deutlich, dass sich die Funktionalitäten

¹¹⁸ Vgl. European Space Agency (Hrsg.): What is PANGAEA?, o. O. o. J. (https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/CAVES_and_Pangaea/What_is_PANGAEA [Abruf: 22.07.2025]).

des Interfaces in zwei klar voneinander abgegrenzte Nutzungskontexte unterteilen lassen: die Phase der Traverse, also der Fortbewegung zur Region of Interest (ROI) und die Phase der geologischen Untersuchung vor Ort. Während der Traverse liegt der Fokus auf Navigation und Gefahrenvermeidung, wohingegen im Untersuchungsgebiet geologiebezogene Funktionen wie Protokollierung und Probenmanagement im Vordergrund stehen.

Diese funktionale Trennung spiegelt sich in der inhaltlichen Strukturierung des Interfaces wider und wurde an eine gezielte Sicherheitsabfrage gekoppelt. Hierdurch wurde sichergestellt, dass bestimmte Interaktionen, wie die Dokumentation von Gesteinsmerkmalen, nur im Stand und bei deaktivierter Roverbewegung möglich sind. Hintergrund dieser Entscheidung ist die Tatsache, dass während der Fahrt ein erhöhtes Gefährdungspotenzial, wie das Überrollen oder Anfahren, für den Astronauten vom LUNA TRP ausgeht.

Durch diese bewusste funktionale Trennung wird nicht nur die Bediensicherheit erhöht, sondern auch die mentale Last für die Astronauten reduziert, da in jeder Phase nur die kontextrelevanten Funktionen verfügbar sind.

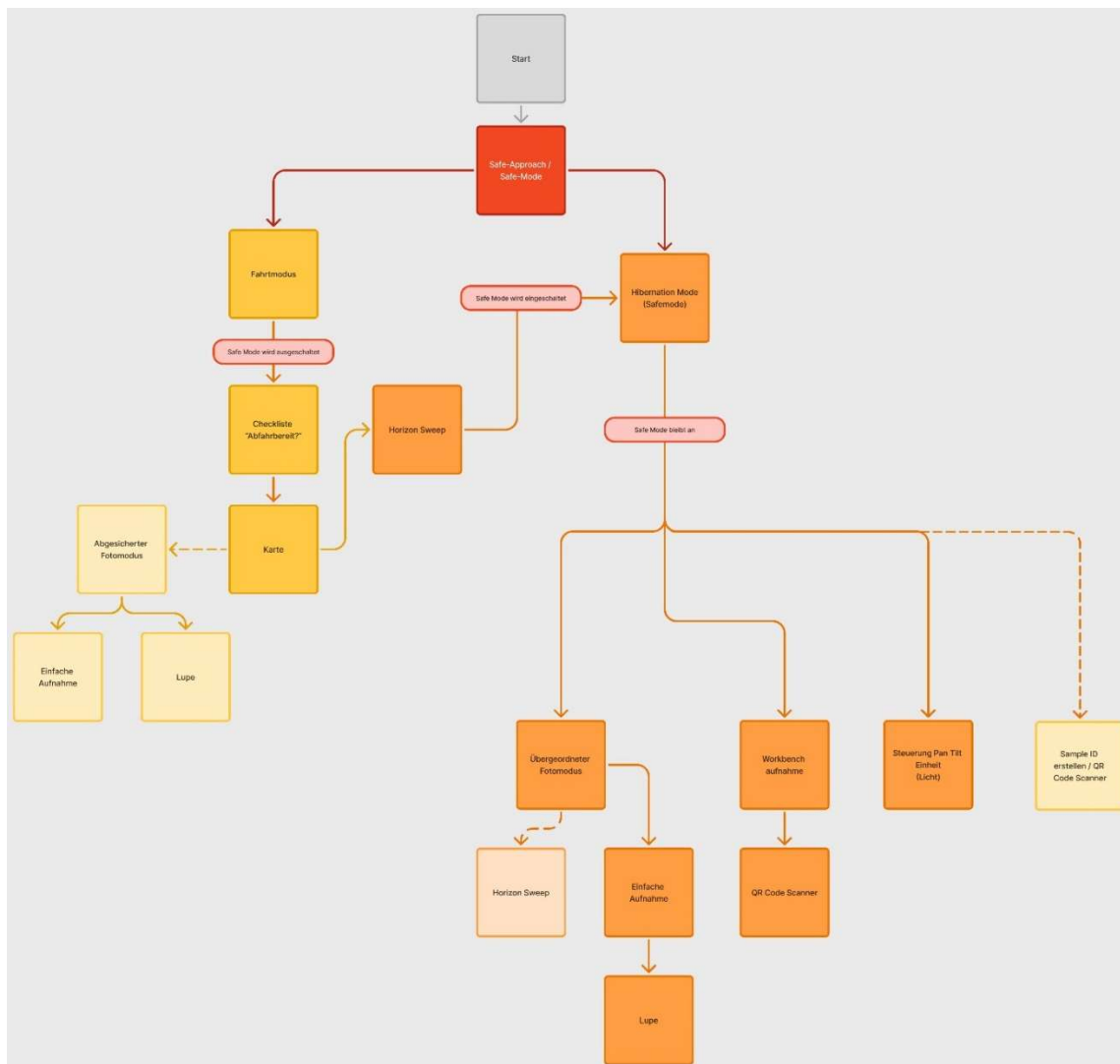


Abbildung 17 - Userflow 1, Eigene Darstellung.

9 Testungen

Als Werkzeuge zur Erstellung der Prototypen wurden in frühen Stadien der Entwicklung Skizzen-Wireframes verwendet, die zur Testung in interaktive Prototypen übersetzt wurden. Hierfür wurde das Programm „Figma“ verwendet, mit welchem sich auch komplexere Klickprototypen einfach realisieren lassen.¹¹⁹

Ziel des Testdesigns war es, frühzeitig kritische Nutzungsprobleme zu identifizieren, Gestaltungshypothesen zu überprüfen und gezielt Gestaltungsprinzipien abzuleiten, die sowohl für die Nutzung im Analogkontext als auch in zukünftigen planetaren Missionen Relevanz haben. Dafür wurde im Rahmen eines Leitfadeninterviews den zu testenden Personen das Interface zunächst erläutert. Anschließend musste der Proband in einem sogenannten „Thinking-Aloud-Test“ verschiedenen Aufgaben bewältigen,¹²⁰ welche den vollen Funktionsumfang des Interfaces abbilden. Nachfolgend wurde die Nutzungserfahrung abgefragt und entsprechend dokumentiert.

9.1 Testaufbau

Die Testung mit dem Endnutzer fand in sitzender Position bei standardisierter Zimmerbeleuchtung im Keller des DLRs in Oberpfaffenhofen statt. Der getestete Klickprototyp wurde auf einem Tablet präsentiert und vom Teilnehmenden selbst bedient. Zur besseren Einordnung wurden zusätzlich ausgedruckte Versionen von Work- und Userflow bereitgestellt und erläutert. Das Interview selbst folgte einem semistrukturierten Fragenkatalog und wurde vollständig per Video aufgezeichnet, um im Anschluss systematisch ausgewertet werden zu können.

Die Interviews mit den weiteren Testpersonen fanden unter vergleichbaren Bedingungen in Meetingräumen am DLR in Oberpfaffenhofen bzw. digital statt, mit dem einzigen Unterschied, dass Tageslichtverhältnisse herrschten

Zusätzlich zur Usertestung wurde der Workflow an einem Low-Fidelity-Mockup des Rovers in Originalgröße erprobt (siehe Abbildung 18). Zur Überprüfung der Plausibilität unter realitätsnahen Bedingungen kamen außerdem EMU-Simulationshandschuhe (siehe Abbildung 19) sowie eine Raumanzug-Attrappe um Einsatz, welche die Bewegung, wie beispielsweise das Vorbeugen, deutlich einschränken (siehe Abbildung 20).

Für die zweite Iteration wurde der Fragebogen um einen gestaltungsspezifischen Aspekt ergänzt. Dieser war in der ersten Testrunde noch nicht relevant, da der Fokus zuerst ausschließlich auf Struktur und Funktionalität des Interfaces lag. Außerdem wurde der Workflow erneut mit EMU-Simulationshandschuhen an einem Low-Fidelity-Prototypen der Workbench sowie mit einem Mockup-Halter für das Tablet getestet, um die optimale Positionierung des Tablets für den Astronauten zu evaluieren.

¹¹⁹ Vgl. Figma Inc. (Hrsg.): Figma für Prototypen - Realistische Nutzererfahrungen in Sekundenschnelle, Berlin o. J. (<https://www.figma.com/de-de/prototypen/> [Abruf: 22.07.2025]).

¹²⁰ Vgl. Sarodnick 2011, S. 172.

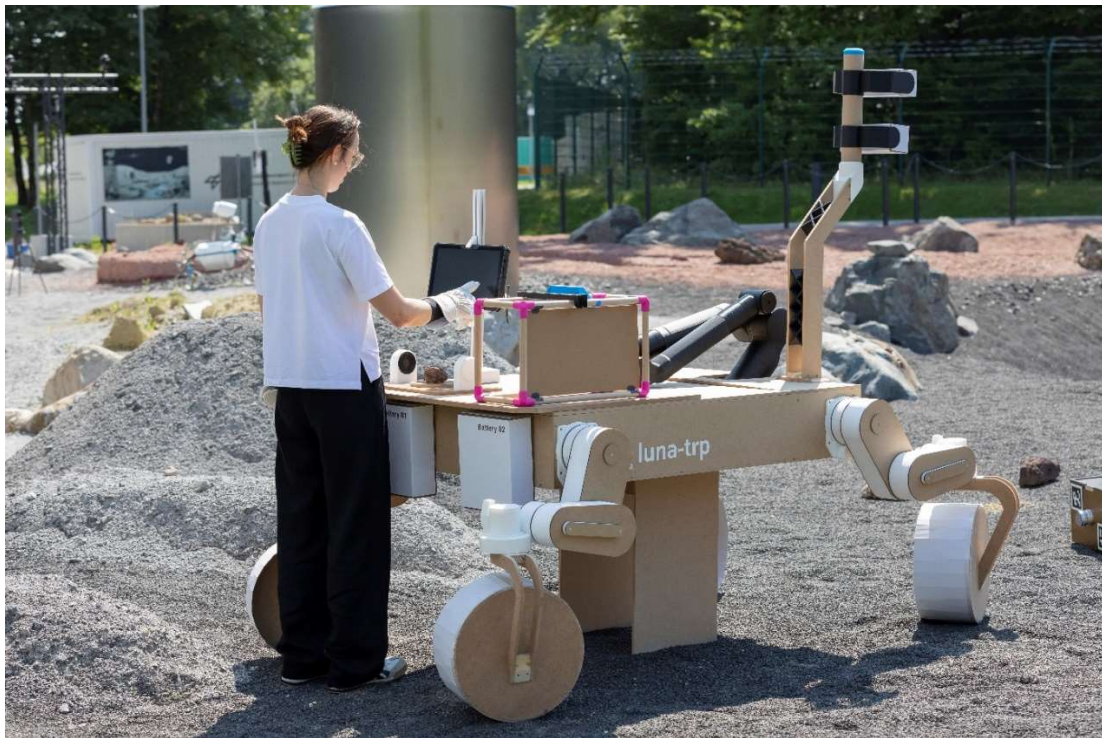


Abbildung 18 - Low Fidelity Mockup LUNA TRP, Eigene Darstellung.



Abbildung 19 - EMU Handschuh Attrappe, Eigene Darstellung.



Abbildung 20 - EMU Attrappe, Eigene Darstellung.

9.2 Erste Phase: Annahmen und Designentscheidungen

Die Gestaltung des Interfaces basiert auf einer Reihe von Annahmen und Rahmenbedingungen, die aus vorhergehenden Studien des LUNA TRP-Teams, aus dem ausgearbeiteten Work- und Userflow sowie aus den in Kapitel 7.3 beschriebenen nutzungsspezifischen Herausforderungen abgeleitet wurden. Eine zentrale gestalterische Annahme war die zweihändige Bedienung des Tablets, wie sie in einem früheren Ergonomie-Workshop des LUNA TRP-Teams definiert wurde. Diese Grundhaltung hatte maßgeblichen Einfluss auf die Platzierung der Interface-Elemente.

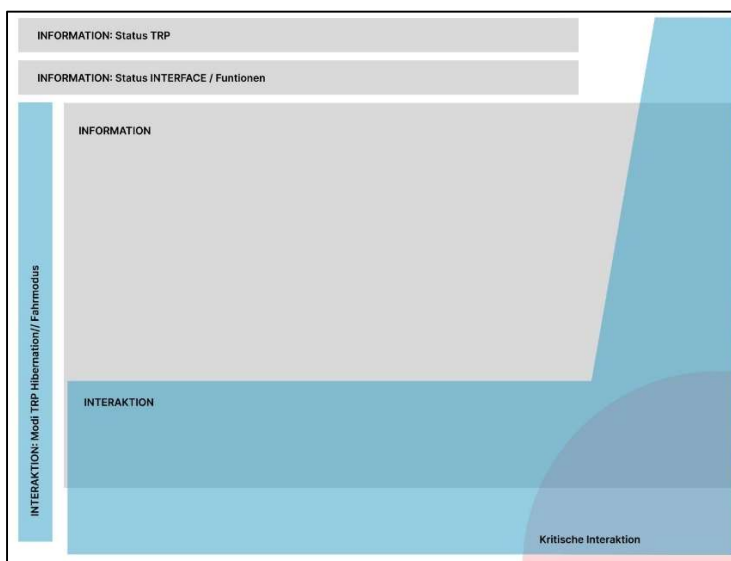


Abbildung 21 - Layout erster Prototyp, Eigene Darstellung.

Aus diesen Annahmen lassen sich mehrere Gestaltungsprinzipien ableiten: kritische Funktionen wurden gezielt im unteren Bereich des Interfaces platziert, da dieser in der zweihändigen Haltung am leichtesten erreichbar ist. Zudem wurde bewusst darauf geachtet, dass bestätigende und destruktive Interaktionen (z. B. „Ja“ und „Abbrechen“) räumlich getrennt voneinander positioniert sind. Hintergrund dieser Entscheidung ist die geringe Touchpräzision der EVA-Handschuhe (siehe Abbildung 21), die aufgrund ihrer isolierenden Schichten eine große Auflagefläche besitzen und feine Eingaben erschweren. Durch die räumliche Trennung soll die Wahrscheinlichkeit versehentlicher Eingaben deutlich reduziert werden.

Auch die Platzierung von Statusinformationen wurde entsprechend angepasst: kritische Systeminformationen, wie der aktuelle Rover-Zustand, wurden zentral im oberen Bildschirmbereich positioniert. Diese Zone liegt im direkten Sichtfeld des Astronauten und ist in keinem Fall durch die Hände oder den Anzug verdeckt. Warnhinweise wurden in drei Schweregrade unterteilt und je nach Bedrohung entweder unter der Informationsleiste oder als Pop-Up mit Bestätigung dargestellt. Außerdem wurden, um die mentale Last zu reduzieren, innerhalb der Funktionen Workflows vorgegeben, damit der Astronaut weiß, welche Eingaben von ihm erwartet werden und er möglichst wenige eigene Entscheidungen treffen muss.

Die Größe der interaktiven Elemente orientiert sich an den physischen Gegebenheiten der EVA-Handschuhe. Die Buttons wurden möglichst großflächig gestaltet, um eine zuverlässige Bedienung auch bei ungenauer Touch-Eingabe zu gewährleisten. Gleichzeitig erhöht die großzügige Darstellung die visuelle Erkennbarkeit, ein Vorteil unter schwierigen Lichtbedingungen.

Beim ersten Prototypen wurde bewusst auf detaillierte Gestaltungselemente wie Farben, Schattierungen oder visuelle Hierarchien verzichtet (siehe Abbildung 22). Ziel war es, in einer Low-Fidelity-Version zunächst die grundlegende Struktur, Informationsverteilung und Interaktionslogik zu evaluieren. Der Fokus lag auf der Frage, ob der Aufbau verständlich, die Bedienung intuitiv und die Nutzung unter eingeschränkten Bedingungen praktikabel ist.

Der Aufbau des Interfaces folgt unmittelbar dem im vorherigen Kapitel entwickelten Work- und Userflow und unterscheidet zwischen zwei Hauptzuständen: dem Fahrmodus (siehe Abbildung 24) und dem Hibernationsmodus. Der Hibernationsmodus ist ähnlich einem active Standby, ein Modus des LUNA TRP bei dem dieser stationär bleibt, sich also nicht fortbewegen kann, jedoch aktiv zur Probenentnahme und -untersuchung genutzt werden kann. Das Umschalten zwischen diesen Zuständen ist sicherheitskritisch und erfolgt daher über eine Sicherheitsabfrage, bei der der Astronaut seine Distanz zum Rover bestätigen muss. Damit wird verhindert, dass Funktionen im falschen Kontext aktiviert werden z. B. Bewegungssteuerung während einer laufenden Untersuchung.

Zudem wurde im Sinne der Interaktionsminimierung gezielt darauf geachtet, die Anzahl notwendiger Eingaben zu reduzieren. Es wurden gezielt automatisierte Abläufe integriert: Funktionen wie der Horizon Sweep, eine 360° Umgebungsaufnahme, werden automatisch ausgelöst, sobald bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Auch kombinierte Abläufe, wie das gleichzeitige Fotografieren und Wiegen von Proben in der Workbenchaufnahme (siehe Abbildung 23), tragen dazu bei, den Interaktionsaufwand zu senken und kognitive sowie physische Belastung zu minimieren.

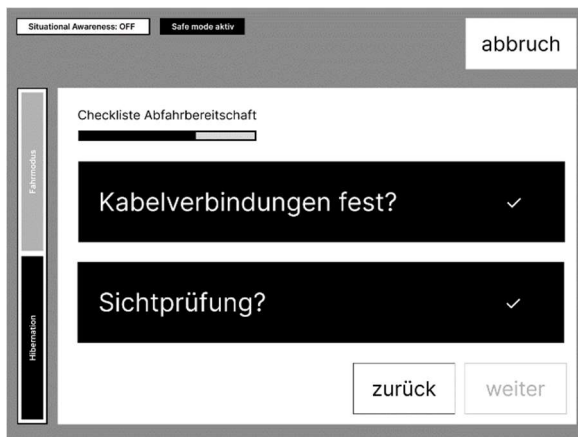


Abbildung 22 - Checkliste erster Prototyp, Eigene Darstellung.

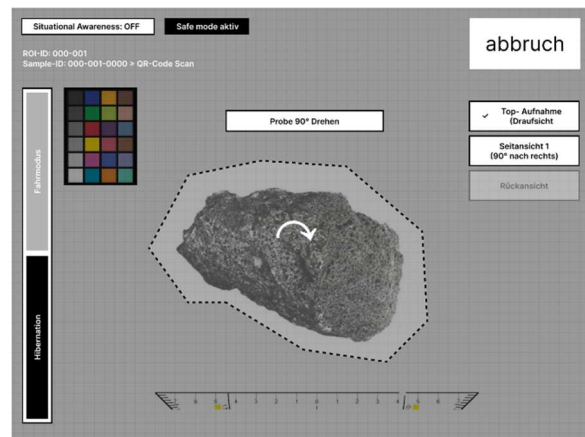


Abbildung 23 - Workbench Dokumentation erster Prototyp, Eigene Darstellung.

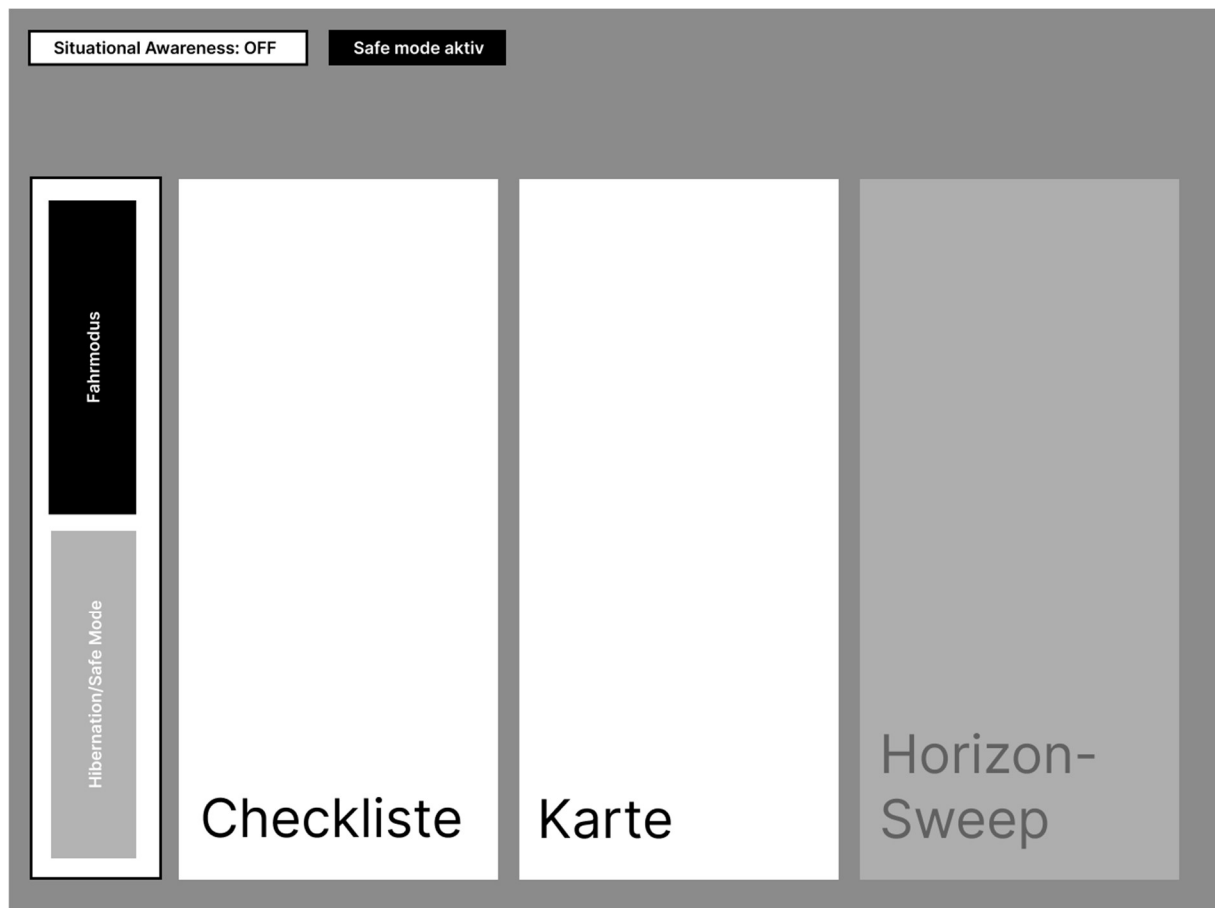


Abbildung 24 - Menü Fahrmodus erster Prototyp, Eigene Darstellung.

9.3 Erste Phase: Zentrale Erkenntnisse

Die Rückmeldungen betrafen sowohl Annahmen zur Hardware-Nutzung als auch zum Informationsdesign und zur Navigationslogik. Entgegen der zuvor genannten Grundannahme, dass das Tablet während der Mission mit zwei Händen gehalten und bedient wird, bestätigte der Nutzer, dass das Tablet weder während der Traverse noch im laufenden Laboreinsatz durchgehend in der

Hand gehalten werden kann, da die Hände für andere Aufgaben benötigt werden.¹²¹ Lediglich bei spezifischen Funktionen, insbesondere dem Fotomodus, wurde die Zwei-Hand-Nutzung als sinnvoll erachtet. Selbst in diesem Fall wurde jedoch gewünscht, die Interaktion auf ein Minimum zu reduzieren.¹²²

Die geplante Kartendarstellung wurde in dem Workflow Workshop kritisch hinterfragt. In der ursprünglich gedachten Form als Navigationshilfe während der Bewegung wurde sie nicht als sinnvoll erachtet, da das Tablet zu diesen Zeitpunkten ohnehin nicht genutzt wird. Allerdings wurde der Einsatz der Karte im Briefing-Kontext und zur Unterstützung der Missionsprozedur als hilfreich beurteilt. Besonders hervorgehoben wurde die Möglichkeit, dass Mission Control vorab Gefahrenstellen oder unwegsames Gelände auf der Karte kennzeichnet.

Ein wiederkehrendes Problem war die Uneindeutigkeit von Begrifflichkeiten wie „Licht“ oder „Weiter“.¹²³ Einzelne Bezeichnungen wurden nicht intuitiv verstanden oder falsch interpretiert, was zu Unsicherheiten in der Bedienung führte. Ebenso wurde angemerkt, dass generische Bestätigungselemente wie „Bestätigen“ ohne erläuternden Kontext nicht klar erkennen lassen, worauf sich die Aktion bezieht.^{124 125}

Ein zentrales Spannungsfeld betraf die Informationsdichte: Einerseits bestand der Wunsch nach weiteren Reduktionen, um Überforderung zu vermeiden, andererseits wurde explizit geäußert, dass das Interface deutlicher kommunizieren sollte, welche Aktion aktuell vom Nutzer erwartet wird.¹²⁶

Die generelle Menüstruktur wurde verstanden, ebenso die doppelte Sicherheitsbestätigung, die als sinnvoll erachtet wurde. Allerdings wurde deutlich, dass die Menüführung nicht als gleichwertige Funktionsübersicht, sondern vielmehr als zeitlicher Ablauf (Workflow) wahrgenommen wird.¹²⁷

Problematisch war das Fehlen einer EVA-Zeitanzeige. Die verbleibende Einsatzzeit wurde als essenziell und alles in allem als wichtigste Information für die „Situational Awareness“ im Workflow Workshop benannt, da sie dem Nutzer eine Einschätzung ermöglicht, wie viel Zeit für einzelne Aufgaben besteht. Es wurde außerdem eine Funktion diskutiert, bei der das Mikrofon einzelner Astronauten für bestimmte Personen im Mission Control stummgeschaltet werden kann („Hot Mic“-Funktion).

9.4 Erste Phase: Konsequenzen und Anpassungen

Die Annahme, dass während der Traverse eine aktive Interaktion mit dem Tablet stattfindet, wurde nicht bestätigt. Daher wird der bisherige „Fahrmodus“ welcher Funktionen wie die Navigation beinhaltet hat, vollständig entfallen. Stattdessen fokussiert sich das Interface künftig ausschließlich auf eine einzige Hauptansicht, den überarbeiteten „Labormodus“, in dem alle relevanten Arbeitsvorgänge abgebildet sind. Sowohl Mission Control als auch der Astronaut müssen dem Rover

¹²¹ Vgl. Anhang 4, S. 81 Z. 11 ff., S. 82 Z. 32 - 39.

¹²² Vgl. Anhang 4, S. 83 Z. 19 - 22, S. 84 Z. 10 - 16.

¹²³ Vgl. Anhang 4, S. 80 Z. 38.

¹²⁴ Vgl. Anhang 5, S. 86 Z. 1 - 8.

¹²⁵ Vgl. Anhang 8, S. 86 Z. 9 ff.

¹²⁶ Vgl. Anhang 4, S. 81 Z. 33, S. 82 Z. 3.

¹²⁷ Vgl. Anhang 4, S. 80 Z. 26 - 29.

die Startfreigabe erteilen. Das bedeutet, dass die bisherige Sicherheitslogik zur Aktivierung überdacht werden muss. Da diese Funktion sicherheitsrelevant ist, muss eine neue, kontextangepasste Mechanik entwickelt werden, mit der der Rover situativ zwischen sicherem und aktiven bzw. für den Astronauten unsicheren Zustand geschaltet werden kann.

Die bisherige Kartendarstellung zur Navigation wird in ihrer Funktion neu verortet. Sie wird künftig nicht während der EVA, sondern im Vorfeld zur Missionsvorbereitung im sogenannten Briefing eingesetzt. Damit entsteht eine zweite Nutzungssituation. Die Interaktion in der Basis bzw. der Landereinheit. Diese Trennung ermöglicht eine bessere Anpassung der Informationsdichte und Interaktionslogik, da die Nutzerumgebung „Basis“ nicht dieselben Einschränkungen durch den Raumanzug und die Umgebungseinschränkungen der Mondoberfläche hat und das Nutzungsszenario in einer ruhigen, entspannten Atmosphäre ohne Zeitdruck stattfindet. Die Anforderungen an die beiden verschiedenen Interfacetypen unterscheiden sich also grundlegend.

Der Labormodus muss künftig nicht als Sammlung einzelner Funktionen, sondern als strukturierter Arbeitsablauf verstanden werden. Die Darstellung soll stärker einer prozeduralen Logik folgen und den Nutzer durch die notwendigen Schritte führen. Ein wesentliches Ziel der Überarbeitung ist es außerdem, das Interface so zu gestalten, dass klar kommuniziert wird, welche Eingabe aktuell vom Nutzer erwartet wird und welche Reaktion vom Interface oder Rover daraufhin erfolgt.

Begriffe wie beispielsweise „Safe Mode“, welcher einen für den Astronauten sicheren Roverzustand beschreibt, oder generische Buttontexte wie „Bestätigen“ werden in ihrer bisherigen Form nicht beibehalten. Für den nächsten Prototypen wird eine umfassende Überarbeitung der Begrifflichkeiten und Benennungen durchgeführt. Ziel ist eine eindeutige, intuitive Sprache, die auch unter Stressbedingungen oder mit eingeschränkter Aufmerksamkeit schnell verstanden wird und sich leichter in Missions-Prozeduren integrieren lässt.

Außerdem müssen lebenswichtige Informationen wie z. B. verbleibende EVA-Zeit oder Systemstatus, so in die Oberfläche integriert werden, dass sie sofort ins Auge fallen. Sie werden daher in der obersten visuellen Hierarchie positioniert, mit klaren Farbcodes und Texten versehen und visuell vom restlichen Interface abgegrenzt.

9.5 Zweite Phase: Weiterentwicklung und Designentscheidungen

Basierend auf dem vorangegangenen Feedback wurde der zugrunde liegende Workflow grundlegend überarbeitet. Dabei wurde insbesondere das Prinzip der „Flexexecution“ stärker berücksichtigt. Flexexecution ist eine Kombination der Wörter „flexible“ und „execution“ und beschreibt ein Prinzip bei dem Ziele aufgrund von im Prozess auftretenden Entdeckungen angepasst werden können.¹²⁸ Im Kontext dieser Arbeit bedeutet dies, dass der Astronaut auch außerhalb von den im Vorfeld festgelegten ROIs z. B. Probenentnahmen durchführen kann. Während der erste Prototyp noch von einem linearen Ablauf ausging, erlaubt die aktualisierte Struktur nun ein deutlich höheres Maß an Flexibilität in der Nutzung (siehe Anhang 14).

¹²⁸ Vgl. Klein, Gary: Flexexecution as a Paradigm for Replanning. Part 1, In Intelligent Systems. IEEE. Vol. 22. No. 5, o. O. 2007, S. 1.

Konkret bedeutet dies, dass einzelne Aufgaben innerhalb der Prozedur, wie etwa eine Probenentnahme oder die Arbeit mit der Workbench, nicht länger strikt in der vorgesehenen Reihenfolge durchgeführt werden müssen, sondern auch unabhängig voneinander initiiert werden können. Eine Probenentnahme kann demnach auch ohne die vorherige Aktivierung der Workbench erfolgen, ebenso wie eine Workbench-Interaktion ohne eine Sammlung einer Probe. Diese Modularisierung ermöglicht es, spontan auf unerwartete Situationen vor Ort zu reagieren, ohne gegen das Interface oder den Workflow zu arbeiten.

Infolge dieser Änderungen wurde auch der Userflow (siehe Abbildung 25) überarbeitet und neu strukturiert. Durch die Einführung einer zweiten Nutzungsumgebung wurde das System um das Briefing Interface erweitert, das nun losgelöst vom EVA-Interface funktioniert. Die beiden Interfaces stehen nicht mehr in direkter Verbindung, sondern bedienen die beiden unterschiedlichen Phasen Missionsvorbereitung und Missionsdurchführung.

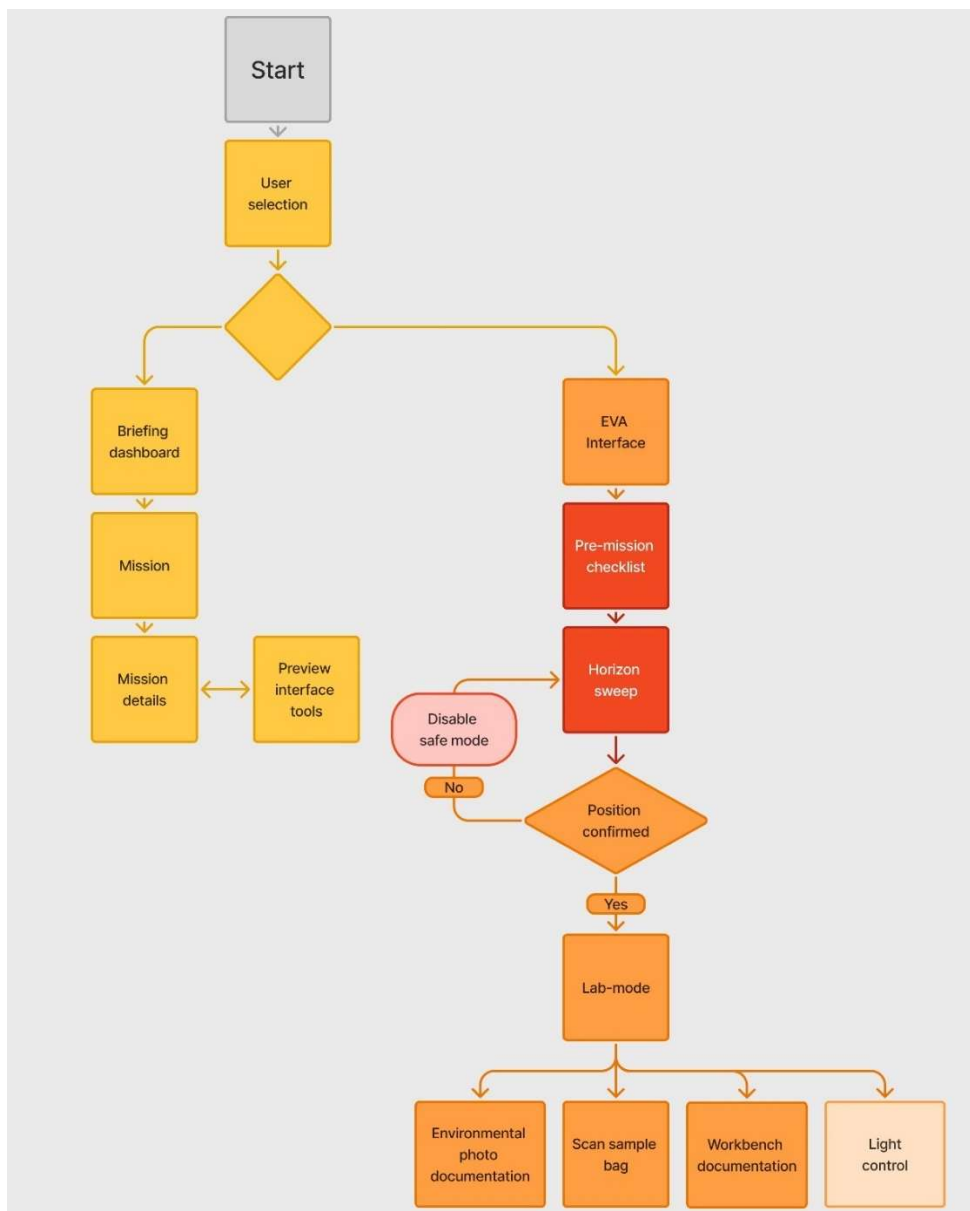


Abbildung 25 - Userflow 2, Eigene Darstellung.

Innerhalb des EVA-Interfaces wurden die Funktionen neu angeordnet, in ihrer Anzahl reduziert und in ihrer Darstellung vereinfacht. Die Navigation durch das System folgt nun einem flexibleren Muster, das den situativen Anforderungen der Nutzer stärker entspricht. Die überarbeitete Struktur bildet die Grundlage für die nächste Testphase und stellt sicher, dass das Interface sowohl lineare Arbeitsabläufe als auch nicht lineare, spontane Entscheidungen gleichermaßen unterstützt.

In der nächsten Iterationsstufe wurde das Interface grundlegend überarbeitet und in drei voneinander abgegrenzte Bereiche unterteilt: ein Briefing-Interface, das der Unterstützung während der Prozedurvorbereitung dient, ein EVA-Interface, das die aktive Missionsphase auf der Oberfläche abbildet, sowie ein zusätzliches, kleineres Interface am EMU Handschuh, das sogenannte Hand-Cuff Interface, welches eine Art Fernsteuerung für den Rover darstellt (siehe Abbildung 26).

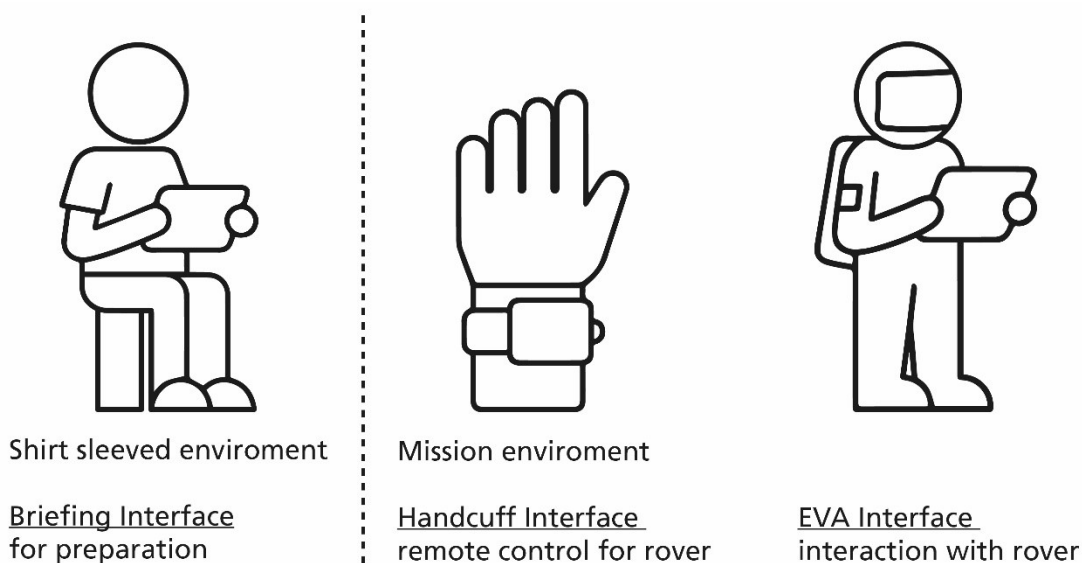


Abbildung 26 - Übersicht Interfaces mit Nutzungsumgebung, Eigene Darstellung.

Die wichtigste gestalterische Veränderung liegt in dieser funktionalen Trennung. Das Briefing Interface ersetzt den bisherigen Navigationsmodus vollständig und wird in einem anderen Nutzungskontext eingesetzt: der Lander- bzw. Basiseinheit. Es dient der Vorbereitung auf die EVA und fasst zentrale Punkte der Prozedur zusammen. Darüber hinaus bietet es eine Vorschau auf die anstehende Mission inklusive Missionszeiten, -phasen, nutzerspezifischen Aufgaben und den zu verwendenden Funktionen. Der Aufbau orientiert sich am EVA-Interface, sodass grundlegende Interaktionsmuster, wie etwa die Platzierung von Navigationselementen, das Verhalten von Buttons oder die Farbgebung von Funktionen, bereits in einer stressfreien Umgebung gelernt werden können. Dies erhöht den Wiedererkennungswert bestimmter Buttons etc. unter späteren erschwerten Bedingungen. Das Briefing-Interface unterscheidet sich visuell deutlich vom EVA-Interface, insbesondere durch die Entscheidung für ein helles Farbschema. Ziel dieser bewussten Differenzierung ist es, die unterschiedlichen Nutzungssituationen auch auf visueller Ebene klar voneinander zu trennen.

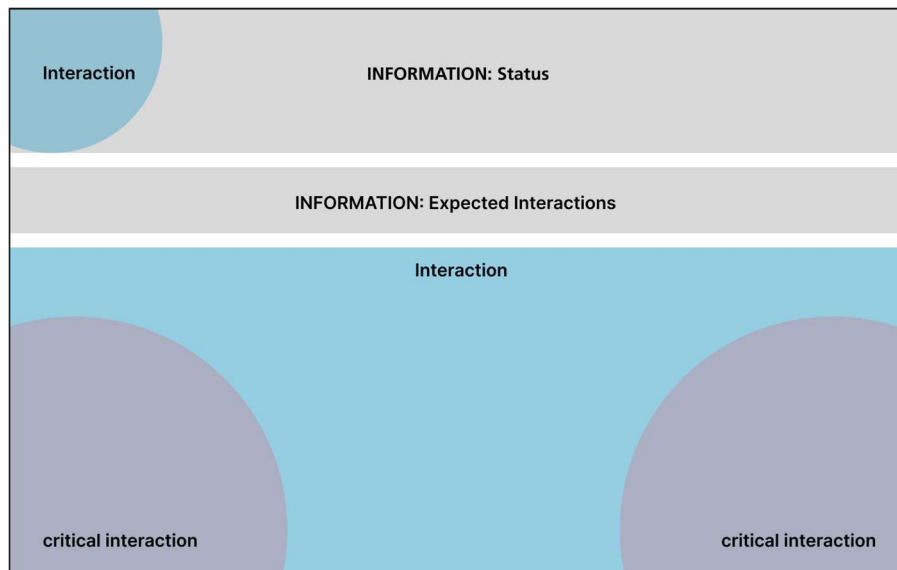


Abbildung 27 - Layout zweiter Prototyp, Eigene Darstellung

Das EVA-Interface (siehe Abbildung 28) bildet den zentralen Interaktionspunkt zwischen Astronaut und Rover während der Aktivität auf der Mondoberfläche. Die zuvor geplante Navigationsansicht entfällt vollständig. Stattdessen liegt der Fokus ausschließlich auf dem wissenschaftlichen Ablauf. Der Aufbau des Menüs wurde dabei so gestaltet, dass es als chronologischer Ablauf wahrgenommen werden kann, Funktionen aber dennoch, im Sinne der Flexecution, auch einzeln aufgerufen werden können. Eine zusätzliche Nummerierung der Menüpunkte vereinfacht die Kommunikation, insbesondere bei der Abstimmung über Funk. Der obere Bereich des Interfaces wird von einem deutlich hervorgehobenen Timer eingenommen, der die verbleibende Missionszeit bzw. die verbleibende Zeit der einzelnen Missionsphasen anzeigt. Dieser nimmt etwa ein Viertel des Interfaces ein und ist farblich hinterlegt, mit einer Progression von Grün über Gelb zu Rot, je nach verbleibender Zeit. Dieser Zeitindikator wurde in den vorherigen Workshops als sicherheitskritisch bewertet und ist visuell in der höchsten Hierarchieebene.

Um den Astronauten klar zu signalisieren, welche Eingabe aktuell vom System erwartet wird, wurde am unteren Rand eine Interaktionsleiste eingeführt. Sie beschreibt in einfacher Sprache, welche Handlung als nächstes erforderlich ist. Zusätzlich informiert eine kleine Statusanzeige im Menü darüber, in welcher Missionsphase sich die EVA aktuell befindet. Die Darstellung einzelner Funktionen wurde visuell reduziert, um die mentale Belastung zu minimieren.

Das ergänzend eingeführte Hand-Cuff Interface übernimmt die Funktion des vorher geplanten „Drive Mode“ und stellt eine sicherheitskritische Erweiterung dar. Hauptfunktion dieses Interfaces ist ein zentral platzierter Knopf, der den Rover jederzeit stoppen kann, vergleichbar mit einem Not-Aus-Schalter. Im Gegensatz zu einem rein mechanischen Schalter bietet das Interface jedoch einen Mehrwert, da es gleichzeitig sicherheitsrelevante Informationen anzeigt, darunter die verbleibende Missionszeit und eine visuelle Darstellung der Position des Landers relativ zur Astronautenposition. Zusätzlich wurde angedacht, in zukünftigen Iterationen weitere Informationen wie eine vereinfachte Navigation zu ergänzen. Ob sich dieses Interface als praktikabel erweist oder durch eine hardwarebasierte Lösung ersetzt werden sollte, muss in weiteren Tests evaluiert werden.

Im Rahmen dieser Iteration wurde außerdem ein genaueres Wording erarbeitet, das sich stärker an bestehende Prozeduren anlehnt und präziser auf spezifische Nutzungssituationen reagiert (siehe Abbildung 29). So wurden generische Benennungen wie „Bestätigen“ durch genaue Beschreibungen ersetzt, was gerade bestätigt wird (siehe Abbildung 30). Die Darstellung sicherheitskritischer Informationen wurde auf eine höhere visuelle Hierarchieebene gehoben, um eine sofortige Wahrnehmbarkeit sicherzustellen.

Für die Gestaltung der Funktionsbutton wurde eine Farbkodierung erarbeitet, welche bewusst auf die Farben Grün, Gelb, Orange und Rot verzichtet, da diese im sicherheitskritischen Kontext bereits anderweitig verwendet werden. Stattdessen wurden vier voneinander klar unterscheidbare, weniger gesättigte Farben gewählt, die nicht mit sicherheitsrelevanten Anzeigen konkurrieren. Die farbliche Kodierung zieht sich durch alle Interface-Typen und ermöglicht eine intuitive Verknüpfung zwischen Funktion und Farbe und unterstützt somit eine intuitive Kategorisierung und minimiert Fehlinterpretationen unter hoher kognitiver Belastung.¹²⁹

Bei der Gestaltung der Buttons wurde darauf geachtet, dass sie größer als die Hälfte des verfügbaren Interface-Bereichs sind, um eine sichere Bedienung auch mit Handschuhen zu gewährleisten. Die neue Struktur und visuelle Aufbereitung bilden damit die Grundlage für die nächste Testphase und adressieren gezielt die im vorherigen Workshop identifizierten Schwachstellen.

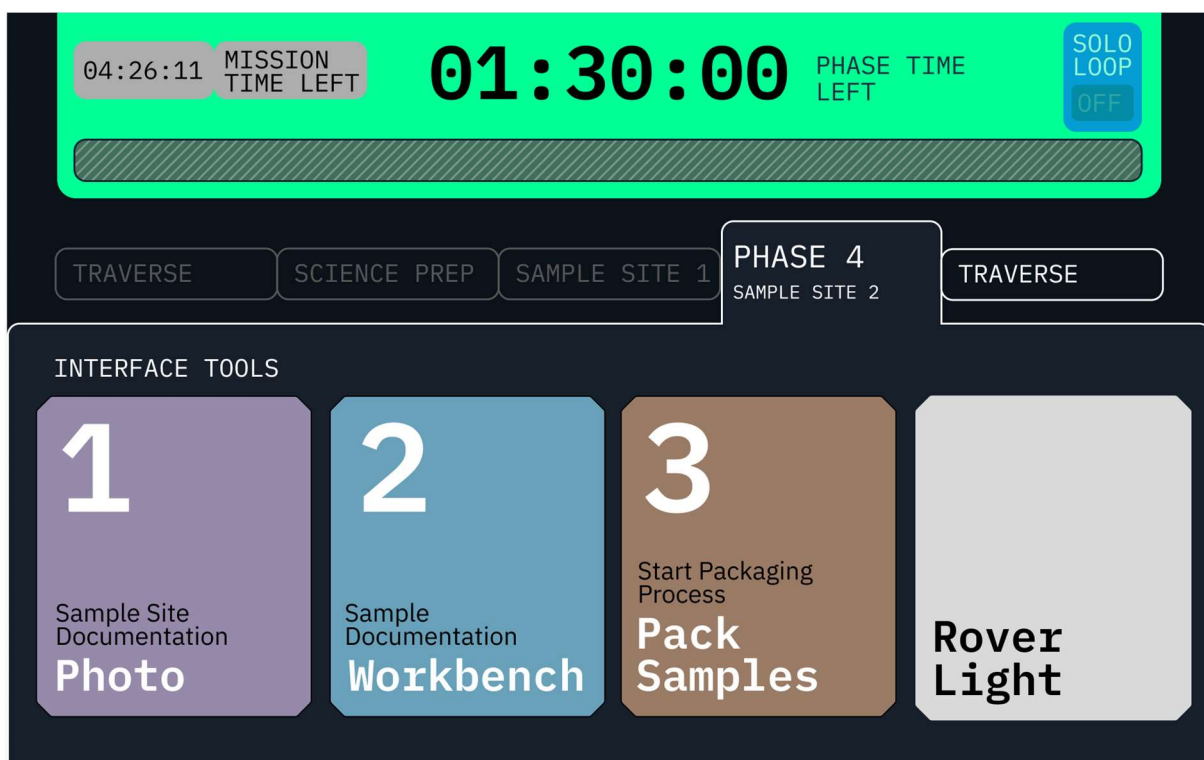


Abbildung 28 - EVA Menü zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.

¹²⁹ Vgl. Clifford, Alexandra/Holmes, Amanda/Davies, Ian R. L. et al.: Color categories affect pre-attentive color perception, In: Biological Psychology. Vol. 85, Issue 2, Brisbane 2010, S. 282.

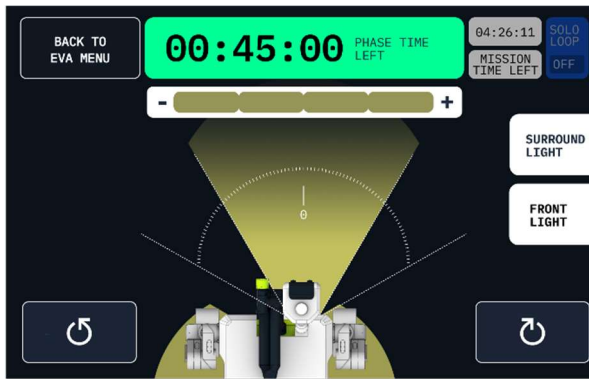


Abbildung 29 - Lichtsteuerung zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.

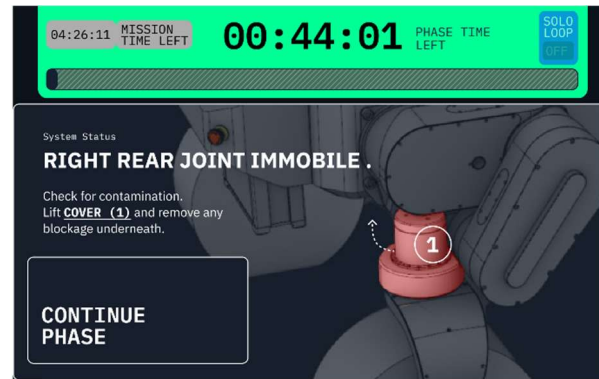


Abbildung 30 – Fehlermeldung zweiter Prototyp, Eigene Darstellung.

9.6 Zweite Phase: Zentrale Erkenntnisse

Die grundsätzliche Aufteilung in ein Briefing-Interface und ein EVA-Interface wurde von den Teilnehmenden positiv bewertet. Die Trennung der Nutzungskontexte wurde als sinnvoll und intuitiv nachvollziehbar eingeschätzt.^{130 131}

Für das Briefing-Interface wurde ergänzend der Wunsch geäußert, Checklisten zu integrieren, die missionsspezifisch auflisten, welche Werkzeuge und Experimente auf den LUNA TRP geladen werden müssen und wie diese zu bedienen sind. Diese Information wurde bisher lediglich implizit in der Missionsprozedur vorausgesetzt, ist jedoch essenziell für eine sichere und vollständige Missionsvorbereitung. Abgesehen davon wurde das Briefing-Interface als positiv, übersichtlich und funktional bewertet.¹³²

Im EVA-Interface bestätigte sich grundsätzlich die Sinnhaftigkeit der Struktur und der Menüführung.¹³³ Jedoch wurde an einigen Stellen der Wunsch nach mehr Informationstiefe geäußert. Außerdem wurden im Ergonomie-Workshop mit Dr. Matthias Maurer der Wunsch geäußert, den Workflow noch stärker an das Prinzip der Flexexecution anzupassen. Die Nutzenden möchten auch außerhalb der ursprünglich geplanten ROIs (Regions of Interest) neue Regionen anlegen und dokumentieren können, um auf spontane wissenschaftliche Entdeckungen reagieren zu können. Im Hand-Cuff Interface wurde der Mehrwert einer Navigation als Zusatzfunktion bestätigt, vor allem zur besseren Orientierung des Astronauten relativ zum LUNA TRP und zur Basis. Zusätzlich wurde der Wunsch geäußert, dass transparent kommuniziert werden soll, wie viel Abstand zum LUNA TRP eingehalten werden muss, insbesondere im sicherheitskritischen Kontext des (De-)Aktivierens.

Bezüglich sicherheitskritischer Funktionen wurde ein weiterer Aspekt hervorgehoben: es ist erforderlich zu erkennen, ob der zweite Astronaut stummgeschaltet (muted) ist und wie dessen genereller Kommunikationsstatus ist. Diese Information sollte sichtbar und jederzeit abrufbar im

¹³⁰ Vgl. Anhang 9, S. 104 Z. 32 - 35, S. 105 Z. 1.

¹³¹ Vgl. Anhang 10, S. 107 Z. 6 ff.

¹³² Vgl. Anhang 9, S. 104 Z. 27 ff.

¹³³ Vgl. Anhang 9, S. 108 Z. 17 - 20.

Interface platziert werden, um Missverständnisse und kritische Kommunikationsausfälle zu vermeiden.¹³⁴

Eine begleitende ergonomische Beobachtung während der Probenentnahme ergab, dass es für den realen Arbeitsfluss praktikabler ist, die Funktion „Pack Sample“, welche die Registrierung von Proben und die Verknüpfung mit Probenröhrchen steuert, zeitlich und örtlich vor die „Workbench-Dokumentation“ zu setzen. Diese Änderung deckt sich mit dem Wunsch nach höherer Flexibilität und der realen Nutzungssituation unter EVA-Bedingungen.

9.7 Zweite Phase: Konsequenzen und Anpassungen

Die Erkenntnisse aus der letzten Testung wurden in die weitere Gestaltung des Interfaces integriert. Der grundlegende Workflow sowie der Userflow blieben unverändert, da deren Plausibilität im Rahmen der letzten Evaluation bestätigt werden konnte.

Inhaltlich wurde das EVA-Menü stärker an das Prinzip der Flexexecution angepasst. Hierzu wurde die Möglichkeit ergänzt, auch außerhalb der vorgegebenen ROI zusätzliche Sample Sites einzufügen. Um dies umzusetzen, wurden die Phasenreiter, welche den aktuellen Missionsstatus anzeigen, an die Zeitleiste verlagert. Der dadurch frei gewordene Raum wurde für den Button „Add Sample Site“ genutzt. Somit steht den Nutzern jederzeit die Option zur Verfügung, weitere Probenorte zu dokumentieren. Darüber hinaus wurde die Funktion „Pack Sample“ in der Reihenfolge vor die „Workbench-Dokumentation“ gesetzt. Nach Abschluss einer dieser Funktionen wird die jeweils andere automatisch ausgelöst, sodass ein reibungsloser Ablauf gewährleistet ist. Ergänzend wurde die Pre-Drive-Checkliste erweitert: Durch Anklicken einzelner Listeneinträge können Nutzer nun eine Vorschau der zugehörigen Inhalte aufrufen, beispielsweise welche Experimente vor Fahrtbeginn geladen werden müssen.

Parallel zur funktionalen Anpassung wurde auch die visuelle Gestaltung weiterentwickelt. Abstände und Schriftgrößen wurden vereinheitlicht, wodurch eine konsistente Typografie entstand. Die visuelle Hierarchie wurde durch den gezielten Einsatz unterschiedlicher Schriftschnitte gestärkt, etwa durch die Hervorhebung der Phasenzeit in Fettschrift. Zudem wurden Farben und Kontraste optimiert und vereinfacht, um die Übersichtlichkeit sowie die Lesbarkeit zu verbessern.

¹³⁴ Vgl. Anhang 9, S. 102 Z. 1 - 7.

10 Finales Design

Die Ergebnisse der letzten Testungen wurden in den finalen Designanpassungen festgehalten. In den folgenden Unterkapiteln werden detailliert die finalen Umsetzungen der Schrift, der Farben sowie des Layouts erläutert.

10.1 Schrift

Die Wahl der Schriftart ist in diesem Kontext besonders wichtig, da nicht nur Schriftgröße und Wortlänge, sondern auch die richtige Schriftwahl einen direkten Einfluss auf die Lesbarkeit hat und die Texterkennung bei eingeschränkter Sicht maßgeblich beeinflusst. Aus diesem Grund orientiert sich die Schriftwahl an den Richtlinien zur barrierefreien Gestaltung, die klare Anforderungen und Eigenschaften von Schriften definieren, welche sich als besonders gut lesbar erwiesen haben. Ziel dieser Leitlinien ist es, Menschen mit Leseschwierigkeiten, Sehbehinderungen oder kognitiven Einschränkungen den Zugang zu Informationen zu erleichtern. Die dort festgelegten Kriterien sind jedoch nicht nur in Bezug auf diese speziellen Bedürfnisse relevant, sondern tragen allgemein zu einer höheren Lesbarkeit bei.

Die Auswahl einer Schriftart erfordert die Berücksichtigung mehrerer Kriterien, die Lesbarkeit und Zugänglichkeit verbessern. Serifenlose Schriftarten gelten als besonders gut lesbar, da sie keine Verzerrungen besitzen und klare Buchstabenformen bieten, die auch in kleinen Größen und auf Bildschirmen gut erkennbar bleiben. Ein zentrales Kriterium ist zudem die deutliche Unterscheidbarkeit ähnlich aussehender Zeichen wie „l“, „I“ und „1“ oder „O“ und „0“, um Verwechslungen zu vermeiden. Einheitliche Strichstärken erleichtern zudem das Erfassen von Texten. Ebenso trägt ein großzügiger Zeilenabstand zu einem besseren Lesefluss bei. Ein ausreichender Farbkontrast zwischen Text und Hintergrund ist essenziell: Empfohlen wird ein Verhältnis von mindestens 4,5:1 für Fließtext, um Inhalte unabhängig von den Sehbedingungen klar erkennbar zu machen.¹³⁵

Vor diesem Hintergrund wurde sich für die IBM Plex Sans entschieden. Als serifenlose Schrift bietet sie klare, schlichte Buchstabenformen. Ihre konsistente Strichstärke unterstützt ein ruhiges und gleichmäßiges Schriftbild, zudem ist IBM Plex Sans für digitale Anwendungen optimiert und zeigt auch bei unterschiedlichen Bildschirmauflösungen und hohen Zoomstufen eine stabile, klare Darstellung. Des Weiteren ist die IBM Plex auch als Monospaced Font, auch Festbreitenschrift genannt, verfügbar,¹³⁶ was besonders in dem Kontext technischer Anwendungen, wie dem Tablet-Interface, Sinnvoll ist. Da bei Monospaced Schriftarten jede Ziffer dieselbe Breite hat, eignen sie sich besonders in diesem Kontext, da hier vermehrt Zahlen und Daten dargestellt werden.

¹³⁵ Vgl. Dudek, Cedrik: Welche Schriftarten sind am besten für digitale Barrierefreiheit?, Hamburg 2025 (<https://www.digitale-barrierefreiheit.info/ratgeber-digitale-barrierefreiheit/welche-schriftarten-sind-am-besten-fur-digitale-barrierefreiheit>) [Abruf: 28.07.2025]).

¹³⁶ Vgl. Beinert, Wolfgang (Hrsg.): Dicktengleich, Berlin 2023 (<https://www.typolexikon.de/dicktengleich/>) [Abruf: 28.07.2025]).

Die mono-Variante hat außerdem den Vorteil, dass sich die Ziffer „0“ ganz klar vom Buchstaben „O“ unterscheidet und so auch bei flüchtiger Betrachtung die Werte korrekt erkannt werden können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war der Kaufpreis. Da das DLR überwiegend aus staatlichen Fördermitteln finanziert wird, steht nur begrenztes Budget für den Erwerb von Schriftlizenzen zur Verfügung. Die IBM Plex Sans ist als Open-Source-Schriftart kostenfrei nutzbar, wodurch sie nicht nur funktional, sondern auch wirtschaftlich die ideale Wahl darstellt.

10.2 Farbe

Farben sind zentrale Elemente im UX/UI-Design, da sie nicht nur ästhetische Werte transportieren, sondern auch funktionale Signale übermitteln. Durch die Aufteilung des Interfaces in zwei Nutzungskontexte, die Landereinheit und die Mondoberfläche, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die grafischen Benutzeroberflächen, die maßgeblich die Farbwahl beeinflussen.

Bei dem EVA-Interface, das für die Interaktion mit dem Rover auf der Mondoberfläche genutzt wird, wurde bewusst der sogenannte Dark-Mode gewählt. Das bedeutet, dass der Hintergrund in Schwarz gehalten ist und weiße Schrift verwendet wurde, um einen möglichst hohen Kontrast zu erzielen. Dieser erleichtert es Astronautinnen und Astronauten, ihre Augen nach der Nutzung des Tablet-Interfaces schnell wieder an die dunkle Umgebung anzupassen. Zudem kann ein dunkles Interface in schwach beleuchteten Situationen die Ermüdung der Augen reduzieren.^{137 138}

Für die wichtigsten Systeme und Warnmeldungen werden die Farben Rot, Gelb und Grün eingesetzt (siehe Abbildung 31). Rot wird traditionell mit hoher Dringlichkeit assoziiert und eignet sich daher für Fehlermeldungen oder Warnhinweise. Grün hingegen wirkt beruhigend und wird für bestätigende oder positive Rückmeldungen verwendet.¹³⁹ In den Tests wurde insbesondere die Anzeige der Phasenzeit als entscheidend für die Situational Awareness bewertet. Aus diesem Grund wurden Grün, Gelb und Rot mit maximalem Kontrast zum schwarzen Hintergrund gewählt, um eine hohe visuelle Erkennbarkeit sicherzustellen. Außerdem wurden diesen Informationen die höchste visuelle Hierarchieebenen zugeordnet.

¹³⁷ Vgl. Kangsoo, Kim/Erickson, Austin/Lambert, Alexis et al.: Effects of Dark Mode on Visual Fatigue and Acuity in Optical See-Through Head-Mounted Displays, In: Symposium on Spatial User Interaction, o. O. 2019, S. 8.

¹³⁸ Vgl. Atsani, M. Rifqi/ Mukaromah, Iif Alfiatul/Anugerah, M. Haikal Citra: The Role of Color in User Experience. A Systematic Literature Study of User Preferences for Dark and Light Mode, In: Transactions on Informatics and Data Science Vol. 2. No. 1, Purwokerto 2025 S. 49, (künftig zitiert: Atsani 2025).

¹³⁹ Vgl. Gusia, Milot: The Application of Color Theory in UI/UX Design, In UBT International Conference, Lipjan 2024, S. 17.

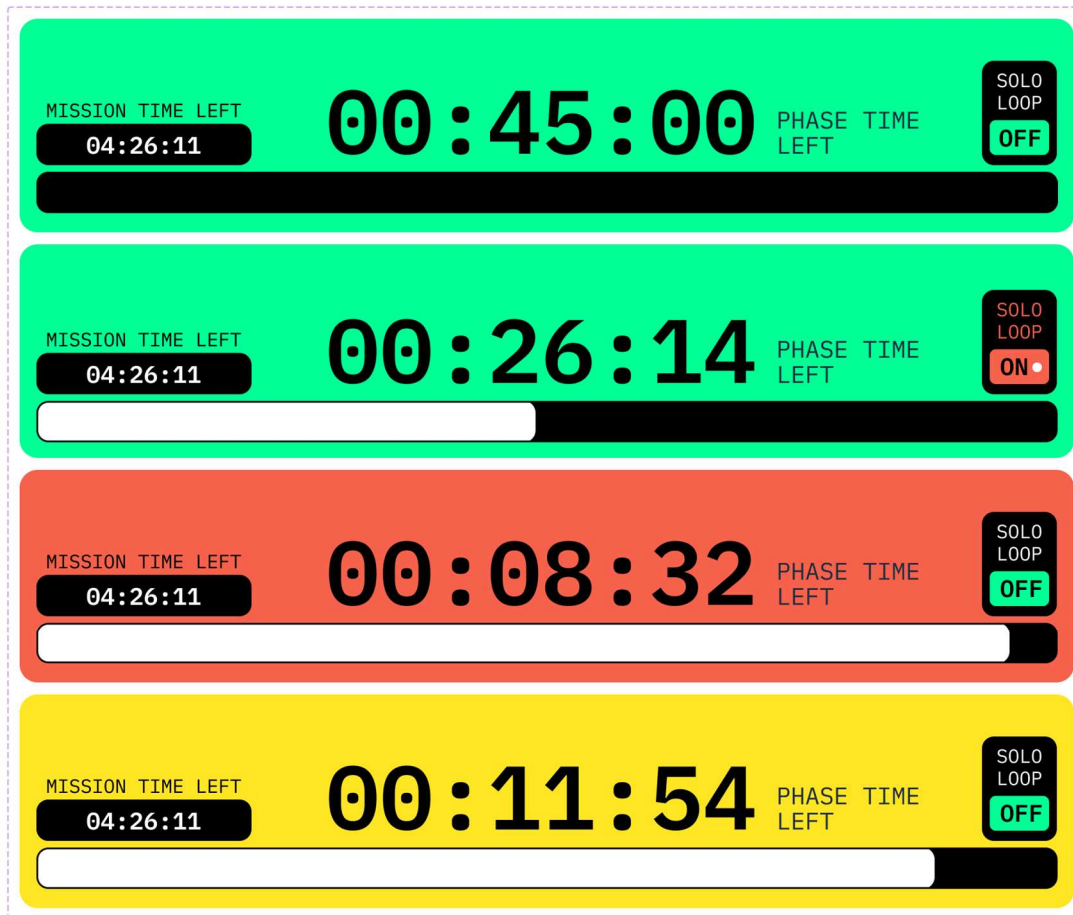


Abbildung 31 - Zeitleiste EVA-Menü, Eigene Darstellung.

Auch die Funktionen im Menü des EVA-Interfaces wurden farblich kodiert. Ziel war es, bei wiederholter Nutzung eine Verknüpfung zwischen einer Farbe und der zugehörigen Funktion herzustellen. Diese Farben finden sich nicht nur innerhalb des EVA-Interfaces und auf den einzelnen Funktionsseiten wieder, sondern auch im Briefing-Interface, wodurch die Wiedererkennung unterstützt wird. Da diese Funktionsfarben in der visuellen Hierarchie unterhalb der für die Situational Awareness relevanten Informationen stehen, müssen sie keine hohe Dringlichkeit vermitteln und dürfen nicht mit den Warnfarben konkurrieren. Daher wurden weniger gesättigte Farben mit geringerer Leuchtkraft gewählt. Die Auswahl fiel auf vier gut unterscheidbare Farben ohne spezifische Bedeutungszuweisung im Nutzungskontext: Braun, Violett, Petrol und Grau (siehe Abbildung 32). Dabei wurde auch darauf geachtet, dass diese Farben sprachübergreifend eindeutig benannt und zugeordnet werden können. So wird beispielsweise das englische Wort „pink“ im Deutschen mit „rosa“ übersetzt, was potenziell Verwechslungen hervorrufen könnte. Um Missverständnisse bei der internationalen Nutzung zu vermeiden, wurden Farbtöne gewählt, die sich auch in anderen Sprachen klar voneinander abgrenzen lassen. Außerdem wurde auf Farbkombinationen verzichtet, wie z. B. Hellblau und Petrol, die visuell eine leichte Verwechslung erzeugen könnten.

Farben Zeitleiste



Farben Funktionen



Abbildung 32 - Verwendete Farben im EVA-Menü, Eigene Abbildung.

Für das Briefing-Interface wurde bewusst der Light-Mode gewählt. Einerseits, weil dieses Interface innerhalb der Landereinheit unter ausreichend guter Beleuchtung genutzt wird, was das Lesen längerer Fließtexte erleichtert,¹⁴⁰ andererseits um es klar vom EVA-Interface abzugrenzen. So erkennt der Nutzer sofort, in welchem Interface er sich befindet. Die Nutzungssituation in der Landereinheit ist deutlich entspannter, weshalb das Briefing-Interface nicht denselben strengen Anforderungen wie das EVA-Interface unterliegt. Textgrößen können hier kleiner und Textlängen umfangreicher sein, und der Kontrast muss nicht maximal ausfallen.

Die Farbgestaltung des Briefing-Interfaces orientiert sich an der Farb- und Formsprache des LUNA TRP-Rovers selbst (siehe Abbildung 33), sodass bereits auf den ersten Blick eine visuelle Verbindung zwischen der physischen Hardware und dem GUI erkennbar ist. Farbkonventionen aus dem EVA-Interface wie etwa Rot als Warnfarbe wurden übernommen, um Konsistenz zu wahren. Im Briefing-Interface dienen Farben jedoch primär dazu, große Datenmengen zu strukturieren und die Inhalte einheitlich zu gestalten.

Akzentfarben



Abbildung 33 - Verwendete Farben Briefing Interface, Eigene Darstellung.

¹⁴⁰ Vgl. Atsani 2025 S. 48.

10.3 Layout

Das Layout des EVA-Interfaces (siehe Abbildung 34) basiert auf einem Gestaltungsraster von 16×16 Pixeln. Diese Rastereinheit fungiert als grundlegende Gestaltungseinheit und bestimmt maßgeblich die Dimensionen und Buttongrößen sowie Abstände, beispielsweise den Textabstand oder der Innenabstand, auch Padding genannt, innerhalb von Schaltflächen. Darauf aufbauend wird das Layout in vier Reihen und Spalten unterteilt, sodass sich der Bildschirm in vier Hauptbereiche gliedert.

Im EVA-Interface erhält jeder Menübutton etwa ein Viertel der Bildschirmbreite, wodurch den Bedienelementen die größtmögliche Breite zur Verfügung steht. Horizontal wird der oberen Viertelsektion die Zeitleiste zugewiesen, da dieser Bereich bei der Interaktion nicht durch Handschuhe oder den Raumanzug verdeckt wird. In dieser Zone werden die zentralen zeitlichen Informationen angezeigt, zum einen die aktuelle Phasenzeit, zum anderen die verbleibende Missionszeit. Die Phasenzeit wird sowohl numerisch als Countdown als auch grafisch durch einen ablaufenden Balken visualisiert. Diese doppelte Darstellung unterstützt die Situational Awareness der Astronauten, da sie jederzeit Auskunft darüber gibt, wie viel Zeit in der aktuellen Missionsphase verbleibt und Rückschlüsse auf verfügbare Ressourcen wie Sauerstoff ermöglicht. Ergänzend wird in diesem Bereich die Information angezeigt, ob sich der zweite Astronaut im sogenannten Solo-Loop befindet. In diesem Modus kommuniziert der Astronaut ausschließlich mit ausgewähltem Personal im Mission Control Center, während er für alle anderen Kommunikationspartner, sowohl auf der Erde als auch in der Missionsumgebung, stummgeschaltet ist. Aufgrund der Relevanz wird dieser Status mit hohem Kontrast dargestellt und im aktiven Zustand rot hervorgehoben.

Das zweite Viertel des Menüs bietet dem Astronauten eine Übersicht über die aktuelle Missionsphase. Darüber hinaus besteht hier die Möglichkeit, eine Sample Site einzufügen, um Probenentnahmen auch außerhalb der vordefinierten Missionsprozeduren durchzuführen. Dieses Konzept entspricht dem Prinzip der Flexexecution und wurde in den Testungen als bedeutender Mehrwert hervorgehoben.

Die beiden unteren Viertel des Menüs sind den Funktionsbuttons vorbehalten. Diese nehmen nahezu die gesamte zur Verfügung stehende Breite und Höhe ein, wodurch sie auch mit Handschuhen zuverlässig bedienbar sind und bei eingeschränkter Sicht eine hohe Erkennbarkeit gewährleisten.

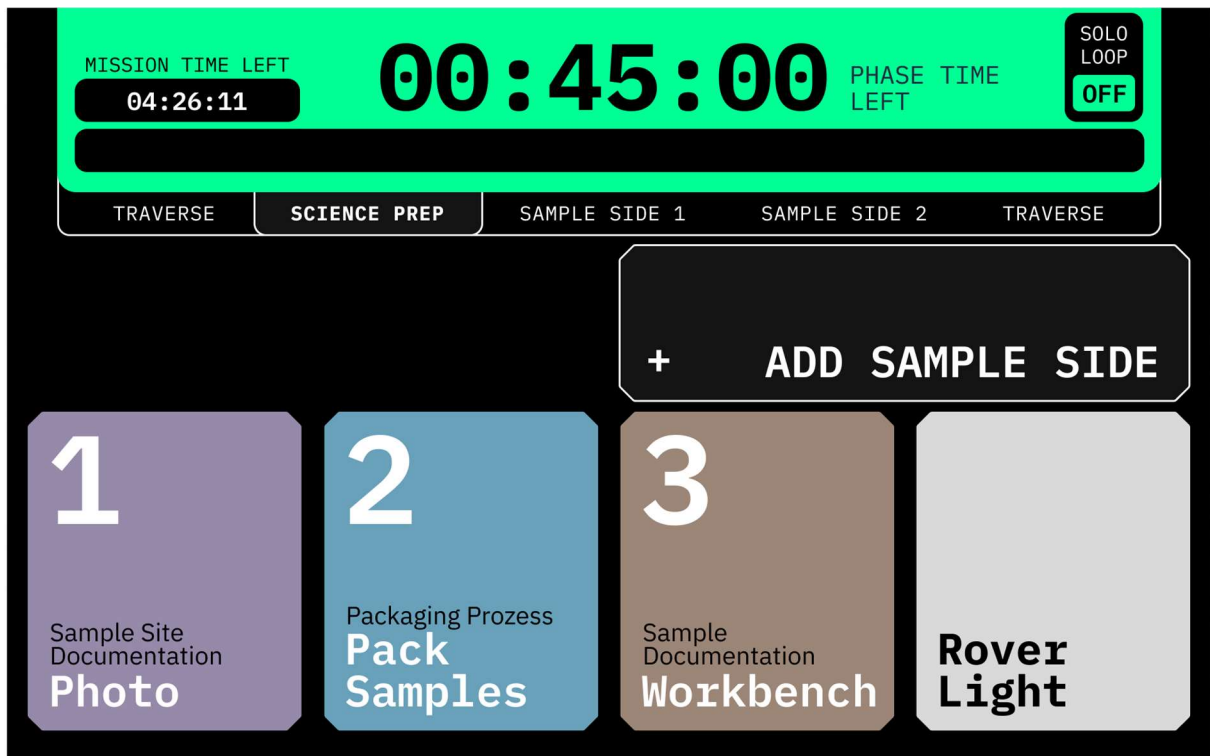


Abbildung 34 - EVA Menü finale Gestaltung, Eigene Darstellung.

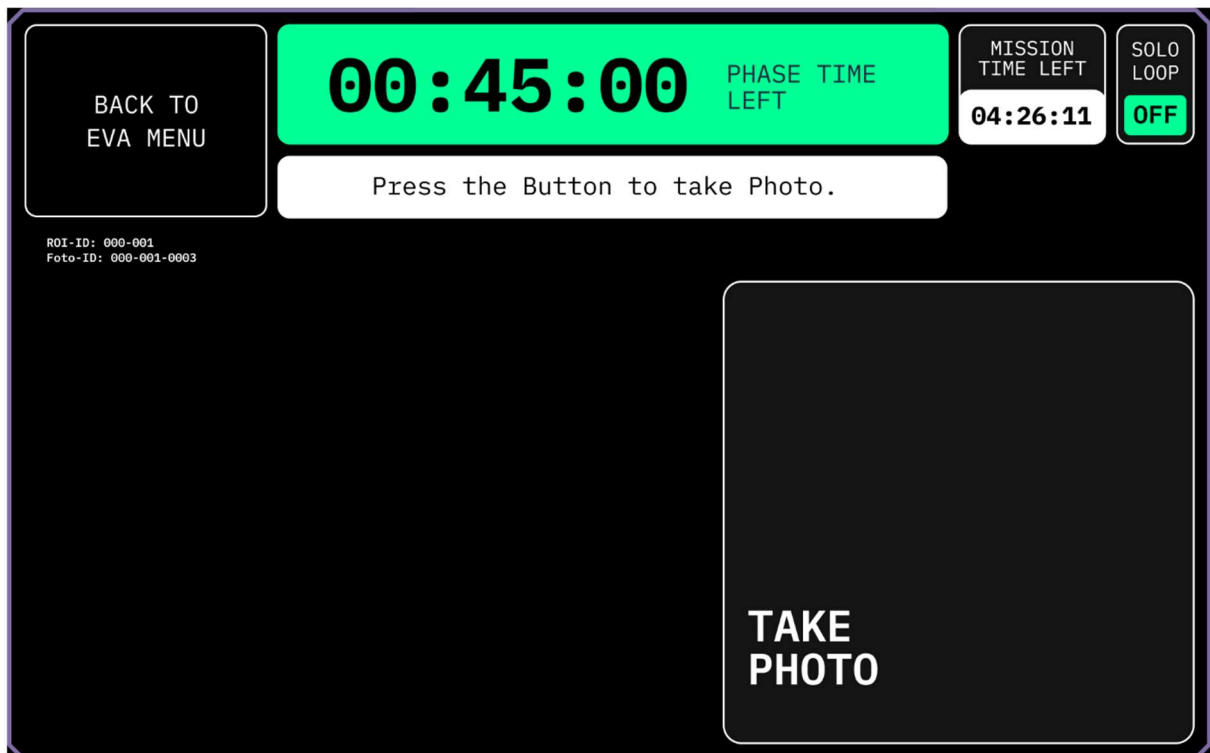


Abbildung 35 - Foto Funktion finale Gestaltung, Eigene Darstellung.

Auf den Funktionsseiten wurde das Layout leicht angepasst, um zusätzlichen Raum für Informationsdarstellungen zu schaffen. Die Zeitleiste bleibt weiterhin am oberen Bildschirmrand verankert und nimmt auch hier die höchste visuelle Hierarchie-Ebene ein. Die Anzeige zur verbleibenden Missionszeit sowie der Solo-Loop-Status sind auch in diesem Bereich positioniert. In der rechten oberen Ecke ist zudem ein Menü-Button verankert, der die Rückkehr in das Menü ermöglicht. Kritische Interaktionen wie „Bestätigen“ oder „Verwerfen“ sind am rechten bzw. linken unteren Bildschirmrand angeordnet und räumlich klar voneinander getrennt. Abhängig von der funktionalen Tiefe wurden unterschiedliche Layoutvarianten entwickelt, um eine angemessene Balance zwischen Informationsdichte und Bedienbarkeit sicherzustellen.

Die Gestaltung der Funktionsseiten wird maßgeblich von der jeweiligen Funktionstiefe beeinflusst. Ein Beispiel stellt die Fotofunktion dar (siehe Abbildung 35). Diese lässt sich durch einen einzelnen Button mit der Beschriftung „Take Photo“ abbilden, welcher die Hälfte des zur Verfügung stehenden Raums einnimmt. Die Informationsleiste informiert dabei sowohl über die erwartete Interaktion als auch über den Status, sobald das Foto erfolgreich aufgenommen wurde.

Komplexere Layouts kommen bei der Probendokumentation (siehe Abbildung 37) sowie beim Verpacken der Proben zum Einsatz. In diesen Fällen wird zentral ein Live-Bild der integrierten Kamera der Pan-Tilt-Einheit angezeigt, das als visuelle Grundlage für die Interaktion dient. Die Informationsleiste übernimmt erneut die Darstellung der erwarteten Handlungen, wird jedoch durch weitere Informationsquellen ergänzt. Am linken Bildschirmrand finden sich Hinweise dazu, welche Ansichten einer Probe aufzunehmen sind. Darüber hinaus erkennt das Interface, wenn sich eine Probe oder ein QR-Code auf der Workbench befindet und schießt automatisch ein Foto. Hierfür wird im Interface das Objekt markiert, wodurch der Nutzer einerseits erkennt was als Probe/Objekt erkannt wurde und andererseits wann das Objekt bewegt werden kann. Diese Rückmeldung unterstützt den Nutzer bei der Validierung seiner Handlungen und trägt dazu bei, Fehler im Ablauf zu vermeiden.

Als zusätzliches Layout existiert als dritte Variante die Darstellung über grafische Elemente bzw. Illustrationen. Dieses Layout findet beispielsweise in der Funktion zur Lichtsteuerung (siehe Abbildung 36) sowie in Pop-up-Fenstern zur Fehlerbehebung Anwendung. Die grafische Ansicht eignet sich insbesondere deshalb, weil sie durch das Rendering auf einen Blick erkennbar macht, welche Funktion ausgeführt wird und welche Parameter bereits aktiviert sind. Zudem können Anweisungen, etwa die Aufforderung ein Licht nach rechts zu drehen, durch einfache Icons ersetzt werden, wodurch die Verständlichkeit erhöht wird und die Notwendigkeit für längere Texte entfällt. In den Pop-ups zur Fehlerbehebung ermöglicht diese Art der Darstellung darüber hinaus eine kompakte und intuitive Vermittlung von Informationen. Anstelle eines langen und komplexen Textes ist hier ein Bild oder ein kurzes Video eingebunden, das die Anweisung visuell unterstützt. Dadurch entsteht neben der inhaltlichen auch eine zusätzliche visuelle Ebene, die das Verständnis der erforderlichen Handlungsschritte erleichtert und Fehlinterpretationen vorbeugt.

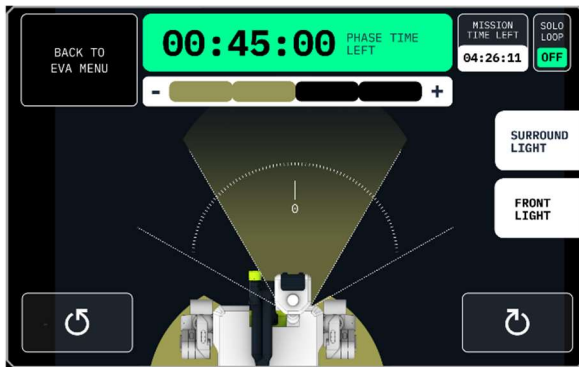


Abbildung 36 - Lichtsteuerung finale Gestaltung, Eigene Darstellung.



Abbildung 37 - Workbench Aufnahme finale Gestaltung, Eigene Darstellung.

Das Hand-Cuff Interface unterliegt denselben Herausforderungen wie das EVA-Interface, unterscheidet sich jedoch in seiner Größe und Funktion. Es handelt sich um ein kleines, am Handgelenk getragenes Display (in den Testungen etwa 6,1 Zoll im Durchmesser), dessen primäre Aufgabe darin besteht, den Rover zwischen aktiv bzw. Inaktiv zu schalten. Aus diesem Grund wird die Hälfte der Anzeige von einem zentralen Button eingenommen, über den der Nutzer den Rover zwischen den Modi „ROVER GO“ und „ROVER STOP“ (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39) wechseln kann. Zur Erhöhung der Sicherheit ist beim Übergang vom stehenden in den bewegten Modus eine doppelte Bestätigung erforderlich. Damit wird verhindert, dass eine versehentliche Aktivierung des Rovers erfolgt. Über diese Kernfunktion hinaus bietet das Hand-Cuff Interface Zusatzinformationen, die über den Nutzen analoger Checklisten hinausgehen. Dazu zählt die Anzeige der aktuellen Phasenzeit, der Status des Solo-Loop sowie die relative Position des Landers zum Nutzer. Darüber hinaus kann das Interface auch als Navigationshilfe eingesetzt werden. In dieser Funktion unterstützt es die Astronauten bei der räumlichen Orientierung und erleichtert die Navigation in der Missionsumgebung.

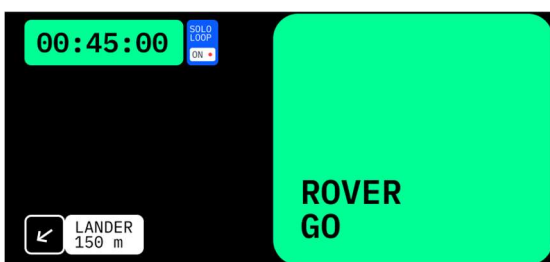


Abbildung 38 – Hand-Cuff Interface 1, Eigene Darstellung.

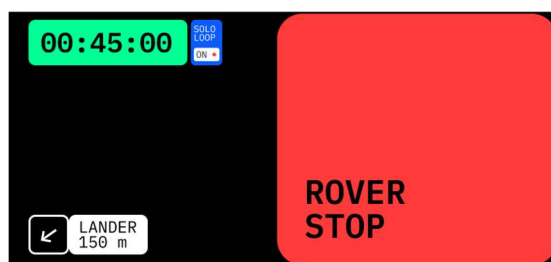


Abbildung 39 – Hand-Cuff Interface 2, Eigene Darstellung.

Da das Briefing-Interface innerhalb der Basis bzw. des Landers eingesetzt wird, muss es nicht unter denselben Einschränkungen funktionieren wie die Interfaces, die in der Missionsumgebung verwendet werden. Dennoch basiert auch seine Gestaltung auf dem 16×16 Pixel-Raster, das die Positionierung und Abstände einzelner Elemente bestimmt.

Beim Hochfahren des Tablets gelangt der Nutzer zunächst in ein Auswahlmenü, in dem ein spezifischer User gewählt werden muss. Dieser Auswahl sind nicht nur die Missionsziele und der Inhalt des Briefing-Dashboards zugeordnet, sondern auch weitere Parameter, wie etwa die Höhe des LUNA TRP. Anschließend wird im nächsten Menü (siehe Abbildung 40) die Möglichkeit geboten,

entweder eine EVA zu initiieren oder in das Briefing Dashboard zu wechseln. Bereits die Farbgestaltung der Buttons unterstützt die Orientierung, indem sie Rückschlüsse auf die nachfolgenden Inhalte ermöglicht. Die Menüoberflächen sind hierbei klar strukturiert: sie werden primär durch eine Überschrift sowie zwei großflächige Buttons dominiert.

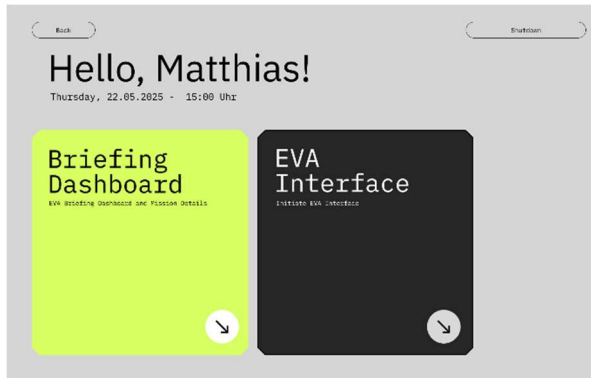


Abbildung 40 - Briefing Interface Hauptmenü, Eigene Darstellung.

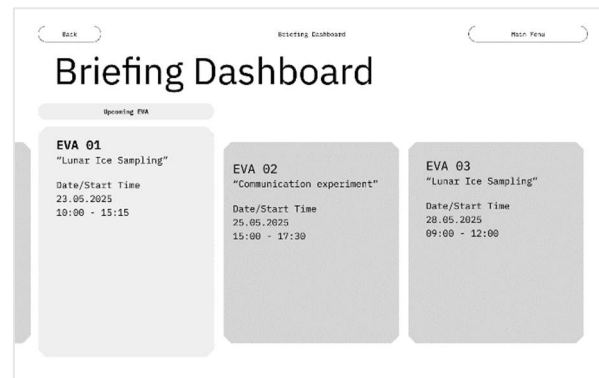


Abbildung 41 - Briefing Interface Missionsmenü, Eigene Darstellung.

Das eigentliche Briefing Dashboard (siehe Abbildung 41) ermöglicht die Auswahl einer Mission, die wiederum zu einer Übersicht mit den relevantesten Informationen führt. Die visuelle Gestaltung orientiert sich dabei an der Form- und Farbsprache des LUNA TRP. Ein heller Grau- und Weißton bildet den Hintergrund, während ein helles Grün als Akzentfarbe eingesetzt wird. Ebenso finden sich formale Gestaltungsmerkmale des LUNA TRP in den Phasen der Buttons und Hintergründe wieder, wodurch eine visuelle Einheit zwischen physischem Gerät und Interface geschaffen wird (siehe Abbildung 42).

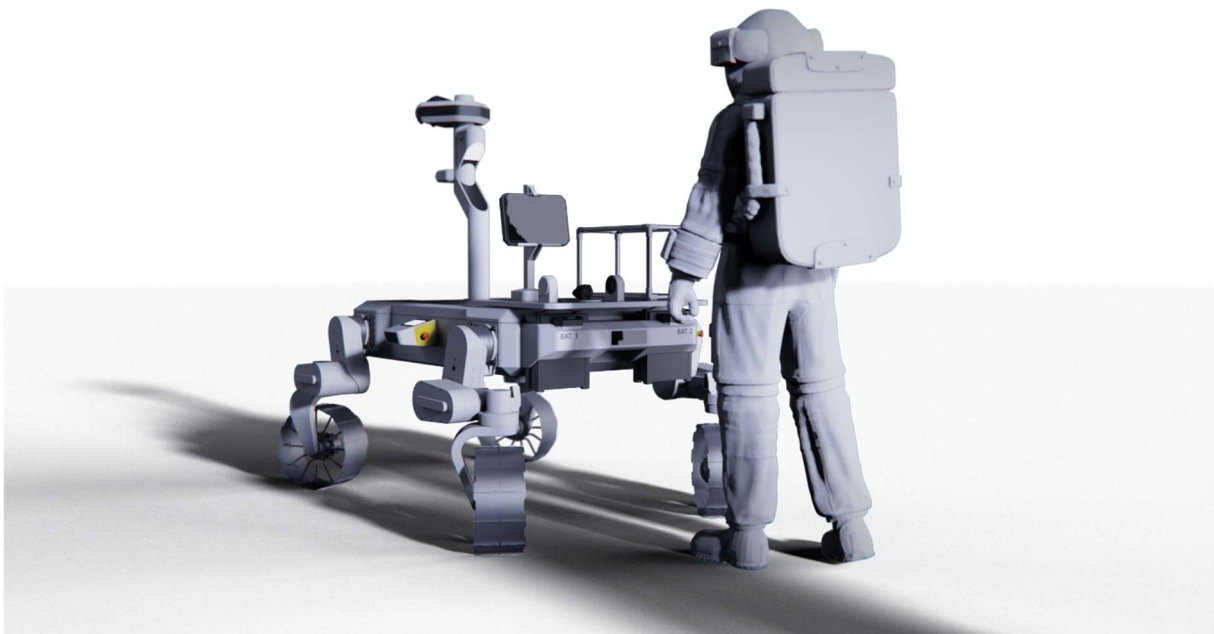


Abbildung 42- Rendering LUNA TRP ohne Akzentfarben, Wüsthoff Tilo, 2025 Oberpfaffenhofen.

Die Struktur der Seite (siehe Abbildung 43) folgt einer hierarchischen Anordnung der Inhalte. Am oberen Rand wird der Missionsname angezeigt, ergänzt durch die Möglichkeit, direkt in das Startmenü zurückzukehren. Darunter befindet sich eine Navigationsleiste, die einen schnellen Wechsel zwischen den einzelnen Missionen ermöglicht. Es schließt sich eine Übersicht an, die zentrale Informationen zu Missionszeiten, teilnehmenden Personen und spezifischen Inhalten bereitstellt. Am unteren Bildschirmrand ist zudem eine Zeitleiste integriert, die die Mission in farblich markierte Phasen gliedert. Durch die Auswahl einer Phase erhält der Nutzer Zugriff auf die detaillierte Kartenansicht (siehe Abbildung 44), in der alle für diesen Abschnitt relevanten Informationen visualisiert sind.

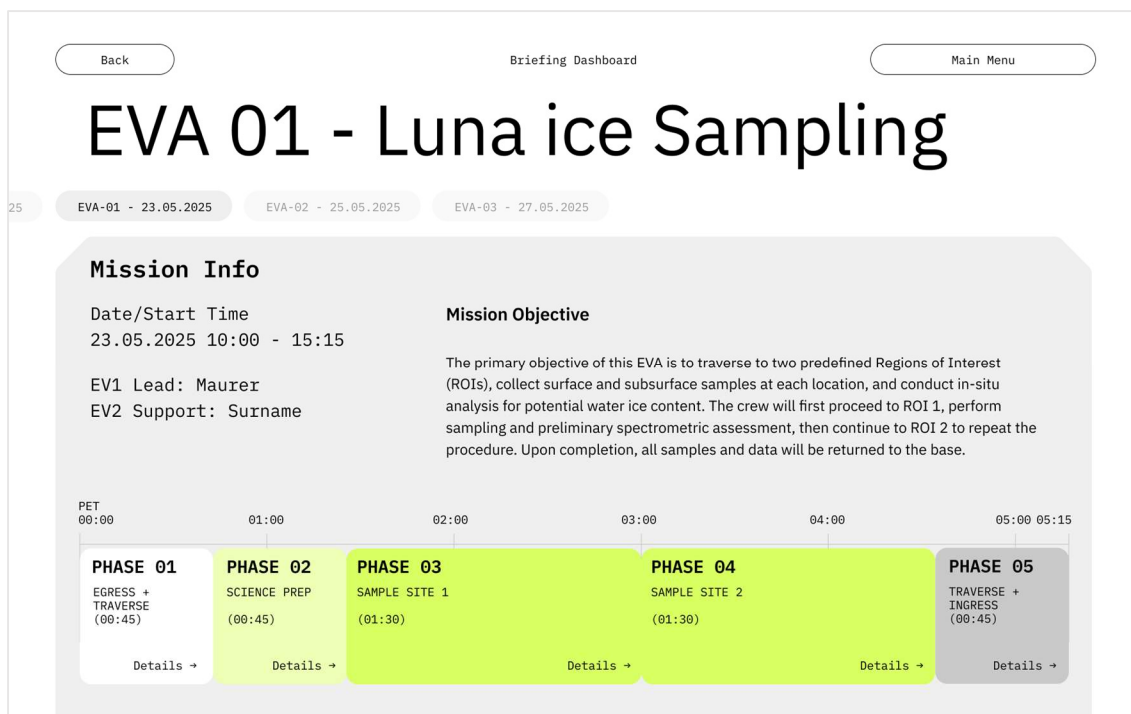


Abbildung 43 - Briefing Interface Missionsübersicht, Eigene Darstellung.

Das zentrale Element des Briefing Interfaces ist die Kartenansicht, die alle für die aktuelle Phase relevanten Informationen zusammenführt. Auf der Karte sind farbkodiert Gefahrenzonen sowie sichere Wege innerhalb der Missionsumgebung markiert (siehe Abbildung 45). Darüber hinaus hat der Nutzer die Möglichkeit, Details zu Aufgabenbereichen und Missionszielen einzusehen. Zusätzlich können in dieser Ansicht die Interface-Werkzeuge angezeigt werden, die in der jeweiligen Phase zum Einsatz kommen. Die Kartenansicht nimmt mehr als die Hälfte der Bildschirmbreite ein und kann über am linken Rand positionierte Buttons vergrößert oder verkleinert werden. Beim Hineinzoomen erscheint am rechten Rand zusätzlich die Anzeige der Position des Landers. Auch in dieser Ansicht bleibt die Möglichkeit bestehen, entweder zur vorherigen Übersicht oder direkt ins Startmenü zurückzukehren. Rechts neben der Karte befindet sich eine Textsektion, in der die Inhalte der einzelnen Missionsphasen zusammengefasst und strukturiert dargestellt sind. Die Phasen sind, analog zur vorherigen Ansicht, farblich kodiert, wodurch eine visuelle Kohärenz und schnelle Orientierung gewährleistet wird.

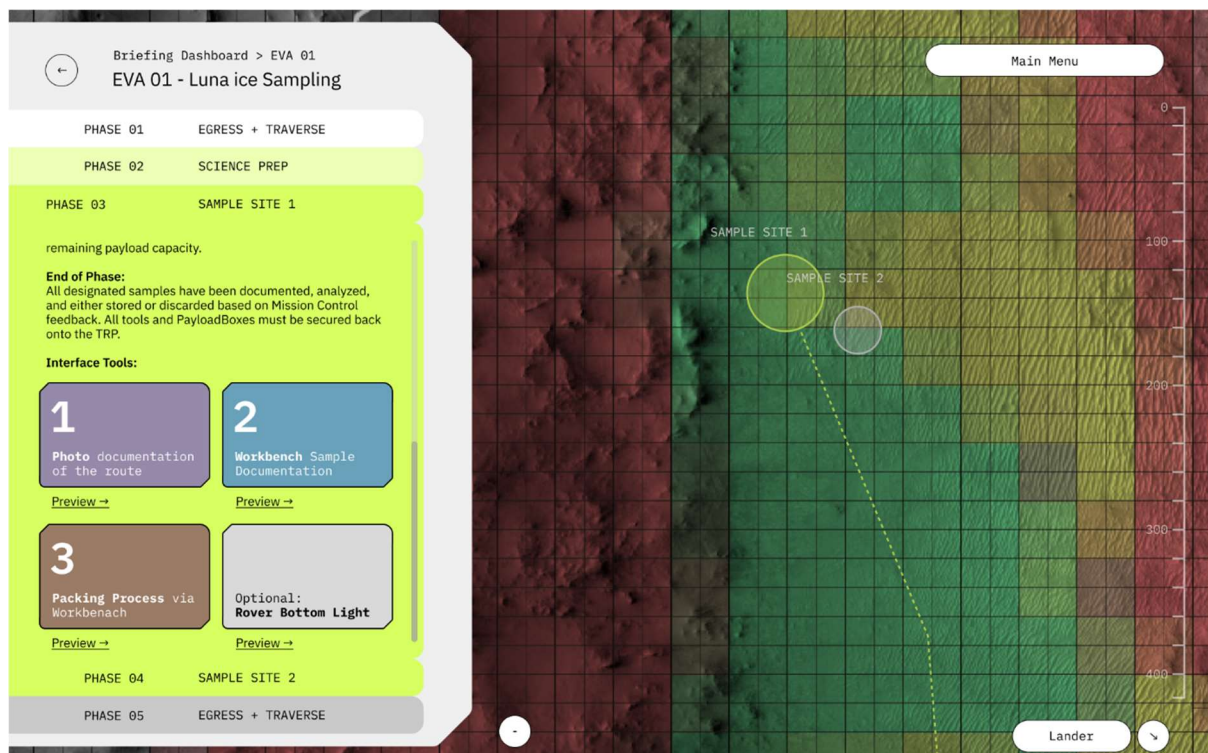


Abbildung 44 - Briefing Interface Kartenübersicht 1, Eigene Darstellung.

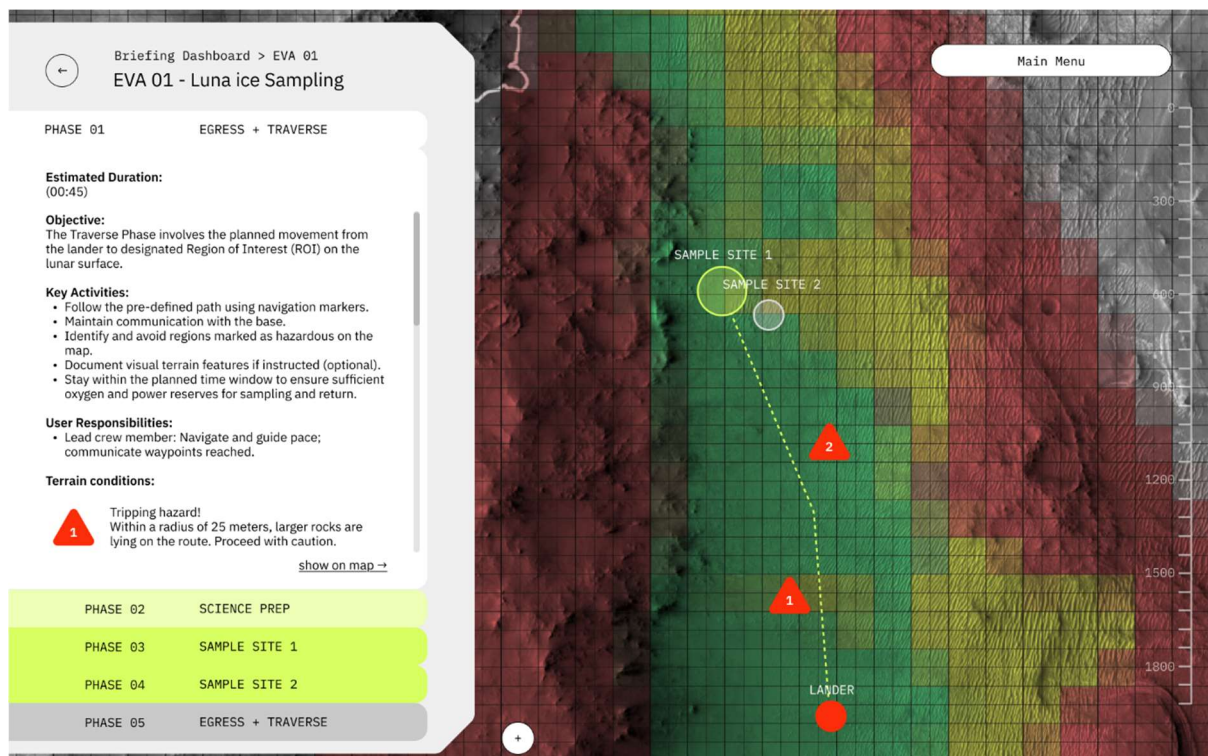


Abbildung 45 - Briefing Interface Kartenübersicht 2, Eigene Darstellung.

11 Ergebnisse und Gestaltungsempfehlungen

Die Auswertung der durchgeführten Testungen erlaubt es, Gestaltungsempfehlungen für grafische Benutzeroberflächen im EVA-Kontext abzuleiten. Diese Empfehlungen reagieren unmittelbar auf die zentralen Herausforderungen astronautischer Missionsumgebungen, der Bewegungseinschränkung und der kognitiven Einschränkungen und lassen sich anhand des entwickelten Interfaces exemplarisch veranschaulichen. Sie bieten außerdem eine Antwort auf die übergeordnete Forschungsfrage dieser Arbeit: Wie kann ein Interface-Design Astronauten auf der Mondoberfläche bestmöglich bei der Interaktion mit robotischen Assistenzsystemen („Utility Rovers“) unterstützen? Im Folgenden werden die wesentlichen Gestaltungserkenntnisse vorgestellt, die sich aus den Nutzertestungen und der iterativen Entwicklung ableiten lassen.

11.1 Einschränkungen durch die Nutzungsumgebung

Die Lichtverhältnisse auf der Mondoberfläche sind durch tiefstehendes Sonnenlicht, harte Schatten und fehlende atmosphärische Streuung geprägt. Daraus ergeben sich erhebliche Herausforderungen für die Sichtbarkeit und Bedienbarkeit grafischer Benutzeroberflächen.

Um unter diesen Bedingungen eine dauerhafte Erkennbarkeit sicherheitskritischer Informationen zu gewährleisten, wurden essenzielle Statusanzeigen, wie etwa die verbleibende EVA-Zeit, definiert und dauerhaft sowie prominent im oberen Drittel des Interfaces verankert. Dieser Bereich wird nicht durch Handschuhe oder Anzugteile verdeckt und ermöglicht eine schnelle, positionsunabhängige Orientierung. Die konstante Platzierung über alle Screens hinweg erleichtert zudem das Wiederfinden dieser Informationen und erhöht damit die Bedienungssicherheit.

Darüber hinaus wurde mit großen Schriftgrößen, einer optimal lesbaren Schriftart, starker Strichstärke, einem kontraststarken Farbschema sowie einer klaren Trennung von Funktions- und Statusbereichen gearbeitet, um die Lesbarkeit auch bei kurzer Betrachtungsdauer oder direkter Sonneneinstrahlung zu optimieren.

Sicherheitskritische Farben, insbesondere Rot, Gelb und Grün, wurden ausschließlich für Warnungen und Statusanzeigen reserviert. Interaktive Funktionen hingegen wurden mit alternativen, farblich klar unterscheidbaren Farbtönen versehen, um visuelle Verwechslungen zu vermeiden und die Informationshierarchie klar zu strukturieren.

Warnhinweise wurden in ihrer Darstellung gestuft: je nach Bedrohungsgrad erscheinen sie als farblich kodierte Layer innerhalb des Interfaces oder als deutlich hervorgehobene Pop-up-Fenster. Diese differenzierte Darstellung unterstützt die schnelle Wahrnehmung, Interpretation und Priorisierung von Informationen.

11.2 Einschränkungen durch reduzierte Bewegungsfreiheit

Einerseits führt die starke Einschränkung der Armbewegungen und der hohe Kraftaufwand beim Heben der Arme, zu Herausforderungen bei der Bedienung präziser Steuerelemente. Andererseits erschwert das Tragen von EVA-Handschuhen die Durchführung feinmotorischer Bewegungen, was die Bedienung des Interfaces durch differenzierte Touch-Gesten nahezu unmöglich macht. Diese Einschränkungen erforderten spezifische Anpassungen der Benutzeroberfläche, die in Größe, Platzierung und Funktionalität auf grobmotorische Interaktionen optimiert wurde.

Eine der grundlegenden Anpassungen betrifft die Größe der interaktiven Elemente. Um die Bedienbarkeit mit den EVA-Handschuhen zu ermöglichen, wurden die interaktiven Elemente der Benutzeroberfläche auf eine Mindestgröße von 4,5 x 4,5 cm festgelegt, entsprechend der durchschnittlichen Auflagefläche eines Fingers der EVA-Handschuhe. In einigen Fällen wurde die Größe der Buttons so gewählt, dass sie eine Fläche von etwa der Hälfte der Bildschirmhöhe einnehmen oder den komplett verfügbaren Platz, um die Nutzung auch bei eingeschränkter Präzision zu gewährleisten. Dies ermöglicht den Astronauten eine einfache Interaktion, ohne dass sie auf präzise Fingerbewegungen angewiesen sind.

Ein weiteres wichtiges Gestaltungselement ist die räumliche Trennung von bestätigenden und destruktiven Aktionen. Zur Vermeidung versehentlicher Eingaben wurden Schaltflächen, die kritische oder destruktive Funktionen auslösen, gezielt räumlich von weniger riskanten separiert. Auf diese Weise wird die Wahrscheinlichkeit unbeabsichtigter Fehlbedienungen minimiert.

Darüber hinaus wurde auf die Vermeidung komplexer Gesten und kleiner, eng gruppierter Interaktionselemente geachtet. Um eine einfache und sichere Interaktion zu gewährleisten, wurden alle Interaktionsmöglichkeiten so gestaltet, dass sie mit grobmotorischen Bewegungen ausgeführt werden können. Komplexe Handgesten oder präzise Touch-Gesten, die durch die EVA-Handschuhe nicht realisierbar sind, wurden gänzlich vermieden.

Ein weiterer zentraler Aspekt der Gestaltung besteht in der Automatisierung und Parallelisierung von Arbeitsprozessen, um den physischen Aufwand des Nutzers zu minimieren. Ein Beispiel hierfür ist die automatische Auslösung des Horizon Sweeps bei Erreichen einer ROI. Hier wurde bei der Workflowanalyse erkannt, dass diese Funktion immer an der Stelle ausgeführt werden muss, um die Position zu bestätigen. Aus diesem Grund wird der Horizon sweep automatisch durchgeführt, sobald der Rover in den Labormodus geschaltet wird. Diese Funktionalität stellt sicher, dass der Astronaut nicht manuell eingreifen muss, was die Notwendigkeit für zusätzliche physische Interaktionen reduziert, außerdem wird so wertvolle Zeit gespart. Ein weiteres Beispiel sind die nahtlosen Übergänge zwischen wiederkehrenden Aufgaben, wie etwa der Dokumentation und Verpackung, die so gestaltet wurden, dass sie hintereinander, ohne Unterbrechung, durchgeführt werden können.

Ein weiterer Grundlegender Aspekt bei der Interaktion zwischen Astronaut und Rover ist die Platzierung des Tablets. Anstatt dass der Astronaut das Tablet in der Hand halten muss, was aufgrund der begrenzten Griffkraft der EVA-Handschuhe eine erhebliche Belastung darstellt, wird das Tablet auf Augenhöhe, in einer Halterung positioniert. Diese Platzierung ermöglicht nicht nur eine freiere Handhabung und reduziert die Belastung der Griffkraft, sondern sorgt auch dafür, dass die Hände für andere Tätigkeiten genutzt werden können. Des Weiteren wurde bei der Positionierung der Halterung darauf geachtet, dass das Tablet so bedient werden kann, dass weder eine Streckung des

Armes noch das Anheben auf Schulterhöhe notwendig ist. Die platzsparende und ergonomische Positionierung des Tablets erleichtert dem Astronauten die Interaktion mit der Oberfläche und reduziert die Notwendigkeit für ständige Handbewegungen.

11.3 Einschränkungen durch kognitive Belastung

Ein entscheidender Faktor bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche war die Reduzierung der kognitiven Belastung, um den Astronauten in seiner Leistung zu unterstützen und Fehler zu vermeiden. Ziel war es, die mentale Belastung so weit wie möglich zu minimieren, indem die Informationsmenge selektiv angepasst und Interaktionen vereinfacht wurden. Ein zentrales Prinzip bestand darin, den Nutzer nur mit den für den jeweiligen Nutzungskontext relevanten Informationen zu versorgen. Die Benutzeroberfläche sollte sich dynamisch an die spezifische Phase oder den Kontext der Mission anpassen, um eine möglichst effiziente und fehlerfreie Interaktion zu ermöglichen.

Die Selektion von Informationen war daher ein Schlüsselaspekt in der Gestaltung. In einfacheren Szenarien, wie der fotografischen Dokumentation eines Samples, wurde der Nutzer nur mit einer einzigen, klar beschrifteten Funktion konfrontiert „Foto machen“. Diese Reduktion auf das Wesentliche verringert die kognitive Belastung, da der Astronaut keine Entscheidung selbst treffen muss, sondern intuitiv der einzigen Option folgt. Im Gegensatz dazu erfordert die Bedienung komplexer Systeme, wie etwa des Lichts, eine differenziertere Interaktion. Hier wurden visuelle Darstellungen eingesetzt, die die Funktionsweise des Lichts einfach und verständlich vermitteln. Komplexe Textbeschreibungen wurden durch einfache, aber effektive Grafiken ersetzt, was die Informationsaufnahme beschleunigt. Diese Selektionsstrategie setzt sich auch bei Fehlermeldungen fort. Anstatt lange, erklärende Texte anzuzeigen, wurden kurze, prägnante Hinweise in Kombination mit symbolischen Darstellungen verwendet. Diese Visualisierungen ersparen dem Nutzer das Durchsuchen langer Textpassagen und tragen zur schnellen Erkennung von Problemen bei. Die Informationsvermittlung bleibt dabei klar und handlungsorientiert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Einführung eines Interaktionsbalkens, der dem Nutzer jederzeit anzeigt, welche Interaktion als nächstes erwartet wird. Diese visuelle Unterstützung reduziert den Bedarf an eigenen Entscheidungen und gibt eine klare Handlungsempfehlung. Die Nutzer können somit jederzeit nachvollziehen, welche Aktion als nächstes erforderlich oder sinnvoll ist. Diese transparente Handlungsaufforderung trägt zur Reduktion von Unsicherheit bei und beschleunigt die Interaktion, da der Nutzer nicht überlegen muss, welche Schritte als nächstes zu unternehmen sind.

Zusätzlich wurde bewusst darauf geachtet, bekannte Interaktionsmuster aus anderen Interfaces zu integrieren, um die Intuitivität der Bedienung zu erhöhen. Ein Beispiel hierfür ist die automatische Erkennung von Proben oder QR-Codes, eine Funktion, die ähnliche Prinzipien wie die automatische Gesichtserkennung oder Texterkennung in Kamera-Apps verwendet oder Platzierungen von „zurück-Buttons“. Visuell wurde sich, zum Beispiel bei der Gestaltung der Buttons, ebenfalls an bereits gelernten Konventionen orientiert. Indem solche Darstellungen und Prozesse genutzt werden, kann die Benutzeroberfläche ohne zusätzliche Nutzereingabe reagieren und dem Astronauten helfen, schneller und effizienter zu arbeiten.

Ein weiteres Gestaltungselement, das die kognitive Belastung positiv beeinflusst, ist die Trennung zwischen dem Briefing-Interface und dem EVA-Interface. Diese Trennung ermöglicht es den Nutzern, grundlegende Interaktionsmuster bereits in einer ruhigen Umgebung zu erlernen, bevor sie in die anspruchsvolleren Szenarien der EVA-Mission wechseln. Auf diese Weise werden die grundlegenden Bedienprozesse verinnerlicht und sind später im EVA-Kontext schneller und intuitiver abrufbar, da die Benutzer bereits mit den Interaktionen vertraut sind. Zudem wird im Briefing die Möglichkeit geboten, Missionsinhalte visuell zu verankern, indem spezifische Aufgaben mit unterstützenden Bildern, Farben und/oder Symbolen verknüpft werden. Diese visuelle Unterstützung stärkt die mentale Verknüpfung von Informationen und erleichtert die spätere Navigation im EVA-Interface.

12 Fazit

Ziel dieser Masterarbeit war es, Gestaltungsprinzipien für GUIs im planetaren Kontext zu entwickeln. Durch die gewählte methodische Vorgehensweise konnten die erarbeiteten Interaktionsprinzipien und Gestaltungsmuster evaluiert und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bewertet werden. Ergänzend ermöglichten die Evaluationen sowie Interviews mit der Endnutzergruppe wertvolle Einblicke in die Arbeitsabläufe von Astronauten und lieferten Erkenntnisse zu weiteren zentralen Aspekten und Limitationen der spezifischen Nutzungskontexte.

Ein wesentlicher Mehrwert der Arbeit lag in der engen Zusammenarbeit mit dem DLR. Neben dem Zugang zu Experten in der Roverentwicklung bot die Kooperation auch die Möglichkeit, eine Kampagne in der LUNA-Halle in Köln direkt aus dem Missionszentrum zu verfolgen. Dadurch konnten nicht nur Einblicke in den Arbeitsalltag von Astronauten, sondern auch in die Kommunikationsstrukturen zwischen den verschiedenen Akteuren einer Raumfahrtmission gewonnen werden. Darüber hinaus wäre es ohne die Ressourcen des DLR kaum möglich gewesen, Nutzerstudien mit einem realen Endnutzer, in diesem Fall mit dem Astronauten Dr. Matthias Maurer, durchzuführen. Diese außergewöhnlichen Bedingungen haben entscheidend dazu beigetragen, ein umfassendes Verständnis der Herausforderungen und Problemstellungen zu entwickeln, die im Rahmen dieser Arbeit adressiert wurden.

Die Ergebnisse der Nutzertests zeigten, dass bestimmte Designmuster besonders positiv bewertet wurden. Dazu gehörte insbesondere die Platzierung zentraler GUI-Elemente im oberen Bereich, wodurch diese während der Nutzung durchgängig sichtbar und zuverlässig erkennbar blieben. Ebenso erwies sich die konsistente Platzierung identischer Informationen an festen Positionen als förderlich für die schnelle Orientierung. Auch die räumliche Trennung bestätigender und destruktiver Aktionen entlang verschiedener Bildschirmränder erwies sich als effektive Maßnahme zur Fehlervermeidung.

In der zweiten Testphase traten keine Fehleingaben auf, obwohl die Handschuhe die Sensitivität der Eingabe reduzierten. Dies wurde maßgeblich durch die großflächige Gestaltung der Buttons (50 % der Bildschirmfläche) begünstigt. Zudem erwies sich die Entwicklung verschiedener Layout-Varianten mit unterschiedlicher Informationsdichte als wirksam. Auch wenn diese Varianten in der vorliegenden Arbeit funktionsspezifisch gebunden sind, verdeutlichen sie grundsätzliche Ansätze zur Gestaltung skalierbarer Informationsarchitekturen. Sie zeigen, welche Darstellungsformen auf unterschiedlichen Komplexitätsniveaus praktikabel sind, und lassen sich in Bezug auf Struktur und Layout unabhängig vom Inhalt auch auf andere Funktionen übertragen.

Unabhängig von der konkreten Gestaltung erwies sich die Informationsleiste, die die erwartete Interaktion anzeigt, als besonders hilfreich. Sie unterstützte die Nutzerführung sowohl durch die Reduktion nicht situationsrelevanter Inhalte als auch durch die Nutzung bereits erlernter Interaktionsmuster aus dem Briefing-Interface (z. B. konsistente Positionierung von „Zurück“-Buttons). Dies führte insgesamt zu einer hohen intuitiven Bedienbarkeit. Ergänzend wurden die angepasste Terminologie, die Farbkennzeichnung sowie die klare Differenzierung der Farben positiv bewertet. Dennoch erscheint eine weiterführende Untersuchung zur optimalen Farbauswahl und -wahrnehmung unter eingeschränkten Lichtbedingungen sinnvoll.

Da die Anzahl der Endnutzer im astronautischen Kontext naturgemäß sehr begrenzt ist, ist auch die Stichprobengröße qualitativer Untersuchungen entsprechend klein. Da sich die Zielgruppe professioneller Astronauten durch eine hohe Homogenität in Bezug auf Ausbildung, Training und Aufgabenprofil auszeichnet und bereits mit fünf Testpersonen bis zu 80 % der Usability-Probleme identifizierbar sind,¹⁴¹ stellt dieser Umstand jedoch keine methodische Schwäche dar.

Die gewählte Zusammensetzung der Testpersonen reflektiert dabei unterschiedliche, für das Projekt relevante Perspektiven: Usability-Expertise wurde durch gezielte Tests mit erfahrenen UX/UI-Designern eingebracht, während kontextbezogene Anforderungen durch Fachpersonen aus der explorativen Robotik berücksichtigt wurden. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden somit eine fundierte Grundlage für die weitere Entwicklung und erlauben es, zentrale Gestaltungsprinzipien frühzeitig zu validieren.

Klickprototypen in der explorativen Phase des Interface-Designs ermöglichten eine schnelle und kosteneffiziente Evaluation grundlegender Gestaltungsprinzipien. Mithilfe von Low-Fidelity-Prototypen konnten erste Ideen und Interaktionsmuster schnell skizziert und hinsichtlich ihrer Machbarkeit überprüft werden, ohne dass eine technische Umsetzung oder Systemintegration erforderlich war. Dies spart nicht nur Zeit, Ressourcen und Personalaufwand, sondern ermöglicht es auch, kritische Schwachstellen in der Nutzerführung frühzeitig zu identifizieren und gezielt zu adressieren, noch bevor das System final entwickelt wird.

Durch die Einbindung der Endnutzer konnten reale Anforderungen und Nutzungskonflikte erkannt und zentrale Problemstellungen bereits in einer Anfangsphase identifiziert werden. Diese Erkenntnisse können gezielt in das Systemdesign überführt werden und haben nicht nur zur Priorisierung im Entwicklungsprozess beigetragen, sondern helfen, die Gesamtausrichtung des Projekts stärker an den tatsächlichen Bedingungen und Bedürfnissen der Nutzer zu orientieren.

Insgesamt liefert diese Arbeit einen Gestaltungsansatz für EVA-Interfaces, die Nutzer auch unter extremen Bedingungen wie eingeschränkter Bewegungsfreiheit, Sichtbehinderung und hoher mentaler Belastung effektiv unterstützen können. Sie zeigt eine Möglichkeit, wie sich Interfacegestaltung an den Anforderungen eines Raumzugs, im Speziellen der Handschuhe, und der Umgebung einer EVA ausrichten lässt, um sichere und intuitive Bedienung zu ermöglichen.

Die Analyse zeigt, dass die Gestaltungslösungen oft mehreren Anforderungen gleichzeitig gerecht werden. So tragen große Interaktionselemente nicht nur zur besseren Bedienbarkeit mit Handschuhen bei, sondern erhöhen auch die Sichtbarkeit bei schwierigen Lichtverhältnissen. Ebenso erfüllt eine konsistente Farbkodierung sowohl kommunikative als auch sicherheitsrelevante Funktionen. Die Ergebnisse dieser Arbeit legen nahe, dass die dargestellten Designlösungen nicht nur für das untersuchte Interface von Bedeutung sind, sondern auf andere grafische Benutzeroberflächen in extremen Nutzungskontexten übertragen werden können. Insbesondere in Umgebungen, die durch physische, kognitive oder sicherheitsrelevante Einschränkungen geprägt sind, können solche gestalterischen Prinzipien dazu beitragen, die Effizienz und Sicherheit der Nutzerinteraktion signifikant zu erhöhen.

¹⁴¹ Vgl. Sarodnick 2011, S. 173.

Auf dieser Grundlage ergeben sich klare nächste Schritte für die Weiterentwicklung des Interfaces. Der entworfene Interaktionsansatz bildet eine Basis, um in nachfolgenden Projektphasen innerhalb einer interaktiven Software Systeminteraktionen zu integrieren und zu testen. Dazu zählt auch der Einsatz spezifischer Hardwarekomponenten, die in der Low fidelity-Phase noch nicht abgebildet wurden. Ebenso stellt die Situation im Test bisher eine stark vereinfachte Umgebung dar. Künftige Evaluationen sollen gezielt unter erschwerten Bedingungen erfolgen, wie Zeitdruck, eingeschränkter Sicht oder kognitiver Belastung, wie sie typischerweise in EVA-Szenarien auftreten. Auch die visuelle Wahrnehmung unter realen Bedingungen, beispielsweise mit Helm und reflektierendem Licht, sollten in späteren Testungen berücksichtigt werden.

Hierbei ergibt sich die Möglichkeit, die Usability der Hand-Cuff-Mechanik systematisch zu untersuchen. Es sollte evaluiert werden, ob die Steuerung über ein kleineres Interface am Arm unter EVA-Bedingungen praktikabel ist oder ob alternative Lösungen in der Missionspraxis besser geeignet sind.

Der in dieser Arbeit entwickelte Workflow bildet exemplarisch eines von vielen möglichen Nutzungsszenarien ab und zeigt, wie eine Interaktion zwischen Astronaut und Rover gestaltet sein kann. In zukünftigen Arbeiten wäre es naheliegend, die erarbeiteten Interaktionsmuster auf weitere Kontexte zu übertragen, wie logistische Prozesse oder wissenschaftliche Experimente außerhalb geologischer Abläufe. Auf diese Weise ließen sich die entwickelten Prinzipien weiter überprüfen, anpassen und in ihrer Anwendbarkeit für unterschiedliche Aufgabenfelder vertiefen. Ein weiterer Aspekt betrifft die zukünftige Erweiterung des Systems durch zusätzliche Hardware, insbesondere durch einen Roboterarm, der bei der Auslieferung des LUNA TRP zunächst nicht enthalten sein wird. Hier ergibt sich die Möglichkeit die in dieser Arbeit entstandenen Gestaltungsprinzipien um eine Interaktionsebene zu erweitern.

Anhang

Anhang 1: Interviewleitfaden für persönliche Befragung inkl. Testaufgaben – Erste Iteration

AUFGABEN

Aufgabe 1:

Starte das Interface (IF). Identifiziere im ersten Schritt, in welchem Modus sich das System aktuell befindet. Geht derzeit eine Gefahr vom TRP aus oder kann ich mit dem TRP interagieren?

Aufgabe 2:

Navigiere im IF zur Kartenfunktion. Dein Ziel ist es, eine ROI auf der Karte zu finden und einen Horizon Sweep durchzuführen.

Aufgabe 3:

Navigiere das IF so, dass eine Probensammlung inklusive Workbenchdokumentation durchgeführt werden kann.

Aufgabe 4:

Schalte das Licht in der Pan-Tilt-Einheit auf niedrigster Stufe ein und drehe den Scheinwerfer nach rechts.

Aufgabe 5:

Wechsle wieder in den Fahrmodus, sodass du anschließend zur nächsten ROI navigieren kannst.

FRAGEN

1. Einstieg & erster Eindruck

- Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?
- Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, das dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

2. Aufgabenangemessenheit & Eingabe

- Gab es Stellen an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt? Wenn Ja welche?
- Hattest du das Gefühl, das man Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows verbinden kann?
- Hattest du das Gefühl das manche Workflows zu kleinteilig waren?
- Waren alle Interaktionsmöglichkeiten/Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?
- Gab es Informationen oder Bezeichnungen die du unverständlich fandest?

3. Informationsvermittlung & Systemverhalten

- Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?
- Hast du dich darüber gut informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?
- Wusstest du immer ob du dich dem TRP gefahrenlos nähern kannst?

- Hättest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise/Erklärungen vom Interface gewünscht?

4. Erwartungskonformität & Verständlichkeit

- War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?
- Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?
- Gab es Stellen, an denen dich das Interface „ausgebremst“ oder aus deinem Arbeitsfluss gebracht hat?
- Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

5. Erlernbarkeit

- Wie schätzt du den Lernaufwand ein: Könntest du das Interface ohne Hilfe erlernen?
- An welchen Stellen hättest du dir mehr Unterstützung gewünscht?

6. Fehlerverhalten & Korrekturmöglichkeiten

- Sind dir während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert?
- Wie hast du den Aufwand zur Fehlerbehebung empfunden?
- Waren Fehlermeldungen für dich verständlich?
- Hat dir das System konkrete Hinweise gegeben, wie du einen Fehler beheben kannst?

7. Arbeitsfluss & Steuerbarkeit

- Konntest du dich frei zwischen verschiedenen Bereichen (z. B. Menüs oder Ansichten) bewegen?
- Gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wirkten?
- Hast du dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt?

8. Abschluss

- Haben dir Funktionen gefehlt?
- Was hat dir besonders gut gefallen?
- Wenn du dir Funktionen Wünschen könntest, welche wären das?

Anhang 2: Interviewleitfaden für persönliche Befragung inkl. Testaufgaben – Zweite Iteration

AUFGABEN

Aufgabe 1:

Starte das Interface. Navigiere vom Startscreen in das EVA Interface. Fülle die notwendige Checkliste zur EVA-Vorbereitung vollständig aus. Führe anschließend einen Horizon Sweep zur Umgebungsanalyse durch.

Aufgabe 2:

Navigiere zur Steuerung der Licht Einheit. Schalte das vordere Licht ein, erhöhe die Lichtstufe und drehe den Scheinwerfer nach links.

Aufgabe 3:

Öffne den Bereich „Workbench“. Starte eine neue Workbenchaufnahme. Dokumentiere die Probe vollständig im Workbenchsystem und führe eine Probensammlung durch.

FRAGEN

1. Einstieg & erster Eindruck

- Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?
- Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, das dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

2. Aufgabenangemessenheit & Eingabe

- Gab es Stellen an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt? Wenn Ja welche?
- Waren alle Interaktionsmöglichkeiten/Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?
- Gab es Informationen oder Bezeichnungen die du unverständlich fandest?
- Hat das Interface alle Notwendigen Informationen gut sichtbar dargestellt. Bzw. Waren alle Informationen die immer Verfügbar sein mussten an sinnvollen Stellen dargestellt?
- Sind alle Lebensnotwendigen Informationen immer sichtbar?

3. Informationsvermittlung & Systemverhalten

- Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?
- Hast du dich darüber gut informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?
- Wusstest du immer ob du dich dem TRP gefahrenlos nähern kannst?
- Hättest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise/Erklärungen vom EVA-Interface gewünscht oder eicht das Dashboard + Informationsleiste?

4. Erwartungskonformität & Verständlichkeit

- War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?
- Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

- Gab es Stellen, an denen dich das Interface „ausgebremst“ oder aus deinem Arbeitsfluss gebracht hat?
- Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?
- Erleichtert oder erschwert die unterschiedliche Gestaltung die Orientierung in dem Interface

5. Erlernbarkeit

- Wie schätzt du den Lernaufwand ein: Könntest du das Interface ohne Hilfe erlernen?
- An welchen Stellen hättest du dir mehr Unterstützung gewünscht?

6. Fehlerverhalten & Korrekturmöglichkeiten

- Sind dir während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert?
- Wie hast du den Aufwand zur Fehlerbehebung empfunden?
- Waren Fehlermeldungen für dich verständlich?
- Hat dir das System konkrete Hinweise gegeben, wie du einen Fehler beheben kannst?

7. Arbeitsfluss & Steuerbarkeit

- Konntest du dich frei zwischen verschiedenen Bereichen (z. B. Menüs oder Ansichten) bewegen?
- Gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wirkten?
- Hast du dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt?

8. Abschluss

- Haben dir Funktionen gefehlt?
- Was hat dir besonders gut gefallen?
- Wenn du dir Funktionen Wünschen könntest, welche wären das?

Anhang 3: Interviewleitfaden für online Befragung – Zweite Iteration

FRAGEN

1. Einstieg & erster Eindruck

- Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?
- Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, das dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

2. Aufgabenangemessenheit & Eingabe

- Gab es Stellen an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt? Wenn Ja welche?
- Waren alle Interaktionsmöglichkeiten/Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?
- Gab es Informationen oder Bezeichnungen die du unverständlich fandest?
- Sind alle Lebensnotwendigen Informationen immer sichtbar?

3. Informationsvermittlung & Systemverhalten

- Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?

4. Erwartungskonformität & Verständlichkeit

- War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Anhang 4: Erstes Leitfadeninterview mit Dr. Matthias Maurer

Lisa Schröck: Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen?

Dr. Matthias Maurer: Also ich mag besonders, dass du mir wenig Auswahl gibst und diese wenigen Auswahlmöglichkeiten klar sind.

5 **Lisa Schröck:** Okay.

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Sehr gut. Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt?

10 **Dr. Matthias Maurer:** Ja, also wir hatten es eben schon ein paar Mal, wo ich mich durch Sachen durchklicken muss. Das würde ich gerne die Option haben - also jetzt bin ich ein neuer User, da brauche ich das - aber später hätte ich ganz gerne vielleicht das advanced Modul, wo ich dann sage okay, ich würde einmal und dann läuft diese ganze Kette ab, weil ich dann einfach weiß.

Lisa Schröck: Okay.

15 **Lisa Schröck:** War, dass ich vielleicht hier bei diesem. Bei der Karte, wo man so durchklicken muss, weil das sind ja Sachen, die später automatisch laufen würden. Die mussten jetzt durchklicken, weil das ja nur ein Prototyp ist. Aber grundsätzlich wird das quasi einfach ablaufen. Ja okay, aber sowas würde ich mir mal, da würde ich dann noch mal schauen. Hattest du das Gefühl, dass man die Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows verbinden kann? Also im Grunde genommen, was ich damit meine, ist dass man solche Workbench-Aufnahmen und die Sample ID, zusammenpackt, dass das einfach zusammen ist. Siehst du da Funktionen, die man hier auch noch was verbinden könnte?

20 **Dr. Matthias Maurer:** Ja, ich denke, das hier ist klar strukturiert. Diese vier Optionen sind gut. Okay, die Workbench startet.

25 **Lisa Schröck:** Und hier wird zum Beispiel auch... Jetzt könnte ich das ja zur Seite stellen und die einzige Interaktion, die ich hätte, wäre den QR-Code dazu zu halten, bis er erkannt wird. Und dann wird er sagen okay, jetzt nicht bewegen, er wird erfasst, er wurde erfasst und dann wäre meine einzige Interaktion quasi das hier. Und genau dasselbe bei der Workbench-Aufnahme. Also jetzt müssen wir halt viel klicken. Das wird natürlich später entfallen.

30 **Dr. Matthias Maurer:** Okay, da ist vielleicht jetzt noch was vom Flow her... Also momentan sieht es so aus: die Tüten sind auf einer Halterung drauf und dann muss ich die einmal so aufziehen, so dass ich das so reinlegen kann. Das wäre jetzt für mich vom Flow her ungünstig, die Tüte einmal von der Halterung wegzunehmen und den QR-Code zu scannen und die wieder auf die Halterung drauf zu fummeln.

Lisa Schröck: Ah und in der Halterung verpackst du es auch?

35 **Dr. Matthias Maurer:** Ja.

Lisa Schröck: Ah okay.

Dr. Matthias Maurer: Das heißt, dann wäre in dem Fall wäre es vielleicht besser: erst verpacken, die Tüte zu, und dann, wenn ich das hier wegnehme, QR-Code scannen und dann wegpacken.

Lisa Schröck: Ja, okay, das ist einfach.

Dr. Matthias Maurer: Aber das ist natürlich interaktiv mit dem Gesamtflow. Das konntest du nicht wissen.

5 **Lisa Schröck:** Hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren? Also, dass du zum Beispiel zu häufig interagieren musstest, um zum Ergebnis zu kommen?

Dr. Matthias Maurer: Ja, das ist halt... bei der Checkliste hier... war das so ein bisschen, dass ich halt da irgendwie, dass da überall durchklicken muss.

Lisa Schröck: Okay.

10 **Dr. Matthias Maurer:** Sonst hätte ich das ganz gerne auf den Punkt. Vielleicht, dass alle vier auf einer Seite sind und ich dann einmal „confirm all“ habe. Aber schon auch die Option, dass ich es einzeln hab.

15 Also auch so dass du dann mehr Information kriegst, oder dass du dann beispielsweise die Möglichkeit hättest, dass wenn du es anklickst, du dann mehr Informationen zur Sichtprüfung bekommst? Und wenn man das dann alles ein paar Mal gemacht hat, dann weiß man das ja auch und kann einfach auf „weiter“ klicken.

Dr. Matthias Maurer: Genau, genau, genau.

Lisa Schröck: Okay. Aber du möchtest das wirklich bestätigen, oder reicht es nur visuell?

20 **Dr. Matthias Maurer:** Okay, ich habe die vier und es geht weiter. Ich möchte es wirklich abhaken. Ich denke, beim allerersten Mal oder beim Training ist es gut, wenn man das abhakt, dass man es wirklich sauber gemacht hat. Aber wenn du jetzt ins Auto einsteigst... Du willst da auch nicht irgendwie „den Zündschlüssel Schlüssel eingesteckt?“ „Ja.“ „Bitte bestätigen.“ „Hier hast du den Zündschlüssel gedreht?“ „Ja.“ „Hier hast du den Leerlauf rein gemacht?“ Irgendwann nervt das. Weißt du, irgendwann willst du auch fahren... Zum Lernen ist so ein kleinteiliges Vorgehen gut, aber später... Ein erfahrener User, der sagt einfach dann „das möchte ich kompaktieren!“.

25 **Lisa Schröck:** Waren alle Funktionen für dich verständlich platziert?

Dr. Matthias Maurer: Ja. Verständlich platziert. Wir hatten über ein paar Punkte gesprochen, wo ich dir gesagt habe, ich würde intuitiv denken, ich arbeite von links nach rechts oder von oben nach unten. Und dass das mir ein Workflow vorgibt. Vielleicht kann man noch mal überlegen etwas, was optional ist, dass man das vielleicht als optional erkenntlich macht.

30 **Lisa Schröck:** Ja, also ich meine was hier jetzt natürlich auch ist: das sieht ja jetzt momentan alles sehr gleich aus. Aber man könnte zum Beispiel Funktionen, die nicht optional sind, die haben dann 100 % Weiß und Funktionen, die optional sein können ein bisschen ausgegraut sein oder nicht ganz so intensiv, oder?

35 **Dr. Matthias Maurer:** Oder du machst das Oval um die Ecken und das hier lässt du als Quadrat. Also irgendwelche Sachen?

Lisa Schröck: Ja, genau. Dann habe ich hier noch waren alle Funktionen verständlich benannt? Da haben wir ja gerade drüber gesprochen.

Dr. Matthias Maurer: Das muss man Ändern, weil. Licht und Foto.

Lisa Schröck: Genau. Konntest du immer erkennen, welche Angaben an welcher Stelle erforderlich waren? Da haben wir auch gerade drüber gesprochen, dass du dir da mehr Information vom Interface wünschst, was gerade gefordert wird?

Dr. Matthias Maurer: Solange bis ich ein erfahrener User bin. Und dann komme ich wieder und sage ich hätte es ganz gern, wie du das am Anfang hattest.

Lisa Schröck: Ja, vielleicht ist es dann auch ganz schlau zu wissen, dass man sagt okay, man macht so ein Smart-Onboarding, wo man das lernen kann und dann hat man das für später, wo man so was nicht mehr hat. Das könnte man dann ja mitbedenken. Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst? Da sind wir jetzt zwischendurch nicht so genau drauf eingegangen, aber würdest du die Informationen jetzt immer finden ob du dich dem TRP nähern kannst oder nicht?

Dr. Matthias Maurer: Ja, das ist halt so eine Sache. Das Tablet möchte ich nicht immer mit mir rumschleppen. Hier steht es natürlich, aber ich würde ganz gerne irgendwo an dem TRP eine grüne Lampe sehen.

Lisa Schröck: Ja, okay, es wäre vielleicht für das Licht ja auch günstig, wenn der rot einfärben oder grün, je nachdem. Okay.

Dr. Matthias Maurer: Ja, genau. Also du meinst jetzt die Beleuchtung außen rum?

Lisa Schröck: Genau das der dann vielleicht einmal blinkt oder so oder vielleicht gibt es auch noch eine LED, die weiß okay, jetzt kann man sich nähern... War der Aufbau und das Prinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Dr. Matthias Maurer: Ja,

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Dr. Matthias Maurer: Bei den meisten Stellen ja. Bei der haben wir es besprochen und geklärt.

Lisa Schröck: Genau. Gab es Situationen, an denen du dir sehr viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

Dr. Matthias Maurer: Ne.

Lisa Schröck: Okay, wie schätzt du den Lernaufwand ein? Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen? Also war es so intuitiv, dass du dich...

Dr. Matthias Maurer: Es ist schon gut, ein paar Worte dazu zu hören.

Lisa Schröck: Hättest du dir an manchen Stellen mehr Unterstützung in der Erlernbarkeit gewünscht? Also jetzt nicht „Was macht das Interface?“, sondern zusätzlich noch mal in der Navigation, dass du da mehr Erklärungen hättest.

Dr. Matthias Maurer: Ja. Das, was die Erwartung an mich ist.

Dr. Matthias Maurer: Wenn du vielleicht irgendwo noch so einen „I“ Button machst. Informationen, so nach dem Motto „okay, was muss ich jetzt hier machen?“. Dann klicke ich auf mein „I“: hier wird das und das von dir erwartet.

Lisa Schröck: Ja oder als Beispiel so nicht bewegen, Probe wird erfasst oder jetzt um 90 Grad drehen, dass man mehr mit solchen Elementen arbeitet, dass man immer genau weiß, das ist meine Task.

Dr. Matthias Maurer: Genau, genau, Genau.

Lisa Schröck: Gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich waren?

5 **Dr. Matthias Maurer:** Nö.

Lisa Schröck: Hast du dich während der Sitzung unterbrochen oder gestört gefühlt? Durch das Interface?

10 **Dr. Matthias Maurer:** Das weiß ich jetzt nicht. Also hier, wenn ich so eine Aufnahme mache. Du hast gesagt, das ist meine Probe. Jetzt hinstellen und dann würde ich irgendwie ein visuelles Signal erhalten, dass da irgendwie eine Lichtblitze oder so was. Und dann weiß ich beim dritten Mal. Okay. ich muss dann normalerweise 90 Grad drehen und dann macht es klick, klack und dann mache ich das nochmal, macht es klick, klack und dann ist es fertig. In der ganzen Zeit muss ich aber nicht drauf tippen. Genau das ist wichtig, weil wenn ich jedes Mal irgendwie dahinlaufen muss und muss meinen Arm heben und da drauf tippen, dann würde es mich nerven.

15 **Lisa Schröck:** Haben dir denn grundsätzlich abgesehen von dem Spektrometer noch Funktionen gefehlt, die du gerne hättest. Also und so eine Taskleiste haben wir darüber gesprochen.

20 **Dr. Matthias Maurer:** Also ich hätte ganz gerne die Information wo... was ist der Workflow an der jeweiligen Arbeitsstation. Das hat man ja, dann hat man die Information wo bin ich mit der Zeit her? Sind meine System - mein komplettes System, ist alles grün? Normalerweise habe ich es vielleicht sogar an meinem Helm eingeblendet, aber wenn hier auch ist, alle Systeme im Grün, dann habe ich noch mal so ein bisschen Redundanz und ich sehe auf einen Blick. Okay. Alles okay. Ich kann mich 100 % auf die Wissenschaft konzentrieren und dann meine drei Punkte. Okay, Probe dokumentieren, verpacken. Das war alles klar. Für den Fall, dass wir eine geologische Untersuchung dazubekommen, würdest du mir hier einen neuen Button dazu programmieren.

25 **Lisa Schröck:** Genau. Okay. Ja, gut. Super. Dann sind wir schon fast durch.

-

Gespräch zwischen Mathias Maurer, dem Kameramann und Lisa Schröck. Es geht um die Handhabung des Tablets. Das Programm wird neu gestartet und das Tablet wird überreicht.

-

30 **Lisa Schröck:** ...dann hättest du hier unten so eine Art Schlaufe... Könnte man das mit einer Hand halten?

35 **Dr. Matthias Maurer:** Das wird dann so gehalten werden. Das ist aber... müsst ihr euch jetzt vorstellen... So was würde ich nur machen: Es nehmen oder irgendwie anziehen, Wenn ich jetzt mehrere Sachen zu tun hätte, weil es ist schon viel Aufwand da, irgendwie das Tablet rauszuziehen. Würde dazu führen, dass das Tablet maximal vermeiden würde. Das Tablet ist im besten Fall irgendwo am Rover abgelegt und ich kann dann normal damit arbeiten. Wenn ich jetzt sage „ich möchte mich jetzt informieren“ ich bin jetzt in dem Modus „Karte“, das ist die Informationsmodus, da kann ich auch am Rover stehen. Dann ist es irgendwie abgelegt. Ich informiere mich, da bin ich dann entspannt. Weißt du, an meiner Arbeitsfläche, wenn ich jetzt irgendwo im Feld bin, dann sind

wir in der Funktion Hibernation zurück. So, jetzt würde ich hier ein Foto machen. Von einem Stein. So, das würde ich erwarten, dass ich das Tablet nicht mehr ablegen kann, sondern ich muss dann durchs Gelände gehen. So, ich würde jetzt rumlaufen und hätte aber auch noch meinen Swing-Arm das ganze Werkzeug da mit dabei, um entsprechende Stellen zu dokumentieren. Ich würde dann
5 irgendwohin kommen und sagen okay, das ist jetzt eine interessante Probe und dann muss ich ja, je nachdem, wo die Kamera ist auf diesem Ding, würde ich jetzt drauf schauen auf den Bildschirm und würde die Probe sehen und würde dann sagen okay, auslösen.

Lisa Schröck: Also würdest du das dann schon so halten? Dann wäre ja quasi das der Bereich, der relevant wird

10 **Dr. Matthias Maurer:** Wir hatten hier entsprechende Teile – ich weiß jetzt nicht ob du die auch vorbereitet hast... Aber bei dem EFB hatten die sich auch schon Gedanken gemacht, wie ist das am Gehäuse anpacken und ein Ansatz war die griffe die du hier hast, quasi hier am Gehäuse wo ich dann rechts und links einen Griff habe.

Lisa Schröck: Und wie beurteilst du das, weil das jetzt ist ja zum Beispiel relativ schwer und zur
15 Interaktion müsstest du ja eine Hand lösen. Und wenn ich mir vorstelle das jetzt mit einer HAND zu halten das wäre ja schon ziemlich schwer. Also wäre vielleicht ein Griff so wie hier auf der Rückseite...

Dr. Matthias Maurer: Das haben die auch getestet, dass man den Griff da hinten an verschiedenen Stellen anbringen kann, ist vielleicht eine Möglichkeit. Aber dann hätte ich das hier. Zum Fotografieren würde ich es trotzdem intuitiv mit beiden Händen nehmen und würde dann gerne
20 vielleicht dort oben arbeiten. Jetzt kann ich mal hier so an der Seite, sondern ich gehe mit den Handschuhen da durch. Man sieht also diese Handschuhe. Damit ist es anstrengend, wenn ich damit greifen muss. So, und um mir diese Energien in den Händen zu sparen, würde ich das Ding einfach den Handschuh da durchschieben und dann wäre das nur so eingeklemmt, ohne dass ich jetzt aktiv zugreifen muss. Ja?

25 **Lisa Schröck:** Ja, und dann wäre die Interaktion ja dann mehr so in dem Bereich.

Dr. Matthias Maurer: Genau. Und dann würde ich dann wahrscheinlich sogar so machen, ohne dass ich. Damit ich da nicht. Du bist nicht die ganze Zeit da ditditditdit am rumdaddeln.

Lisa Schröck: Aber das wäre jetzt zum Beispiel die Möglichkeit, das im Fotomodus so zu halten und bei anderen Funktionen so es wäre ja dann könnte man einfach für andere Funktionen andere
30 Interaktion.

Dr. Matthias Maurer: Ja das wäre eine Möglichkeit, aber welche Funktionen könntest du dir denn vorstellen so zu halten?

Lisa Schröck: Da müsste man mal... ja wenn dieser ganze Navigationsmodus... vielleicht eine Art Checkliste? Obwohl die könnte man auch eigentlich am TRP durchgehen also wenn der da so stehen
35 würde, das wäre ja okay. Die Karte würde dann ja quasi entfallen, weil man die in dem Moment ja nicht mehr bräuchte zur Navigation. Und so ein Taskmanager, wenn man so durchgeht. Das wäre dann ja vielleicht der Punkt wo man so interagieren würde.

Dr. Matthias Maurer: Ja, also beim Scouting würde ich eigentlich dann rumlaufen, das angucken, dann hätte ich das. dann würde ich sagen Foto und dann ein hier vielleicht noch ein Audiofile oder

sowas. Also, dass ich hier maximal vier Buttons habe, wo ich dann die wichtigsten Sachen mache und für alles andere würde ich es eher ablegen wollen, damit ich dann hands-free arbeite.

Lisa Schröck: Das macht ja Sinn. Und wenn man es ablegt, dann wäre die Interaktion ja auch überall platziert. Wenn man überall gut drankommt...

5

-

Gespräch zwischen Dr. Matthias Maurer und Lisa Schröck abweichend vom Skript. Es geht um die genauere Steuerung und Wahrnehmung von Funktionen über Buchstaben und Farben.

-

Lisa Schröck: Vielen Dank für das Feedback! Da kann ich sehr gut mir arbeiten. Sehr gut!

10

Dr. Matthias Maurer: Ja. So ein Tablet ist toll. Aber es ist auch wieder eine Qual, weißt du? Ja, ist gut. Es nimmt jetzt zwei Hände weg, und wenn ich irgendwo rumlaufe, mit so was in der Hand, das ist wie Auto fahren mit dem Tablet in der Hand. Dann bist du auch nicht mehr so konzentriert. Von daher ist es alles, was ich ohne Tablet machen kann, das ist ein Mehrwert für mich. Und das Tablet am Rover, da macht es Sinn für mich. Dort hat es eine Halterung, dort ist es ergonomisch besser platziert. Und

15

wenn ich jetzt - bei mir habe ich ja Kameras - wenn ich meine Fotos auch machen kann, ohne ein Tablet mitzuschleppen...

Anhang 5: Erstes Leitfadeninterview mit Tilo Wüsthoff

Lisa Schröck: Dann würde ich dir jetzt ein paar Fragen dazu stellen. Also es gibt ja diese sieben Prinzipien der Gebrauchstauglichkeit und zu jedem Punkt stelle ich dir ein paar Fragen, dann kann ich es besser auswerten. Einstieg und erster Eindruck: Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

Tilo Wüsthoff: Also ist aufgeräumt und reduziert. Das ist gut. Man sieht schnell, worum es geht. Nicht zu viele Sachen. Ja. Also, hier oben. Das kommt mir ein bisschen klein vor. Also, jetzt habe ich keine Brille auf. Da ist vielleicht ein bisschen mehr was zu machen. Und mich stört das total, dass es hier senkrecht steht und viel zu klein ist.

Lisa Schröck: Und du hattest ja auch kurz das Gefühl, du wusstest nicht, in welchem Modus du dich befindest?

Tilo Wüsthoff: Ja, genau. Genau. Genau.

Lisa Schröck: Okay. Bist du denn ansonsten gut zurechtgekommen? Gab es etwas, was dir sonst positiv oder negativ aufgefallen ist?

Tilo Wüsthoff: Hm. Nein, eigentlich nicht. Aber ich hatte zum Beispiel geguckt zwischendurch, ob ich auch mal abbrechen kann und wo ich da hinkomme. Das hatte ich irgendwie ein bisschen anders erinnert, aber das läuft eigentlich immer gut. Also das wäre so mein, wenn ich jetzt an einem Interface bin, immer diese Sache, dass ich weiß, dass ich jederzeit abbrechen kann und wieder zu einem sicheren Punkt zurückkomme, wenn ich mich gerade verfranzt habe. Aber das lief eigentlich gut.

Lisa Schröck: Okay, dann geht es an die Aufgabenangemessenheit und Eingabe. Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt?

Tilo Wüsthoff: Nee, das jetzt eben gar nicht. Also das fand ich, dass das alles ganz gut logisch aufgebaut war, sozusagen. Und auch hatte ich nicht das Gefühl, dass jetzt überflüssige Interaktionen waren oder so.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass man Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows verbinden kann? Als Beispiel direkt nach der Navigation wird der Horizons-View getriggert oder so eine Verpackung wird an eine Aufnahme angehängen. Da verbinden wir mehrere Workflows. Hättest du das auch an einer anderen Stelle gesehen?

Tilo Wüsthoff: Also Licht und Drehung wird zusammengefasst, aber ist halt trotzdem nacheinander, also klar getrennt bedienbar. Nee. Nee, Also nee.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

Tilo Wüsthoff: Nee, nee.

Lisa Schröck: Waren andere Interaktionsmöglichkeiten und Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?

Tilo Wüsthoff: Also, wie gesagt, das Vertikale und dass ich mit dem Menü und dem Modus das nicht ganz auseinanderhalten konnte. Aber da hatte ich das Gefühl, dass die einzige größere Unsicherheit war.

Lisa Schröck: Und in der Navigation wusstest du ja nicht, was du bestätigst. Also da stand nur Bestätigung und da warst du dir nicht sicher. Dann hast du gesagt, du wolltest vielleicht ein bisschen mehr Infos, oder?

Tilo Wüsthoff: Und dann eben ja. Also hier am Ende des Prozesses steht.

5 **Lisa Schröck:** Also hier wäre dann quasi noch ein bisschen mehr Rückmeldung, dass man angekommen ist und was ich da bestätige.

Tilo Wüsthoff: Genau, genau.

Lisa Schröck: Okay. Gab es Informationen über Bezeichnungen, die du unverständlich fandest?

10 **Tilo Wüsthoff:** Ja, schon. Also jetzt. Also, nachdem wir das gehört hatten mit dem Labormodus. Das fand ich total cool von den Begrifflichkeiten her. Aber ich. Also, so kann ich das schon unterscheiden. Ja.

Lisa Schröck: Okay. Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?

Tilo Wüsthoff: Ja. Es war auf jeden Fall super Eindeutig. Ja, gut. Bis auf die Hibernationmodus halt. Ja.

15 **Lisa Schröck:** Hast du dich gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

Tilo Wüsthoff: Ja.

Lisa Schröck: Wusstest du immer, ob du dich den TRP gefahrlos nähern kannst und weißt, wo du diese Informationen immer finden kannst?

20 **Tilo Wüsthoff:** Ja, ich könnte mir vorstellen, das man das am TRP selbst nochmal, durch eine grünen Rahmen macht oder so. Vielleicht auch am Interface.

Lisa Schröck: Hattest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise oder Erklärungen vom Interface gewünscht?

Tilo Wüsthoff: Also ich unterstelle jetzt mal, dass man noch so ein bisschen Training hat. Dann auf gar keinen Fall. Nee, eigentlich nicht.

25 **Lisa Schröck:** War der Aufbau des Bedienprinzips des Interfaces einheitlich und nachvollziehbar?

Tilo Wüsthoff: Ja, das auf jeden Fall.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Tilo Wüsthoff: Ja, ja.

30 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen dich das Interface ausgebremst hat oder aus dem Arbeitsfluss gebracht hat.

Tilo Wüsthoff: Nein. Würde ich nicht meinen.

Lisa Schröck: Gab es Situationen, in denen wir viele Details merken musste, um weiter zu kommen.

35 **Tilo Wüsthoff:** Ne. Das Auseinanderhalten der Modi fällt mir immer noch nicht ganz leicht. Ganz ehrlich gesagt aber sonst nicht, ne.

Lisa Schröck: Wie schätzt du den Lernaufwand ein? Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

Tilo Wüsthoff: Ja, auf jeden Fall, auf jeden Fall.

Lisa Schröck: Und an welchen Stellen hättest du dir mehr Unterstützung in der Erlernung gewünscht?

- 5 **Tilo Wüsthoff:** Genau. Ja, also er [Dr. Matthias Maurer] sagt das glaube ich auch, wenn man irgendwie mit so Popups das hat, um sich was erklären zu lassen.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass dir während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert sind?

- 10 **Tilo Wüsthoff:** Also ja, ich habe Sachen falsch eingegeben, aber das ist jetzt nicht so, dass das irreversibel ist oder so, also bei den sicheren Sachen immer die Bestätigung auch gefordert wurde.

Lisa Schröck: An welcher Stelle ist dir das aufgefallen?

Tilo Wüsthoff: Ja, gut, bei dem Licht. Also da habe ich es zuerst nicht verstanden und dann einfach rumgeklickt.

Lisa Schröck: Wie hast du den Aufwand zur Fehlerbehebung empfunden?

- 15 **Tilo Wüsthoff:** Aufwand zur Fehlerbehebung?

Lisa Schröck: In dem Sinne sind dir keine richtige Fehleingaben passiert. Sondern, dass du das Licht einfach in die falsche Richtung gedreht hast. Aber du wusstest auch direkt, wie du den Fehler beheben kannst.

Tilo Wüsthoff: Ja, auf jeden Fall ging es schnell. Dann ist auch zu verstehen, wie es funktioniert.

- 20 **Lisa Schröck:** Also haben wir die Hinweise von dem Interface ausgereicht zur Fehlerbehebung?

Tilo Wüsthoff: Ja, doch.

Lisa Schröck: Konntest du dich frei zwischen den verschiedenen Bereichen Menüs oder Ansichten bewegen? Also wusstest du immer wie du von einem Modus in den anderen kommst?

- 25 **Tilo Wüsthoff:** Also ich meine wir haben immer dieses Thema, dass es nicht so ganz klar war die Unterscheidung aber. Also bewegen kann man sich auf jeden Fall sehr gut. Ja.

Lisa Schröck: Also war dir nach der ersten Frage klar, dass du um in den Fahrmodus zu kommen die Checkliste abarbeiten musst und du wusstest auch dass wenn du im Hibernations- oder Labormodus bist, wie du in den Fahrmodus kommst?

- 30 **Tilo Wüsthoff:** Ja, genau. Also es war nicht so, dass man irgendwann nicht mehr checkt, wie man da zurückkommt. Genau.

Lisa Schröck: Also wusstest du dann auch immer, ob du dich in dem Menü oder in einer Funktion befindest? Also das konntest du schon auseinanderhalten.

Tilo Wüsthoff: Ja.

Lisa Schröck: Und du wusstest auch schon – entschuldige die Nachfrage - aber du wusstest auch dann später in der Benutzung, ob du dich eher im Labormodus befindest und wie du vom Labormodus in den Fahrmodus kommst?

Tilo Wüsthoff: Ja.

- 5 **Lisa Schröck:** Ja. Gut. Hast du dich während der Nutzung in irgendeiner Stelle unterbrochen gefühlt oder gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wären?

Tilo Wüsthoff: Nee, also umständlich, nicht unterbrochen? Nee, nicht wirklich.

Lisa Schröck: Dann zum Abschluss haben dir Funktionen gefehlt? Du bist jetzt zwar nicht die Hauptnutzergruppe, aber hättest du dir irgendwas gewünscht?

- 10 **Tilo Wüsthoff:** Hm. Eine Übersicht der Schritte zu haben, aber das ist eigentlich durch deine durch den Balken-Aufbau eigentlich gegeben. Also das fand ich sehr gut, dass man weiß, wo man im Prozess ungefähr ist. Ja.

Lisa Schröck: Was hat dir besonders gut oder besonders schlecht gefallen?

- 15 **Tilo Wüsthoff:** Ja, besonders gut der großzügige Aufbau auf jeden Fall, weil es halt super simpel ist. Also nicht nur, wenn ich jetzt an die Handschuhe denke, sondern eben auch an den Stress sozusagen. Also da ist schon sehr viel vorweggenommen. Und ja negativ, das Menü ist vertikal.

Lisa Schröck: Okay, das wäre es auch.

Anhang 6: Erstes Leitfadeninterview mit Angelo Rito

Lisa Schröck: Also, wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

5 **Angelo Rito:** Verständlich, Einfach durch zu navigieren. Ich nehme an, dass wenn ich hier im Fahrmodus gehe, dass wenn ich auf Checkliste gehe wird wahrscheinlich. Also ich muss im Fahrmodus immer die Checkliste machen. Vermutlich, wenn ich auf Fahrmodus wechsel, ist das ja wahrscheinlich ausgegraut, oder? Okay, dann kann ich nur die Checkliste anwenden.

Lisa Schröck: Also, jetzt bist du. Ja.

Angelo Rito: Genau.

10 **Lisa Schröck:** Also hier wärst du ja auch im Fahrmodus und könntest zum Beispiel gar nicht drauf zugreifen.

Angelo Rito: Genau.

15 **Lisa Schröck:** Genau. Da hatten wir noch die Annahme, dass er im Fahrmodus im Horizont Sweep triggern möchte. Das fällt ja weg. Bist du gut zurechtgekommen oder gab es etwas, was dir direkt, positiv oder negativ aufgefallen ist?

Angelo Rito: Ja, dass da safe Mode OFF steht.

Lisa Schröck: Ja, das ist ein Fehler.

Angelo Rito: Und Situation Awareness ist auch OFF. Ja, das ist schon ein bisschen verwirrend. Aber ansonsten eigentlich nichts. Eigentlich gut.

20 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hättest, dass das Interface unnötig viele Eingaben von dir verlangt?

Angelo Rito: Nee, hätte ich nicht gesagt.

25 **Lisa Schröck:** Okay. Hattest du das Gefühl, dass man Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows verbinden können? Als Beispiel im Hibernation-Modus haben wir ja zum Beispiel die Workbench-Aufnahme und danach direkt wird die Probeverpackung gemacht, ohne dass du noch mal erzwingen musst. Könntest du das auch an einer anderen Stelle vorstellen?

Angelo Rito: Ich glaube eigentlich nicht.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

Angelo Rito: Nee, ich fand, die waren sogar relativ grob.

30 **Lisa Schröck:** Waren alle Interaktionsmöglichkeiten und Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?

Angelo Rito: Platziert ja, gekennzeichnet ist ja dann dieses mit dem Ausgrauen... Das kann ich nicht anklicken, das fehlt noch. Aber ansonsten ja, okay.

Lisa Schröck: Gab es Informationen oder Bezeichnungen, die du unverständlich fandest?

35 **Angelo Rito:** Abgesehen von Safe Mode OFF nicht.

Lisa Schröck: Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?

Angelo Rito: Ja, das stimmt. Immer sehr okay.

Lisa Schröck: Hast du dich gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

Angelo Rito: Ja.

5 **Lisa Schröck:** Okay. Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst?

Angelo Rito: Nein.

Lisa Schröck: Wäre es [Safe Mode OFF] richtig, wusstest du es dann?

Angelo Rito: Ja.

10 **Lisa Schröck:** Hättest du dir in irgendeiner Stelle mehr Hinweise oder Erklärungen vom Interface gewünscht?

Angelo Rito: Nein.

Lisa Schröck: Also auch keine Erklärung, was dargestellt wird oder Erklärung, was gefordert ist?

Angelo Rito: Nee, das hat eigentlich gepasst.

15 **Lisa Schröck:** Okay. War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Angelo Rito: Ja.

Lisa Schröck: Also wusstest du auch immer genau, wo du bist?

20 **Angelo Rito:** Ne, das nicht. Also ich hätte jetzt nicht sagen können. Also ich könnte jetzt nicht sagen, wenn du mich jetzt fragst, was steht denn im Hibernation Safe Mode? Was für Felder sind da? Oder was wird da abgefragt?

Lisa Schröck: Aber grundsätzlich würdest du wissen, wenn du im Fahrmodus bist und du wusstest, du müsstest jetzt zu einer Probeentnahme, wusstest du wie du dahin kommst, auch wenn du nicht genau weißt, welche Funktion du da findest.

Angelo Rito: Ja. ich denke.

25 **Lisa Schröck:** Okay.

Angelo Rito: Jetzt zu einer Probeentnahme. Ja, ich fahre halt hin. Und dann. Ja, dann bin ich da, bestätige das und dann geht es los.

Lisa Schröck: Gab es Stellen, an denen dich das Interface ausgebremst hat oder dich als meinen Arbeitsfluss gebracht hat?

30 **Angelo Rito:** Nee, weil es war ja mein Arbeitsbereich.

Lisa Schröck: Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

Angelo Rito: Nee

Lisa Schröck: Wie schätzt du den Lernaufwand ein? Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

Angelo Rito: Ja, schon.

Lisa Schröck: Okay. An welchen Stellen hattest du dir mehr Unterstützung gewünscht?

5 **Angelo Rito:** Hat eigentlich alles gepasst.

Lisa Schröck: Okay, also, weil du sagtest ja gerade, dass du, wenn du im Fahrmodus bist, nicht genau wüsstest, was du im Hibernationmodus finden würdest.

10 **Angelo Rito:** Ja, aber ich denke, wenn ich das halt so, das liegt daran. Und wenn das jetzt mein mein Job wäre und ich würde das jetzt in meiner Hand halten, dann wäre das gar kein Problem. Also weil wenn ich es durchspielen würde mit dem System, denke ich, dass das...

Lisa Schröck: Wäre ja auch nicht schlimm, wenn es ein Onboarding geben muss. Hattest du das Gefühl, dass die während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert sind?

Angelo Rito: Ne, aber ich habe schon auch manchmal einfach dahin gedrückt, wo ich dachte, dass ich ihn drücken muss und dann ist was passiert.

15 **Lisa Schröck:** Ja, gut, aber das ist ja, das spricht ja dafür, dass es intuitiv ist.

Angelo Rito: Aber ich wusste nicht, ob was passiert. Also...

Lisa Schröck: Ja. Dann erübrigen sich die anderen Fragen. Konntest du dich frei zwischen den verschiedenen Bereichen, zum Beispiel Menüs oder Ansichten bewegen?

Angelo Rito: Ja.

20 **Lisa Schröck:** Also wusstest du auch immer, ob du jetzt gerade in einem Menü bist oder in der Unterfunktion?

Angelo Rito: Ja.

Lisa Schröck: Und du wusstest auch, wie du aus der Unterfunktion wieder rauskommst ins Menü.

Angelo Rito: Ich habe einfach so lange „zurück“ gedrückt, bis ich da bin.

25 **Lisa Schröck:** Klar. Gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wirkten?

Angelo Rito: Nee, nee.

Lisa Schröck: Und jetzt zum Abschluss: Haben dir Funktionen gefehlt oder welche Funktionen haben dir besonders gut gefallen?

30 **Angelo Rito:** Besonders gut gefallen hat mir die Sampleaufnahme. Die hat mir besonders gut gefallen. Ja.

Lisa Schröck: Okay. Und wenn du jetzt noch Funktionswünsche hättest, wenn du jetzt alles dazu ausdenken könntest, was würdest du dir wünschen?

Angelo Rito: Ähm, ich hätte gerne noch eine Anzeige von meinem Rover mit Fehlern. Wenn irgendwo ein Fehler anliegen würde. Also wenn ich jetzt zum Beispiel... Weil was jetzt nicht drin ist,

nehmen wir mal an, ich hätte jetzt zum Beispiel, wenn jetzt ein Fehler, also wenn er jetzt nicht fahren würde, würde mir irgendwie nicht... Wüsste ich nicht, wo mir angezeigt wird, was das Problem ist.

Lisa Schröck: Ja, okay.

Angelo Rito: Also das würden wir wahrscheinlich Mission Control dann sagen. Aber ich wüsste jetzt
5 nicht, was da los ist.

Anhang 7: Erstes Leitfadeninterview mit Jan Wiedmann

Lisa Schröck: Okay, dann will ich jetzt mit dir den Fragebogen durchgehen. Ich fange an mit dem Einstieg. Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

5 **Jan Wiedmann:** Der erste Eindruck war gut. Ich finde es übersichtlich, auch gerade, wenn man bedenkt, dass ja die Astronauten sehr viel mit dem Interface am Ende zu tun haben. Ja, und das war der erste Eindruck gewesen. Auch dass die Flächen schön groß sind. Das ist auch wichtig für den Astronauten mit diesen Handschuhen, die er anhat.

Lisa Schröck: Ja. Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, was dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

10 **Jan Wiedmann:** Positiv natürlich. Wie ich schon gesagt hatte, die großen Flächen. Und das auch nicht zu viel Inhalt drauf war. Eins, was am Anfang kurz negativ bzw. ein Ticken verwirrend war, dass das für den Horizon Sweep erst noch die ganze Checkliste abarbeiten muss. Genau, das wäre das Einzige, der der Flow sozusagen.

15 **Lisa Schröck:** Ja dann kommen wir zur Aufgabenangemessenheit. Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, das ist unnötige Eingaben von dir verlangt werden oder unnötig viele?

Jan Wiedmann: Nee, das würde ich nicht sagen.

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass man Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows verbinden kann?

20 **Jan Wiedmann:** Funktionen zusammenfügen? Nein, weil die waren alle sehr auf sich bezogen. Und Workflow würde ich auch nicht sagen.

-

Schnitt. Ein Ortswechsel wegen überschneidender Raumbuchung findet statt.

-

25 **Lisa Schröck:** Hattest du das Gefühl, dass man Funktionen zusammenfassen kann? Bzw. Workflows verbinden können?

Jan Wiedmann: Beides Nein.

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

Jan Wiedmann: Zu kleinteilig? Nein, das wäre das falsche Wort. Nur von der Logik. Das war das allererste mit dem, wo ich den Horizon Sweep machen musste. Aber erst diese Checkliste abarbeiten.

30 **Lisa Schröck:** Ja.

Jan Wiedmann: Genau.

Lisa Schröck: Okay. Waren alle Interaktionsmöglichkeiten und Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet? Also hast du Buttons auch immer als Buttons erkannt und andere Informationen als andere?

35 **Jan Wiedmann:** Auf jeden Fall.

Lisa Schröck: Gab es Informationen in der Bezeichnung, die du unverständlich fandest.

Jan Wiedmann: Nein.

Lisa Schröck: Okay, dann kommen wir zur Informationsvermittlung und zum Systemverhalten. Könntest du erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren.

5 **Jan Wiedmann:** Welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren? Ja.

Lisa Schröck: Okay. Hast du dich immer darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

Jan Wiedmann: Ja.

Lisa Schröck: Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst?

Jan Wiedmann: Ja, durch eben diese klare Kennzeichnung. Situational Awareness und Safe Modus.

10 **Lisa Schröck:** Okay, super. Hast du dir in irgendeiner Stelle mehr Hinweise oder Erklärungen vom Interface gewünscht?

Jan Wiedmann: Nein. Aber hängt natürlich auch damit zusammen, dass ich schon ein bisschen im Thema drin bin.

15 **Lisa Schröck:** War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Jan Wiedmann: Ja

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Jan Wiedmann: Ja.

20 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen dich das Interface ausgebremst hat oder deinen Arbeitsfluss behindert hat?

Jan Wiedmann: Nee. Nur halt das am Anfang Mit dem mit dem Horizon Sweep.

Lisa Schröck: Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

25 **Jan Wiedmann:** Nein.

Lisa Schröck: Okay, dann geht es um die Erlernbarkeit. Wie schätzt du den Lernaufwand ein? Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

Jan Wiedmann: Ja, definitiv.

Lisa Schröck: Gab es Stellen, an denen du mehr Unterstützung gewünscht hättest? Vom Interface?

30 **Jan Wiedmann:** Nicht unbedingt.

Lisa Schröck: Okay. Sind dir während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert?

Jan Wiedmann: Nein, ich glaube nicht.

-

Kurze Erläuterung von Lisa Schröck welche Möglichkeiten der Fehleingaben gemeint waren und wie es dazu kommen kann. Folgefragen erübrigen sich durch die fehlerfreie Nutzung des Anwenders.

5

-

Lisa Schröck: Konntest du dich frei zwischen den verschiedenen Bereichen bewegen?

Jan Wiedmann: Ja.

Lisa Schröck: Gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wirkten?

Jan Wiedmann: Bearbeitungsschritte?

10 **Lisa Schröck:** Ja. Zum Beispiel das mit dem Safe Mode ist natürlich auch ein Bearbeitungsschritt, um zwischen Menüs zu wechseln. Und der ist natürlich sehr umständlich, aber deshalb wichtig wegen der Sicherheit.

Jan Wiedmann: Der ist nicht unnötig. Ja, genau. Deswegen würde ich meinen, es gab keine.

Lisa Schröck: Okay. Hast du dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt?

15 **Jan Wiedmann:** Nein. Es war immer alles so, wie man es erwartet hätte.

Lisa Schröck: Ja. Zum Abschluss hatten wir oder haben die Funktionen gefehlt?

Jan Wiedmann: Da ich kein Astronaut bin, nein.

Lisa Schröck: Und dann wäre auch die Frage, wenn die Funktion wünschen könntest, welche wäre das?

20 **Jan Wiedmann:** Da bin ich nicht im Fachgebiet.

Lisa Schröck: Okay, dann vielen Dank!

Anhang 8: Erstes Leitfadeninterview mit Felipe Rude

Lisa Schröck: Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

Felipe Rude: Weiß nicht was ich dazu sagen soll? Also Ersteindruck?

5 **Lisa Schröck:** Also die Frage ist, ob du gut zurechtgekommen bist.

Felipe Rude: Achso, ja, okay.

Lisa Schröck: Gibt es da irgendeine Funktion, wo du sagst, das ist direkt positiv oder negativ aufgefallen?

10 **Felipe Rude:** Das Einzige, was mich verwirrt hat, war dieses. Also von der Navigation zurück zu kommen mit Abbruch. Da war ich mir unsicher, was passieren soll, wenn ich auf Abbruch drücke. Aber ansonsten fand ich erstmal soweit alles klar. Ja.

Lisa Schröck: Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötig viele Eingaben von dir verlangt?

15 **Felipe Rude:** Also, wenn man ja vom Fahrmodus in Hibernationmodus wechseln möchte, fragt er dann muss man einmal Anfragen bestätigen. Und ja gut, mit zwei Klicks ja. An sich passt glaube ich.

Lisa Schröck: Das ist ja dieser Punkt mit dieser doppelten Bestätigung für sicherheitskritische Funktionen. Also sagst du, da hattest du beim Nutzen schon das Gefühl, dass das ein bisschen viel ist?

20 **Felipe Rude:** Ja, das ist die Frage. Also also wenn man den Hibernationmodus geht, dann ist ja nicht quasi für den Astronauten kein kritischer Zustand mehr, oder? Also, dann kann er ja, sobald es drin ist, zum Rover hingehen. Die Frage, ob er die Bestätigung braucht oder ob es eine einfache reicht. Weiß ich nicht genau.

25 **Lisa Schröck:** Hattest du das Gefühl, dass man mehrere Funktionen zusammenfassen kann bzw. Workflows kombinieren kann? Zum Beispiel wenn du die Workbench-Aufnahme machst und automatisch nach der Workbench-Aufnahme würde theoretisch die Probenverpackung starten. Und da fragte ich dann ja, willst die Probenverpackung starten. Dann kannst du ja oder nein klicken, so dass man dann nicht quasi zurück zum Menü muss oder durch navigieren muss, sondern das wird quasi verbunden werden.

30 **Felipe Rude:** Das finde ich eigentlich gut, aber ansonsten wäre jetzt nichts. Was man zusammenfügen könnte bzw. man trennen müsste.

Lisa Schröck: Umgekehrt hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

Felipe Rude: Nö.

Lisa Schröck: Okay. Waren alle Interaktionsmöglichkeiten und Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?

35 **Felipe Rude:** Ich hätte „abbrechen“ gesagt, aber ansonsten wäre mir jetzt nichts aufgefallen.

Lisa Schröck: Also, wenn ich dir eine Aufgabe gegeben habe, wusstest du auch intuitiv, wo du die Funktion findest oder konntest dir das herleiten?

Felipe Rude: Ja.

Lisa Schröck: Okay. Dann die nächste Frage wäre, gab es Informationen über Bezeichnungen, die du unverständlich fandest? Das wäre auf jeden Fall der Abbruch gewesen.

Felipe Rude: Ja.

5 **Lisa Schröck:** Hattest du das noch mal an anderer Stelle?

Felipe Rude: Ich bin gerade beim Durchklicken... Nein.

Lisa Schröck: Da komme ich zum nächsten Punkt. Konntest du erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren? Also wusstest du immer, was das Interface gerade von dir verlangt, oder hättest du dir da mehr Hilfe gewünscht?

10 **Felipe Rude:** Ich wusste alles, also kann ich jetzt nichts sagen.

Lisa Schröck: Dieser Übergang von Kartenmodus in den Horizons Sweep. Wusstest du, dass gerade der Horizon Sweep durchgeführt wird und dass dann in dem Moment keine Eingabe von dir verlangt wird?

Felipe Rude: Ja.

15 **Lisa Schröck:** Okay. Hast du dich gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

Felipe Rude: Ja doch.

Lisa Schröck: Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst bzw. Wusstest du, wo du die Information findest?

20 **Felipe Rude:** Ja, steht immer oben dran, aber ich finde es noch ein bisschen. Aber gut, wenn das dann nachher mit Farbe ist. Aber so finde ich es am besten.

Lisa Schröck: Ich denke der Plan ist es das einfach ganz groß zu machen und zusätzlich noch eine Farbe am TRP selbst also. Hättest du dir an einer Stelle mehr Hinweise oder Erklärung vom Interface gewünscht?

Felipe Rude: Eigentlich nicht. Okay.

25 **Lisa Schröck:** War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Felipe Rude: Ja.

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast.

Felipe Rude: Ja, bis auf das mit dem Abbrechen. Ja.

30 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen dich das Interface ausgebremst hat oder den Arbeitsfluss unterbrochen hat?

Felipe Rude: Schwer zu sagen, aber ich hätte jetzt mal nein gesagt.

Lisa Schröck: Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

Felipe Rude: Nö.

Lisa Schröck: Okay. Der nächste Punkt wäre Lernbarkeit. Wie schätzt du den Lernaufwand ein?
Könntest du das Interface auch ohne meine Hilfe erlernen?

Felipe Rude: Komplett ohne Erklärung? Denke ich nicht. Aber es braucht auf jeden Fall nicht viel Zeit.

5 **Lisa Schröck:** Okay. Gab es bestimmte Stellen, wo du dir dann mehr Unterstützung gewünscht hättest oder eine Erklärung gewünscht hättest?

Felipe Rude: Jetzt vom Interface nicht. Also ich finde es nicht schlimm, wenn man quasi erstmal eine kurze Einweisung braucht, dann ist klar aber. Also. Nee, also von der GUI her nicht.

10 **Lisa Schröck:** Okay, super. Ich denke auch, je komplexer so ein Interface wird, du wirst irgendwann nicht drumherum kommen, eine Erklärung geben zu müssen.

Felipe Rude: Ja, finde ich auch nichts Schlimmes, weil es muss ja, das muss ja auf den Workflow passen. Wenn es so in den Workflow den Sinn macht, aber es vielleicht schwierig für den Anfänger ist zu checken, dann finde ich trotzdem richtig, das so zu machen, dass eben das in der Benutzung halt geil ist. Ja, genau.

15 **Lisa Schröck:** Okay.

Felipe Rude: Gerade ja, weil das ja so ein Experte ist, der das dann nachher auch benutzt, was für ihn dann auch kein Problem sein wird, das zu lernen.

Lisa Schröck: Genau die nächsten Sachen gehen so ein bisschen auf Fehlverhalten und Korrekturmöglichkeiten ein. Hattest du das Gefühl, dass dir bei der Bedienung Fehler passiert sind?
20 Das du zum Beispiel Vorgänge abgebrochen hast, obwohl du es nicht wolltest.

Felipe Rude: Ne.

-

Kurze Erläuterung von Lisa Schröck welche Möglichkeiten der Fehleingaben gemeint waren und wie es dazu kommen kann. Folgefragen erübrigen sich durch die fehlerfreie Nutzung des Anwenders.

25 -

Lisa Schröck: Wusstest du in welchem Modus du gerade bist und wie du den anderen kommst?

Felipe Rude: Ja.

Lisa Schröck: Und du wusstest auch immer, ob du gerade in der Funktion bist und wie du wieder ins Menü kommst?

30 **Felipe Rude:** Ja, auch, ja.

Lisa Schröck: Auch gab es Bearbeitungsschritte, die unnötig umständlich wirkten?

Felipe Rude: Nein.

Lisa Schröck: Okay. Und dann zum Abschluss: Du bist natürlich jetzt nicht der Nutzer, deswegen kannst du wahrscheinlich zu den Funktionen so gar nichts sagen oder welche Funktionen dir fehlen
35 würden. Aber hat dir irgendwas besonders gut oder besonders schlecht gefallen?

Felipe Rude: Ich würde sagen weder noch. Also ich fand an sich, wie erwartet... habe ich alles gefunden und. Ja.

Anhang 9: Zweites Leitfadeninterview mit Dr. Matthias Maurer

Lisa Schröck: Dann würde ich jetzt einmal den Fragebogen mit dir durchgehen. Ich habe das wie beim letzten Mal wieder auf diesen Prinzipien der Gebrauchstauglichkeit aufgebaut. Sind sehr ähnliche Fragen, aber es hat sich ja auch viel getan. Einstieg und ersten Eindruck. Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

Dr. Matthias Maurer: Sehr, sehr intuitiv. Das ist sehr gut.

Lisa Schröck: Sehr gut.

Dr. Matthias Maurer: Ist auch schön, dass es so groß ist, weil das ist einfach farblich Größe her. Also auf allen Aspekten hast du mich da abgeholt. Das ist schön.

Lisa Schröck: Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, was dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

Dr. Matthias Maurer: Alles positiv. Gut. Ich meine, vom richtigen Szenario her haben wir jetzt entdeckt, dass das da noch ein kleines Missverständnis war. Oder ein Sonderwunsch jetzt.

Lisa Schröck: Und es ist ja auch eine Masterarbeit. Das heißt, ich habe auch das Gefühl, ich kratze gerade eben an der Oberfläche und es gibt noch so viele Möglichkeiten. Aber ich muss das ja auch irgendwie so ein bisschen komprimieren. Ja, genau. Aufgabenangemessenheit und Eingabe. Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt?

Dr. Matthias Maurer: Eigentlich nicht. Am Anfang sind es etwa zwei dreimal „Confirm“ „Mission Control is go“ und so weiter und so fort. Aber ich meine, das ist gut, wenn man es hat. Vielleicht kann man da irgendwann mal noch eine Seite einsparen.

Lisa Schröck: Ich denke auch nach dem Feedback vom letzten Mal hattest du ja auch gesagt, du möchtest gesagt bekommen, was du tun musst und keine eigenen Entscheidungen treffen. Und in so einer Stresssituation, wenn dir das Interface genau sagt, das ist jetzt gerade von dir verlangt oder was du tun musst, kann das ja auch noch mal so eine Stütze sein. Genau.

Dr. Matthias Maurer: Genau. Also wenn ich sage, das System sollte mir vorschlagen, was ich zu tun tun soll, das ist eigentlich besser. Das ich trotzdem immer noch die Option habe ein bisschen Flexibilität rein zu streuen. Aber das hast du ja.

Lisa Schröck: Waren alle Interaktionsmöglichkeiten/Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?

Dr. Matthias Maurer: Ja okay. Das mit dem Solo-Loop hat man noch nicht genau im Detail besprochen.

Lisa Schröck: Beim letzten Mal hatten wir da kurz das angesprochen. Ist das vielleicht auf Mission Control Seite? Wenn das jetzt ich sage einfach mal zur Beschreibung von dem Sample geht, dass man dann auf Mission Control Seite sagt: okay, der Eurocom hört dich und Science Support, aber alle anderen, Das ist für die jetzt gerade nicht wichtig, um halt einfach den Background Noise zu reduzieren, schaltet man die mit so einem Totmannschalter hatte ich jetzt erstmal für eine Minute für die Laut und alle anderen werden auf Mission Control Seite gemutet, dass sie dich dann nicht hören. Und das ist quasi die Kennzeichnung, dass das gerade an ist. Und wenn das nach einer Minute

abläuft, wird dir jemand sagen willst du das weitermachen, dann kannst du sagen ja oder nein. Ja, also.

Dr. Matthias Maurer: Ich selbst könnte es nicht triggern mit diesem Button.

5 **Lisa Schröck:** Ganz genau. Als Gedanke dahinter, weil wenn du das triggern könntest, dann müsste das ja auf deiner Seite eine Funktion sein. Wenn das kaputt geht und dich dann niemand mehr hört. Das ist ja total das Risiko. Wenn wir uns aber auf Mission Control Seite einfach zwei, drei Leute mutet und das da kaputt geht, könnte man das ja leicht beheben. Ja, und das wäre quasi nur eine Anzeige dafür.

10 **Dr. Matthias Maurer:** Okay, okay, man könnte auch sagen, ich trigger das, aber ich kann es immer nur für eine Minute triggern.

Lisa Schröck: Das könnte man auch machen.

15 **Dr. Matthias Maurer:** Ja und wenn dann das Mikrofon hört das ich dann nicht mehr rede, dass es dann irgendwie nach einer Minute dann das automatisch wieder rausnimmt. Da hat man natürlich das Risiko. Wenn diese Überwachungsfunktion ausfällt, dann bin ich irgendwie dauerhaft stummgeschaltet.

Lisa Schröck: Also genau das wäre das Risiko, was wir nicht haben wollen.

Dr. Matthias Maurer: Also von daher ist diese Lösung eigentlich ganz gut, dass ich sage „Request to go“ und „Solo Loop“.

20 **Lisa Schröck:** Aber du würdest das schon per Voice machen, weil das wäre ja auch eine Interaktion, die man theoretischerweise einfach reduzieren könnte. Die es ja nicht unbedingt per Interaktion braucht, weil du musst ja eh mit denen reden. Wenn du jetzt in einem Funkloch bist, dann wird dir eine Funktion wie die würdest du ja eh nicht brauchen. Und wenn du jetzt zum Beispiel auf einer Traverse bist, dann könntest du die Funktion auch per Voice triggern und müsstest nicht erst den Rover stoppen, um ans Interface zu kommen und anzuschalten und wieder einzuschalten, sondern
25 einfach sagen so, ich möchte jetzt auf „Solo Loop“ gehen und hier könntest du ja quasi die Anzeige dann auch noch mal haben.

Dr. Matthias Maurer: Ja, ich denke, bei einer Traverse ist es eigentlich nicht so erforderlich, wenn man zu zweit unterwegs ist und dann würde man bei einer Traverse eigentlich eine Landschaftsbeschreibung machen.

30 **Lisa Schröck:** Okay.

Dr. Matthias Maurer: Und ich glaube jetzt nicht, dass entweder wenn zwei Leute irgendwie die Landschaft beschreiben, entweder man sagt das gleiche oder wenn jetzt der andere denkt Moment, du erzählst da was, was ich ganz anders empfinde. Dann sollte eigentlich die zweite Person direkt auch zuhören und interagieren können. Also bei einer Traverse sehe ich jetzt dieses Problem eher
35 nicht. Ich sehe eher, wenn wir an einem Worksite sind, dass dann, dass ich meine Stelle, meine fünf Steine da beschreibe und mein Kollege parallel dazu aber auch seine Steine beschreibt. Ja so und das könnte man eventuell machen, indem man ein Audio-Recording macht, was da einfach nur in den Rechner hier reingeht und später dann runtergepumpt wird oder in Echtzeit, also in Echtzeit. Ist natürlich das, was du jetzt hier drin hast und das finde ich sehr spannend. Und wenn man es aktiviert
40 und das war ja die Frage, dann ist es glaube ich gut, wenn ich einfach sage über Funk und alle hören

das. Ich möchte jetzt einen Solo Loop gehen, weil dann weiß mein Kollege auch okay, ich brauche den jetzt gar nicht mehr anzuquatschen, weil der ist, der ist. Jetzt weiß ich was am GeologieGespräch. So, und dann kann er auch sagen, ich will auch auf „Solo Loop“ gehen und dann können wir beide parallel quatschen, ohne uns da irgendwie vollzulabern.

- 5 **Lisa Schröck:** Wäre dann vielleicht für den User auch die Information wichtig. User eins „Solo Loop“ User zwei auch „Solo Loop“.

Dr. Matthias Maurer: Das ist ganz wichtig.

- 10 **Lisa Schröck:** Okay, dann würde ich das vielleicht auch gar nicht. Also dann würde ich es weiter so andenken, dass es per Voice halt aktiviert wird. Wird aber hier vielleicht noch User zwei „Solo Loop“ an oder aus. Ist ja vielleicht sogar wichtiger als bei mir selbst zu sehen, ob es ein „Solo Loop“ ist. Dann würde ich das auf jeden Fall noch mit aufnehmen.

Dr. Matthias Maurer: Da kommen wir jetzt gleich zu dem Punkt Wenn du jetzt zwei Anzeigen hast, bedeutet es aber, wir haben zwei Tablets. Das würde aber auch bedeuten also User zwei hat sein Tablet und das bedeutet dann.

- 15 **Lisa Schröck:** Achso das würde ich vielleicht gar nicht gar nicht denken, weil der kann ja auch seine Steine beschreiben, ohne dass er jetzt eine Workbench-Aufnahme machen muss, weil die es gibt ja auch nur einen TRP.

Tilo Wüsthoff: Ihr habt ja auch unterschiedliche Aufgaben, wenn du zu zweit seid oder?

Dr. Matthias Maurer: Haben wir immer unterschiedliche Aufgaben?

- 20 **Tilo Wüsthoff:** Ich hab zumindest gelesen, dass irgendwie so die Konstellation ist, oder?

- Dr. Matthias Maurer:** Also du hast natürlich komplette Freiheit, das zu optimieren und zu sagen, wir hatten das in Lanzarote so getestet, dass beide User alleine losziehen. Der eine geht nach links, schaut sich Steine an, dokumentiert die Steine, nimmt Proben, nimmt die Proben zurück. Das heißt, eigentlich könnte man sagen, wir beide nutzen den Rover. Der eine ist vielleicht draußen gerade am Scouten und der andere ist schon am Rover, am Arbeiten. Und wenn der weg ist, dann kommt der nächste zurück. So hin und her pendeln. Das heißt, dann bräuchte man am Rover immer das Ding und das könnte man dann ja auch lassen. Dann müsste aber die Funktion, die ich vor Ort dabei habe, vielleicht in einem Handy integriert sein. Weißt du, was ich meine? Diese Funktion, ein Foto zu machen und. Ja, und jetzt werden wir schon schnell wieder komplex mit diesem ganzen Zeug.
- 25

- 30 **Tilo Wüsthoff:** Muss man wahrscheinlich auf Future Work schieben. Ja.

- Dr. Matthias Maurer:** Ja, also vielleicht ja doch. Also, dass man das muss man irgendwann denke ich mal testen in irgendeinem Stadium und sagen wir machen das mal da unten und dann müssen wir ausprobieren, was ist effizienter? Weil momentan kann es sein. Vielleicht wollen wir das Ding wirklich mal am Rover lassen und mit so einem kleinen Tool, was ich mit dabei habe, kann ich die Arbeit im Feld genügend gut machen. Ich kann halt schnell klick, klack, klack meine Sachen dokumentieren. Momentan ist es ja auch so die NASA schickt eine große Kamera mit und die muss ich immer in die Hand nehmen und dann so ein hochqualitatives Bild machen. So und weißt du, dann würde ich mein Tablet auch gar nicht mit rausnehmen müssen, um sowas zu dokumentieren. Aber dann muss halt irgendwo noch dieser Zusammenhang. Hat aufgebaut werden. Okay, jetzt habe ich da
- 35

ein Bild gemacht von der Stelle und später mache ich ein Bild von der Stelle. Welche Probe, welches Foto gehört zu welcher Probe? Also diese Vernetzung, was wir eben darüber gesprochen haben. Ja.

5 **Tilo Wüsthoff:** Ja. Also, es ist witzig, weil eigentlich oft drüber gelesen, dass das Setting eigentlich immer ist ein Rover, zwei Astronauten, aber es ist einfach so eine komplett andere Geschichte, wenn man jetzt einen zweiten mit reinnimmt und man muss, wenn man sowas startet, von der Komplexität irgendwo anfangen. Und ich glaube auch, dass jetzt so pragmatisch gesehen auch mit unseren Robotikern der interessante nächste Schritt erstmal ist: Was können die denn jetzt machen? Also die Kollegen, die dann programmieren oder die auch die Roboter-Features wirklich dann lebendig da mit reinbringen. Das können wir jetzt umsetzen. Und ich glaube auch das ist ja so es baut aufeinander
10 auf. Wie du sagtest, sind wir froh, wenn wir das mal testen mit einer Person, ob das überhaupt läuft und gegebenenfalls auch einfach erst mal Details rauszieht. Also da sind ja so viele Einzelergebnisse auch allein, dass mit den großen Buttons. Also wir sind da so begeistert von, weil wir auch so ein Interface haben wir auch noch nie gesehen. Das ist einfach nett.

15 **Lisa Schröck:** Ich meine, der Gedanke dahinter ist ja auch, da ist ja zum Beispiel ein Roboterarm noch gar nicht mit bedacht. Aber dass das quasi hinterher wie so eine Bauanleitung für ein Interface ist, egal wie man es dann erweitert, dass man weiß, okay, so müssen Button nummeriert sein, dass man diese Mechaniken dann auch in anderen Kontexten anwenden kann. Da gibt es natürlich noch ganz viele andere Workflows, die wir noch gar nicht mitbedenken. Aber vielleicht kann man die dann einfach genauso aufbauen und dann ist es intuitiv. So, das ist ja der Gedanke. Also diese ganzen
20 Eventualitäten kann ich mit der Masterarbeit ja nicht abdecken. Aber wenn ich jetzt sage, okay, so groß müssen Buttons sein, solche Farben müssen verwendet werden. Das macht Sinn so durch ein Interface zu navigieren. Es macht Sinn vorher ein Briefing Interface zu haben. Dann sind das ja schon super wertvolle Erkenntnisse für eine Programmierung. Also das ist ja das, was dann am Ende auch das Ergebnis meiner Arbeit sein soll, dass man darauf eine Antwort findet. Gab es Informationen
25 oder Bezeichnungen, die du unverständlich fandest?

Dr. Matthias Maurer: Nein.

Lisa Schröck: Okay, hat das Interface alle notwendigen Informationen gut sichtbar dargestellt? Bzw. Waren alle Informationen, die verfügbar sein mussten, sinnvoll dargestellt?

30 **Dr. Matthias Maurer:** Ja. Beim Darstellen hat man eben mal mit der Karte gesprochen und dass ich vielleicht den Text dann, wenn ich da nur am Lesen und Studieren bin, dass man das vielleicht auf den ganzen oder dreiviertel Bildschirm ausweitet. Ja, genau.

Lisa Schröck: Okay, sind alle notwendigen lebensnotwendigen Informationen immer sichtbar?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

35 **Lisa Schröck:** Okay, dann will ich zur Informationsvermittlung und zum Systemverhalten kommen: Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle von dir erfordert waren?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Hast du dich gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst?

Dr. Matthias Maurer: Also, auf diesem Handgerät immer.

Lisa Schröck: Jetzt war mein Gedanke „Rover Go“ ist grün macht Sinn, weil er losfährt, „Rover Stop“ Macht Sinn, weil er rot ist. Aber eigentlich ist die Mechanik ja „Rover Stop“ ist „Not-Aus“. Findest du das gut, dass Rover Go grün ist? Weil jetzt gerade kannst du mit dem interagieren. Und in dem Fall könntest du es ja nicht. Das ist gut, dass das Rot ist und das andere Grün?

Dr. Matthias Maurer: Ja, also so ein bisschen hat es mich zwischendurch schon verwirrt, weil ich immer draufgucke und denke mal, Rot ist irgendwie da ist jetzt. Ja, also wenn ich da draufklicke, ist es natürlich, dann stelle ich den aus. Ja. Es ist gut, dass es hier noch mal zusammengefasst. Also das ist der Ist-Zustand und das ist das, was ich da befehle.

Lisa Schröck: Genau.

Dr. Matthias Maurer: Und klar, Es ist gut, beide Informationen zu haben.

Lisa Schröck: Okay.

Dr. Matthias Maurer: Genau. Ja.

Lisa Schröck: Hättest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise oder Erklärung –

Dr. Matthias Maurer: Vielleicht ist es so, wenn du sagst, hier ist Rover ist hot, dann sollte er noch vielleicht in Rot sein.

Lisa Schröck: Okay.

Dr. Matthias Maurer: Ja. So, und dann machst du Stop. Und dann sagst du, er ist kalt. Das kann dann vielleicht hier in Grün sein.

Lisa Schröck: Okay.

Dr. Matthias Maurer: Ja. Ja. Kannst du. Vielleicht kannst du es ja noch einfacher gestalten. Der Rover cold, then safe.

Lisa Schröck: Das ist das quasi ein bisschen noch zusammenfassen. Ja. Ja, das geht auf jeden Fall. Gut. Hast du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweis oder Erklärung vom EVA Interface gewünscht oder reicht dir das Dashboard um diese Informationsleiste?

Dr. Matthias Maurer: Ja, das reicht.

Lisa Schröck: Außer bei der Checkliste.

Dr. Matthias Maurer: Ja, bei der Checkliste ist es so, klar... Technische Details. Contingencies hatten wir nur einmal drin. Aber ich würde erwarten, dass irgendwo immer so ein... So ein Contingency ist.

Lisa Schröck: Okay.

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Zur Erwartungskonformität und Verständlichkeit: war der Aufbau des Bedienprinzip des Interfaces wirklich einheitlich und nachvollziehbar?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Auch ein bisschen besser als beim letzten Mal? Weil da hatte man das ja sehr –

Dr. Matthias Maurer: Ja!

Lisa Schröck: Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

5 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen dich das Interface ausgebremst hat oder aus deinem Arbeitsfluss gebracht hat?

Dr. Matthias Maurer: Ne. Du hast ja auch diese Mal schönen rückwärts noch mal ins Menü. Also das hat beim letzten Mal, wo es mich ausgebremst hatte.

10 **Lisa Schröck:** Okay, gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

Dr. Matthias Maurer: Nein.

15 **Lisa Schröck:** Wir haben ja in dem Interface und in dem Briefing-Interface eine unterschiedliche Gestaltung. Das habe ich gemacht, damit man direkt erkennt in welchem Interface man sich befindet und hier ist es auch so dass der Kontrast hier stärker das heißt die Knöpfe fallen dir viel eher auf als es in dem anderen Interface der Fall ist, hat das die Orientierung erleichtert oder erschwert?

Dr. Matthias Maurer: Ganz definitiv erleichtert.

Lisa Schröck: Zur Erlernbarkeit: Wie schätzt du den Lernaufwand ein. Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

20 **Dr. Matthias Maurer:** Ja, das ist gut, dass du es mir einmal erklärt hast und es mir die wichtigen Punkte dann auch dargelegt hast. Das kann auch ein Video-Tutorial sein. Ja. Ja, also das heißt, ich würde das also im Training sollte schon erfolgen. Aber das muss jetzt nicht unbedingt in einem Präsenztraining erfolgen. Das ist ja oft auch so beim Astronautentraining, dass wenn die Amerikaner sagen „Oh, wir müssen jetzt extra nach Europa fliegen“ also sowas kannst du auch als ein Video-Tutorial machen und das kannst du lernen, wann immer du es brauchst. Und wichtig ist auch so
25 etwas vor einer Mission auf dem Mond, dass irgendwie einen Tag vorher noch mal ganz kurz ein Summary hast.

Lisa Schröck: Ja zum Fehlverhalten und Korrekturmöglichkeiten sind in der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert.

30 **Dr. Matthias Maurer:** Fehleingaben jetzt nicht, aber ich hatte ja noch diesen Extrawunsch, dass ich so ein bisschen im Fluss abweichen möchte, dass ich sage okay, ich erkläre jetzt hier diese Gegend auch zu einer Region of interest und dass ich hier Proben nehme, das hat noch so ein bisschen gefehlt. Und dass ich vielleicht mehrere Proben nehme und die erst dann halt abarbeite.

35 **Lisa Schröck:** Ja, okay. Da haben sich die letzten Fragen zu dem Punkt auch erübrigt. Dann zum Arbeitsfluss und zur Steuerbarkeit. Du konntest dich zwischen den verschiedenen Bereichen, also zwischen den verschiedenen Menüs oder Ansichten bewegen und wusstest, wie du von dem einen in den anderen kommst?

Dr. Matthias Maurer: Ja.

Lisa Schröck: Okay. Gab es Bearbeitungsschritte, die dir unnötig umständlich vorkamen?

Dr. Matthias Maurer: Nein.

Lisa Schröck: Okay. Und du hast dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt durch das Interface?

Dr. Matthias Maurer: Nein.

5 **Lisa Schröck:** Okay. Zum Abschluss haben dir Funktionen gefehlt.

Dr. Matthias Maurer: Das haben wir schon besprochen. Genau.

Lisa Schröck: Genau. Was hat dir besonders gut gefallen?

Dr. Matthias Maurer: Also, dieses absolute, klare, saubere, sehr intuitive.

Lisa Schröck: Okay, dann würde ich sagen, haben wir es?

10 **Dr. Matthias Maurer:** Ja.

Lisa Schröck: Vielen Dank. Sehr schön.

Anhang 10: Zweites Leitfadeninterview mit Tilo Wüsthoff

Lisa Schröck: Erster Eindruck: Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

5 **Tilo Wüsthoff:** Also mein erster Eindruck war sehr gut, weil mir das total hilft, wenn das ein bisschen mehr ausgestaltet ist, auch mit Farben, weil ich dann ein paar Sachen besser voneinander abgrenzen kann. Und dann hat man so ein bisschen diese, ja, diese Aufteilung in die verschiedenen Interfaces. Also vor allem Missionen und Vorbereitung für mich ja super hilfreich, weil es viel klarer ist durch Abgrenzung.

10 **Lisa Schröck:** Bist du gut zurechtgekommen. Gab es etwas, das du sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

Tilo Wüsthoff: Positiv auf jeden Fall. Jetzt Die sehr klare Gestaltung ist mir positiv aufgefallen. Zwischendurch irgendwo hatte ich das Gefühl, dass da ein Fortschrittsbalken gut wäre.

Lisa Schröck: Weißt du noch an welcher Stelle?

15 **Tilo Wüsthoff:** Nee, habe ich mir mal aufgeschrieben. Irgendwo fehlt, hatte ich das Gefühl, wäre es gut, wenn ich wüsste. Ich glaube, ganz am Anfang, wenn ich in die Mission gehe, dann ja.

Lisa Schröck: Okay. Aufgabenangemessenheit und Eingabe: Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, dass das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt?

Tilo Wüsthoff: Nee.

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

20 **Tilo Wüsthoff:** Nee.

Lisa Schröck: Waren alle Interaktionsmöglichkeiten und Funktionen für dich verständlich platziert und gekennzeichnet? Also wusstest du immer, welche Funktion sich wo unter welchen Buttons verbirgt?

Tilo Wüsthoff: Ja. Ja.

25 **Lisa Schröck:** Okay. Und du hast auch verstanden, wieso die an der Stelle sind. Oder du hast den Kontext verstanden, wo du die findest?

Tilo Wüsthoff: Ja.

Lisa Schröck: Okay. Gab es Informationen oder Bezeichnungen, die du unverständlich fandest?

30 **Tilo Wüsthoff:** Da gibt es diese Seite, wo man die Karte sieht. Da waren. Hattest du welche also Plus und Minus zum Beispiel war Weiß hinterlegt und dann so Weiß-Transparent hinterlegt. Und da gab es noch andere Graphics, die auch diese Logik hatten. Oder weiß und grau. Das waren aber keine Buttons. Da war ich kurz neugierig, ob sich da jetzt auch eine Funktion dahinter verbirgt.

35 **Lisa Schröck:** Okay. Hat das Interface alle notwendigen Informationen gut sichtbar dargestellt? Bzw. Waren alle Informationen die immer verfügbar sein müssen an sinnvollen Stellen dargestellt? Ich glaube, das ist halt so eine Sache, die eher für Matthias ist, genauso wie die nächste Frage „Sind alle lebensnotwendigen Informationen immer sichtbar?“. Die wichtigste Information – das hat er ja beim

letzten Mal gesagt – welche Informationen lebensnotwendig sind, findest du immer auf dem Hand-Cuff Interface. Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?

Tilo Wüsthoff: Ja.

Lisa Schröck: Okay. Hast du dich gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht?

5 **Tilo Wüsthoff:** Ja, bis auf einmal der Statusbalken.

Lisa Schröck: Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst?

Tilo Wüsthoff: Ja.

Lisa Schröck: Hättest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise/Erklärung vom EVA-Interface gewünscht oder reicht dir das Dashboard, also das Briefing-Dashboard und die Informationsleiste?

10 **Tilo Wüsthoff:** Also was? Frag nochmal...

Lisa Schröck: Also hättest du dir hier mehr Informationen oder mehr Hinweise oder Erklärungen gewünscht?

Tilo Wüsthoff: Nee, nee, das ist immer sehr eindeutig mit diesen ganz klaren Anweisungen, die auch so groß in der Bildmitte sind oder als diese ganz großen Texte auf dem Blau. Ne das ist gut.

15 **Lisa Schröck:** War der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?

Tilo Wüsthoff: Ja, also wir haben bei dem Briefing-Interface halt diese vertikale Aufteilung mit der großen Karte. Das ist klar gegliedert und übersichtlich und hier halt immer diese horizontale Anordnung, die ich sehr angenehm finde. Also wir haben hier läuft die Zeit und da sind auch die Schritte, die ja im Prinzip auch chronologisch sind. Das passt super.

20

Lisa Schröck: Ja. Okay. Hattest du das Gefühl, dass das Interface sich so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Tilo Wüsthoff: Ja, also ich hätte gleich noch eine Rückfrage zum Horizon Sweep. Also da war es mir nicht ganz klar, aber ich glaube, dass das auch einfach schwierig ist, in einem Prototypen darzustellen im Detail.

25

Lisa Schröck: Wir können den Horizon Speaker gleich nochmal genau anschauen. Gab es Stellen, an denen ich das Interface ausgebremst hat oder aus dem Arbeitsfluss gemacht hat?

Tilo Wüsthoff: Nee, also weil der so klar ist.

Lisa Schröck: Gab es Situationen, in denen du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen?

30

Tilo Wüsthoff: Nee, weil es so kleinschrittig ist. Also die Aufgabe war etwas lang

Lisa Schröck: Ich dachte, dass es vielleicht einfacher ist, wenn ich die Schritte noch mal aufzähle, wie man zum Interface kommt. Also die Zwischenstationen sind aber wahrscheinlich.

Tilo Wüsthoff: Ja, man könnte noch mal schauen, ob man das halt hinlegt als fünf Punkte, dass man noch mal drauf schauen kann, weil ob man das jetzt ist, also ob man das man sich merken kann, ist ja eigentlich nicht relevant für den Test.

35

Lisa Schröck: Ja, das stimmt. Aber ich meine aber, Matthias hat ja gar keine Fragen gestellt. Der hat sich das einfach gemerkt und gemacht.

Tilo Wüsthoff: Ja, wir sind ja alle keine Astronauten.

Lisa Schröck: Nee.

- 5 **Tilo Wüsthoff:** Nee. Aber. Also es ist gut, mehrere Schritte zu haben in so einer Aufgabe. Weil wenn der Prüfer halt sagt so, mach mal den Schritt und jetzt machen wir den Schritt. Das ist blöd. Aber wenn ich halt einen Spickzettel habe, dann ist das meines Erachtens für eine Testung in Ordnung. Aber es ist gut, wenn man selbstständig mal fünf Sachen hintereinander machen muss und nicht jemand anders dann immer dazwischenfunk.

- 10 **Lisa Schröck:** Erleichtert oder erschwert die unterschiedliche Gestaltung die Orientierung in dem Interface?

Tilo Wüsthoff: Nein, überhaupt nicht. Also das ist sogar angenehm, weil es ja, unterstelle ich mal, für den Astronauten eben auch so ganz grundlegend unterschiedliche Storys sind. Ja.

Lisa Schröck: Das ist ja auch ein bisschen der Gedanke dahinter.

- 15 **Tilo Wüsthoff:** Ja.

Lisa Schröck: Wie schätzt du den Lernaufwand ein? Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

Tilo Wüsthoff: Ähm, ja, nicht ganz ohne Hilfe, aber ich glaube ich könnte es alleine erlernen, also ohne das jemand daneben sitzt.

- 20 **Lisa Schröck:** An welchen Stellen würdest du dir mehr Unterstützung gewünscht?

Tilo Wüsthoff: Ich glaube nur beim Horizon Sweep.

Lisa Schröck: Sind wir während der Bedienung Fehler oder Fehleingabe passiert?

Tilo Wüsthoff: Ich glaube schon. Kann mich zwar nicht daran erinnern, weil es sozusagen nichts Irreversibles war.

- 25 **Lisa Schröck:** Genau. Also wenn du das bei einer Workbench-Aufnahme fehlerhaft. Also da kannst du halt sagen okay, ich will zurück zum EVA-Menü gehen. Obwohl du es nicht willst, könntest du halt immer sagen ja, ja, dasselbe bei dem Code scannen und ansonsten könntest du halt nur fehlerhaft. Das Licht nach rechts oder links drehen. Ja, so viel mehr Fehleingaben können gar nicht sein.

- 30 **Tilo Wüsthoff:** Und ja klar, das hier hattest du erklärt, die Workbench Aufnahme unterbricht. Das habe ich jetzt nicht provoziert, deswegen konnte ich es beim als ich selber das gemacht habe, nicht erleben. Sozusagen ja.

Lisa Schröck: Konntest du dich frei zwischen den verschiedenen Bereichen bzw. Menüs oder Ansichten bewegen?

- 35 **Tilo Wüsthoff:** Jetzt überlege ich gerade Ach so, genau. Ja, ja, schon. Also hier, das ist jetzt gerade. Hier komme ich ja nicht raus. Aber so muss es ja auch sein.

Lisa Schröck: Hast du dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt?

Tilo Wüsthoff: Nein.

Lisa Schröck: Okay. Nein. Abschluss sind jetzt natürlich auch Fragen, die so ein bisschen an Matthias gehen, ob Funktionen gefehlt haben und man sich Funktionen wünschen könnte, welche das wären? Ich frag jetzt einfach mal was hat dir gut und was schlecht gefallen? Vielleicht ist es dann einfacher.

- 5 **Tilo Wüsthoff:** Ja, so gut gefallen hat mir die klare Struktur. Das habe ich vorhin schon gesagt, gerade mit diesem farbigen Balken oben. Das kann ich mir vorstellen, dass das in so einem stressigen sicherheitsrelevanten Kontext echt gut ist. Also diese klare Gestaltung finde ich total gut. Und das andere Briefing Interface ist halt eben auch einfach so ein bisschen hochwertiger. Finde ich schon ganz schön, dass das so. Wenn ich mir vorstelle, ich sitze am Tisch, das ist halt schon sozusagen ein
- 10 cooles Interface, wo man halt dran sitzen kann. Ja, so naja, manchmal denke ich, das hier oben irgendwie noch ein bisschen weniger sein könnte, oder? Also hier sind so sieht aus wie das ist ja nur die Erklärung von dem, aber das sieht aus wie so zwei Buttons ein bisschen ist also ein super kleines Detail, aber. Also, wenn ich jetzt gefragt werde...

Anhang 11: Zweites Leitfadeninterview mit Angelo Rito

Lisa Schröck: Wie hast du die Bedienung des Interfaces wahrgenommen? Was war dein erster Eindruck?

Angelo Rito: Nach der Erklärung. Sehr sinnvoll aufgebaut und einfach zu verstehen.

5 **Lisa Schröck:** Sehr gut. Bist du gut zurechtgekommen? Gab es etwas, was dir sofort positiv oder negativ aufgefallen ist?

Angelo Rito: Ich bin sehr gut zurechtgekommen. Positiv. Ist mir aufgefallen. Ich dachte, letztes Mal bin ich gut zurechtgekommen. Aber es ist wesentlich einfacher nochmal als beim letzten Mal. Ich war letztes Mal schon ein paar Mal das Gefühl, dass ich dann doch sehr überlegen musste, wie ich wohin
10 komme. Aber jetzt ist wirklich also an mir geprüft. Idiotensicher? Ja.

Lisa Schröck: Gab es Stellen, an denen du das Gefühl hattest, das Interface, das das Interface unnötige Eingaben von dir verlangt? Wenn ja, welche?

Angelo Rito: Nee, gar nicht. Okay, diesmal gar nicht.

Lisa Schröck: Hast du das Gefühl, dass manche Workflows zu kleinteilig waren?

15 **Angelo Rito:** Nee.

Lisa Schröck: Okay. Waren alle Interaktionsmöglichkeiten mit Symbolfunktion für dich verständlich platziert und gekennzeichnet?

Angelo Rito: Ja, wobei, ich weiß nicht. Beim. Beim Science-Prep. Sagen Ne, beim Briefing-Dokument, genau da auf der linken Seite. Das war schon. Da ist ein bisschen viel drin. Aber ich glaube, wenn man
20 das ein, zweimal gemacht hat, so wie du schon gesagt hast, für ein Ding passt es ja voll.

Lisa Schröck: Ja. Warte, ich zeig dir das hier noch mal...

Angelo Rito: Genau.

Lisa Schröck: Du meinst, quasi bei der Ansicht –

Angelo Rito: Ne, ich meinte erstmal hier. Also, als wir das am. Also, wenn das aufmacht, ist irgendwie
25 nicht klar ersichtlich, dass du die Phasen unten einzeln anklicken kannst. Weil ich habe dir zwar vorher zugeschaut, aber wusste nicht mehr wie ich an wie ich hier hinkomme. Okay, das habe ich nicht gleich gecheckt, aber als du es dann noch mal erzählt hast, dass man einfach unten drauf klickt, ist natürlich total sinnvoll. Aber ich habe es nicht als einzelne Buttons direkt wahrgenommen.

Lisa Schröck: Ja, ich hatte hier unten Details und Pfeile noch auf, aber ich glaube, das muss ich mir als
30 Button kennzeichnen, dass man sieht, dass man draufdrücken kann.

Angelo Rito: Ja, vielleicht ist es einfach nur der Rahmen schon, weil hier sind das ja irgendwie so klar bei denen. Wobei da hier ist auch kein Button dran. Aber vielleicht soll es noch ein bisschen voneinander abgrenzt. Keine Ahnung. Weiß ich nicht, ob das so ist.

Lisa Schröck: Aber das ist ein Problem, das Lisa lösen muss.

35 **Angelo Rito:** Genau das ist Lisas Problem. Genau. Genau das wäre das einzige gewesen.

- Lisa Schröck:** Okay, hab das Interface alle notwendigen Informationen gut sichtbar dargestellt bzw. Waren alle Informationen, die immer verfügbar sein mussten, sinnvoll dargestellt? Das setzt natürlich eine Frage, wie es in Matthias richtet, weil du weißt ja gar nicht, welche Informationen bei so einer EVA wichtig sind. Beim letzten Mal kam das Feedback, dass die Phasenzeit eigentlich das
- 5 Allerwichtigste ist und dass er weiß, wo der Lander ist. Aber nur er weiß, wo der Lander ist. Hat er immer über das Hand-Cuff Interface. Die Phasenzeit hat er hier, aber hier auch noch mal, das heißt alle lebensnotwendigen Interaktionen sind immer hier.
- Angelo Rito:** Ach wie bei so einem... Ich muss mal überlegen, wo war das so? Ist das nicht so bei GTA und GTA fünf oder so spielst du auch immer angezeigt wo du so hinlaufen musst und das ist ja voll
- 10 wichtig.
- Lisa Schröck:** Das heißt also alles ist wirklich immer lebensnotwendig ist, findest du immer hier. Das heißt auch in der Stresssituation musst du nicht da erst suchen, sondern du hast es halt am Handgelenk. Dann Informationsvermittlung und Systemverhalten: Konntest du immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren?
- 15 **Angelo Rito:** Ja, es war immer hervorgehoben, so wie hier jetzt zum Beispiel. Es ist immer ganz klar und es ist auch ganz klar, wo mein Bereich ist, wo ich Interaktionen habe.
- Lisa Schröck:** Wann hast du dich immer gut darüber informiert gefühlt, was das Interface gerade macht? Zum Beispiel, bei so einer Workbench-Aufnahme macht, der TRP was, oder?
- Angelo Rito:** Ja, ja, schon.
- 20 **Lisa Schröck:** Da wusstest du schon was gerade Sache ist?
- Angelo Rito:** Ja.
- Lisa Schröck:** Okay. Wusstest du immer, ob du dich dem TRP gefahrlos nähern kannst?
- Angelo Rito:** Ich bin jetzt davon ausgegangen. Also nicht. Also, ich bin davon ausgegangen, weil ich übers Hand-Cuff einmal bestätigt habe. Und dann wäre es ja rot. Das heißt, ich würde ja immer
- 25 sehen. Eigentlich. Ja, aber jetzt hier auf dem nicht.
- Lisa Schröck:** Genau mit dem kannst du ja auch noch interagieren, wenn alles gut ist.
- Angelo Rito:** Ah ja, stimmt ja. Gut, dann stimmt.
- Lisa Schröck:** Das ist ja quasi das Interface –
- Angelo Rito:** Ja.
- 30 **Lisa Schröck:** Aber du wusstest, wo die Informationen stehen. Hättest du dir an irgendeiner Stelle mehr Hinweise oder Erklärungen gewünscht oder reicht dir das Dashboard bzw. die Informationsleiste?
- Angelo Rito:** Es reicht mir eigentlich. Und einmal halt dieses kurze Briefing am Anfang. Also ich meine.
- 35 **Lisa Schröck:** War der Aufbau des Bedienprinzips des Interfaces für dich einheitlich und nachvollziehbar?
- Angelo Rito:** Ja, auf jeden Fall.

Lisa Schröck: Okay. Hattest du das Gefühl, dass sich das Interface so verhalten hat, wie du es erwartet hast?

Angelo Rito: Mhm [Bestätigend].

5 **Lisa Schröck:** Gab es Stellen, an denen sich das Interface ausgebremst oder aus deinem Arbeitsfluss gebracht hat?

Angelo Rito: Nee, gar nicht.

Lisa Schröck: Die ganze Situation, die du dir viele Details merken musstest, um weiterzukommen.

Angelo Rito: Ja, als mir die Fragen gestellt hast.

Lisa Schröck: Aber nicht im Interface.

10 **Angelo Rito:** Nein.

Lisa Schröck: Erleichtert oder erschwert die unterschiedliche Gestaltung vom EVA-Interface oder vom Briefing-Interface die Orientierung im Interface oder hilft dir das?

Angelo Rito: Ich würde nicht sagen, dass es mir hilft, aber ich finde, es ist klar getrennt zwischen Vorbereitung und aktiv.

15 **Lisa Schröck:** Hintergrund ist auch so ein bisschen, dass die unterschiedliche Gestaltung, also der Aufbau ist ja gleich wegen der Erlernbarkeit, aber auch der Farbwechsel ist unterschiedlich. Einmal weil du hier ja auch sehr viel Licht hast und hier nicht. Aber auch, dass du quasi klar erkennst, in welchem Interface du dich gerade befindest und was der Zweck von Interface ist.

Angelo Rito: Ja.

20 **Lisa Schröck:** Erlernbarkeit: wie schätzt du den Lernaufwand ein. Könntest du das Interface auch ohne Hilfe erlernen?

Angelo Rito: Ja, bis auf das Briefing. Glaube ich. Ja. Und bei den, ich glaube, wenn das jetzt keiner erklärt hätte, hätte ich, glaube ich, ein Problem damit. War ich aber zwei Interfaces.

25 **Lisa Schröck:** Ja das mit dem Hin und herschalten das ist schon super kompliziert, weil du halt einfach quasi drei Interfaces hast und eine Fernbedienung brauchst, um von dem einen auf das andere umschalten.

Angelo Rito: Also das wäre jetzt was, wenn es. Wenn es jetzt nicht erklärt worden wäre, dann hätte ich, glaube ich, damit auf jeden Fall kurzzeitig Probleme gehabt.

Lisa Schröck: Aber das gute ist ja auch die schicken ja keinen Astronauten nach oben ohne Erklärung.

30 **Angelo Rito:** Genau. Ja, also von dem her. Ja, das wäre, glaube ich, das Einzige gewesen. Ja. Okay.

Lisa Schröck: Gibt es eine Stelle, an dem du dir mehr Unterstützung vom Interface, während der Bedienung gewünscht hättest?

35 **Angelo Rito:** Ähm, ja. Also beim Licht drehen hatte ich ja kurz Probleme, weil ich irgendwie. Aber das war vielleicht auch mein Ding, weil ich habe halt die Buttons zum Einschalten vom Licht sind ja oben. Genau. Das ist ja hier. Und dann schaue ich mir an, okay, wo ist dieser Lichtding? Und dann? Also ist quasi hier so außenrum, dass man, wenn man Fokus fürs Auge ist, hier und dann, wenn ich hier

reinschalte, ist mein Fokus fürs Auge hier. Da war ich im ersten Moment, dass ich sage, weil das auch aussieht wie so ein Einstellregler, dass ich hier oben das Licht einstellen kann, wo es hinleuchtet und nicht hier unten die Buttons. Das wäre das einzige gewesen jetzt.

Lisa Schröck: Sind dir während der Bedienung Fehler oder Fehleingaben passiert?

- 5 **Angelo Rito:** Ah, warte. Ich glaube, ich weiß auch, weil die sind farblich gar nicht hervorgehoben. Vielleicht ist es das auch.

Lisa Schröck: Ja, ich glaube auch, das ist so ein Punkt, den ich für das nächste noch ausgestalten muss ist das sieht mehr aus wie Buttons als dass ich arbeite überall mit solchen Buttons, aber ich glaube, in den Funktionen muss ich das umkehren, dass ich quasi die heller sind und bei den anderen halt auch.

- 10 **Angelo Rito:** Weil hier ist halt ganz klar auch mit dem weil wenn du hier drauf schaust, kann ich mir vorstellen, dass es der Körper automatisch macht. Du siehst, okay, das ist hell und es ist dunkel, also ist das ausgegraut. Also würde ich das wahrscheinlich antippen können. Und hier sind. Ja, habe ich die zwei. Aber das kriege ich. Habe ich nicht zusammengekriegt.

Lisa Schröck: Sind ansonsten noch Fehler oder Fehler passiert?

- 15 **Angelo Rito:** Ich glaube nicht.

Lisa Schröck: Wie hast du den Aufwand zur Fehlerbehebung empfunden? Ich meine, die einzige Fehleingabe, die dir hier tatsächlich passieren kann, ist, dass während der Aufnahme und Aufnahme versehentlich abbricht und dann musst du immer doppelt bestätigen. Aber du hast ja jetzt keinen Punkt wie bei einem Onlineshop, wo du irgendwas ausfüllen musst, du dir Fehleingaben passieren.

- 20 **Angelo Rito:** Ja, voll.

Lisa Schröck: Deswegen ergibt sich das, glaube ich so ein bisschen. Konntest du dich frei zwischen den Bereichen Menüs oder Ansichten bewegen? Also, wo ist es so genau wie du, von dem ein Menü ins nächste kommst und umgekehrt?

- 25 **Angelo Rito:** Ja, also. Wobei, hier wüsste ich jetzt. Hier. Hier bin ich ja. Habe ich ja eh gestartet. Das heißt, ich müsste das sowieso zu Ende machen. Das heißt, ich komme erst, wenn das alles beendet ist, könnte ich wieder in das andere Menü, also in den.

Lisa Schröck: Genau. Das ist auch jetzt so ein Sicherheitsfeature, dass wir nicht versehentlich während einer Mission jetzt aufs Briefing-Interface kommt, weil das willst du ja gar nicht.

Angelo Rito: Also das passiert ja nicht.

- 30 **Lisa Schröck:** Okay, aber du wirst es ja, wenn du das jetzt fertig hast, dass du ins nächste Interface kommst.

Angelo Rito: Genau. Ja.

Lisa Schröck: Okay. Hast du dich während der Nutzung unterbrochen oder gestört gefühlt vom Interface?

- 35 **Angelo Rito:** Nein.

Lisa Schröck: Okay. Haben dir Funktionen gefehlt?

Angelo Rito: Ich denke nicht.

Lisa Schröck: Wenn du dir Funktion wünschen könntest, welche wären das? Oder wenn du irgendeine Sache wünschen könntest, was wäre das? Ja, ich glaube, das sind halt auch so Sachen.

Angelo Rito: Die musst du halt –

5 **Lisa Schröck:** Die muss ich halt mit Matthias machen.

Anhang 12: Zweites Leitfadeninterview mit Jan Wiedmann und Felipe Rude

Lisa Schröck: Okay. Wie war euer erster Eindruck?

Jan Wiedmann: Ich fand es sehr übersichtlich. Wenn ich jetzt mal zu den zu der farblichen Codierung oben gehe. Also mit dem Grün, dem Gelb und dem Rot. Das finde ich sehr gut. Einfach auch noch
5 mal, um das visuell besser darzustellen, weil ich könnte mir gut vorstellen, dass wenn ich jetzt die Farbe nicht hätte und dort sieben Minuten stehen würde, dann könnte ich mir vielleicht vorstellen okay, sieben Minuten hört sich vielleicht noch nach viel Zeit, dann aber für das, was ich machen soll, habe ich gar nicht so viel Zeit. Also diese farbliche Kodierung finde ich gut, dass es noch etwas unterstützend ist. Das gleiche ja auch bei den unteren Farben. Da hatten wir uns ja auch schon
10 drüber unterhalten in den vergangenen Malen die, dass die Farben auch jetzt keine so diese in your face sind, sondern sehr, so eher gedeckter sind im Hintergrund aber dennoch sehr gut differenzierbar. Genau zur Schriftgröße, die finde ich. Also das, was ich jetzt über die Übertragung beurteilen kann, finde ich auch vollkommen in Ordnung. Ist ja ein Ticken größer gehalten, dass man es besser lesen und bedienen kann. Deswegen hätte ich von der Seite jetzt erstmal keine negativen
15 Punkte. Ich finde auch die Flächen finde ich groß genug, auch natürlich so wie ich das beurteilen kann. Genau. Ja, das einzige, was ich vielleicht noch anpassen würde. Wobei, vielleicht hast du das auch noch geplant, wenn du oben mal zu den Time Left.

Lisa Schröck: Ich gehe mal zu Time Left.

Jan Wiedmann: Genau. Ja, genau. Genau das ist jetzt. Es muss natürlich in erster Linie funktionieren, aber da kommt jetzt so ein bisschen mein innerer Designer raus. So ein bisschen mehr Spacing
20 zwischen den Zeilen.

Lisa Schröck: Ja, das ist sogar eine Sache die vielleicht sogar rausfliegt. Ich hatte das jetzt so angelegt, das kam tatsächlich sogar noch von was anderem, was da war, und ich hatte einfach Mission-Time left mit reingeschrieben. Ich finde es auch ein bisschen groß von der Schriftart muss ich sagen. Ich
25 finde auch diese Zweiteilung nicht so gut. Das würde ich auf jeden Fall noch abändern, dass das quasi ein Balken ist. Vielleicht steht es übereinander. Die Schriftgröße hier würde ich wahrscheinlich, ein bisschen verkleinern und das dafür ein bisschen größer machen. Also jetzt nicht so, dass es in Konkurrenz mit der Zeit steht, aber dass es halt einfach ein bisschen kompakter ist. Da hast du auf jeden Fall vollkommen recht.

Jan Wiedmann: Und das Solo Loop, das Off. Dem Off würde ich einen Tick mehr Kontrast geben, dass man das besser erkennen kann, auch wenn es ausgeschaltet ist.

Felipe Rude: Ja.

Lisa Schröck: Okay. Danke. Ja. Okay, gab es Stellen, an denen ihr das Gefühl hatte, dass das Interface unnötige Eingaben von euch verlangt, wenn ja, welche? Das sind jetzt alles so ein paar Fragen, die ihr
35 schwer beantworten könnt. Waren alle Interaktionsmöglichkeiten/Funktionen für euch verständlich, platziert und gekennzeichnet?

Jan Wiedmann: Von dem, was ich beurteilen kann, über die Übertragung, ja.

Felipe Rude: Ja, ja.

Jan Wiedmann: Auch wieder in Kombination mit den entsprechenden Schriftgrößen kann man das
40 sehr gut differenzieren voneinander.

Lisa Schröck: Okay. Gab es Informationen oder Bezeichnungen, die ihr unverständlich fandet?

Jan Wiedmann: Erstmal nicht, nein.

Lisa Schröck: Sind alle lebensnotwendigen Informationen immer sichtbar? Das könnt ihr jetzt natürlich nicht so genau beantworten, weil Ihr seid keine Astronauten. Wenn werden alle lebensnotwendigen Informationen aber immer auf dem Hand-Cuff sichtbar, weil ich ja manchmal den TRP nicht antreten kann. Und manchmal ist das TRP-Interface aus. Das heißt alle lebensnotwendigen Informationen habe ich immer direkt bei mir. Konntet ihr immer erkennen, welche Eingaben an welcher Stelle erforderlich waren? Ist natürlich jetzt auch ein bisschen schwer zu beurteilen, wenn man es nicht durchgeklickt hat. Aber grundsätzlich wüsstet ihr, wo ihr hinschauen müsstet, wenn ihr jetzt nicht wüsstet, was ihr machen müsst?

Jan Wiedmann: Ja.

Felipe Rude: Ja.

Lisa Schröck: Genau. Das ist jetzt auch ein bisschen tricky, aber wusstet ihr immer, ob ihr euch dem TRP gefahrlos nähern könnt?

Jan Wiedmann: Ähm, kannst du nochmal auf so einen Screen gehen, wo das...?

Lisa Schröck: Also es ist quasi so ein bisschen so eine Fangfrage, weil wenn ich hier bin, kann ich. Also wenn ich sowas hier sehe, dann ist der ja im Safe Mode.

Felipe Rude: Wenn er eben fährt, dann sieht man gar nichts.

Lisa Schröck: Ganz genau. Das heißt, ich habe es halt immer auf dem Hand-Cuff Display.

Jan Wiedmann: Ja.

Lisa Schröck: Genau, war der Aufbau und das Bedienprinzip des Interfaces für euch einheitlich und verständlich.

Jan Wiedmann: Ja, ich finde das mit den Tabs ist es sehr angenehm gelöst und die haben ja auch eine Reihenfolge. Ich gehe von links nach rechts die Tabs durch.

Lisa Schröck: Ganz genau. Ich gehe von links nach rechts, die Tabs durch und auch das hier ist eine Reihenfolge. Also jede Information in dem Interface ist halt ein Workflow. Die unterschiedliche Gestaltung der Interfaces: Hattet ihr das Gefühl, ob euch das die Orientierung erleichtert oder erschwert?

Jan Wiedmann: Meinst du jetzt zwischen den drei Interfaces, die du gemacht hast, oder?

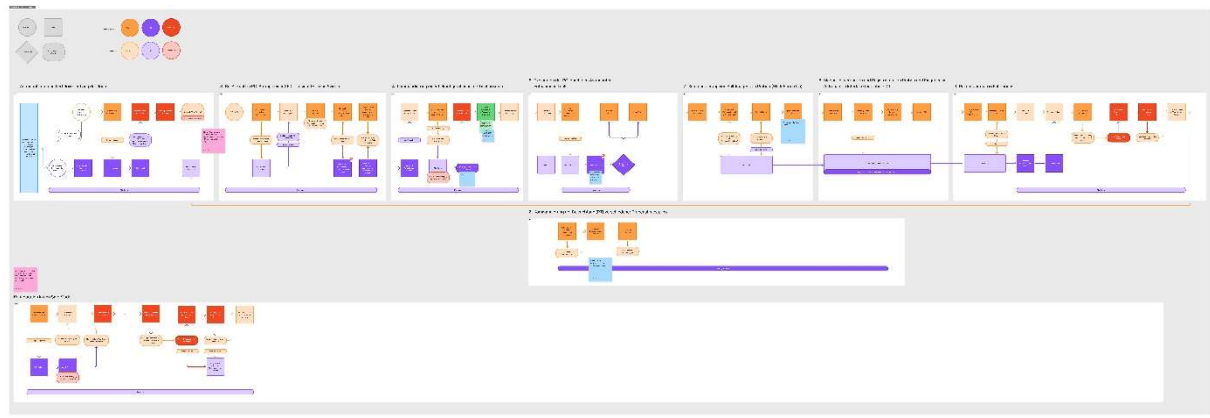
Lisa Schröck: Zwischen diesem und dem Briefing Interface.

Jan Wiedmann: Okay. Für mich persönlich finde ich das vollkommen in Ordnung, wenn sie im Design unterschiedlicher sind. Also Sie müssen jetzt nicht gleichbleiben, weil das Briefing Interface habe ich ja in einem Environment, wo ich ja sicher bin, dass wenn ich jetzt zum Beispiel in der Kapsel oder in der Station drin bin, wie auch immer. Deswegen finde ich das auch völlig in Ordnung, dass es dort in einem hellen Modus ist, zum Beispiel. Das ist ja, glaube ich, ein großer Unterschied, der der Light und Dark Mode. Weil wenn ich draußen bin, finde ich, ist es immer einfacher auf einem Dark Modus die Kontrastwerte zum Beispiel finde ich es einfacher, das einzuhalten. Deswegen finde ich es

vollkommen in Ordnung, wenn die sich ein bisschen unterscheiden im Design. Ich meine, die grobe Designsprache ist ja dennoch die gleiche, die Front. Die Quadrate sind ja so leicht gebrochen an den Ecken. Das ist ja gleichgeblieben. Von dem her hätte ich jetzt, glaube ich, kein Problem, mich zwischen den zwei zu navigieren.

- 5 **Lisa Schröck:** Okay, super. Mein Gedanke war auch so ein bisschen, dass ich direkt auf dem ersten Blick erkenne, in welchem Interface ich mich gerade befinde. Also ich weiß genau, wenn ich jetzt ein Briefing oder bin ich halt also auch noch mal so als Sicherheitsfeature. Aber wenn ihr sagt okay, ja, die nächsten Fragen die könnt ihr glaube ich nicht beantworten, weil ihr euch da nicht durchgeklickt habt. Also sowas wie ob euch Fehleingaben passiert sind, das kann ich jetzt nicht abfragen.

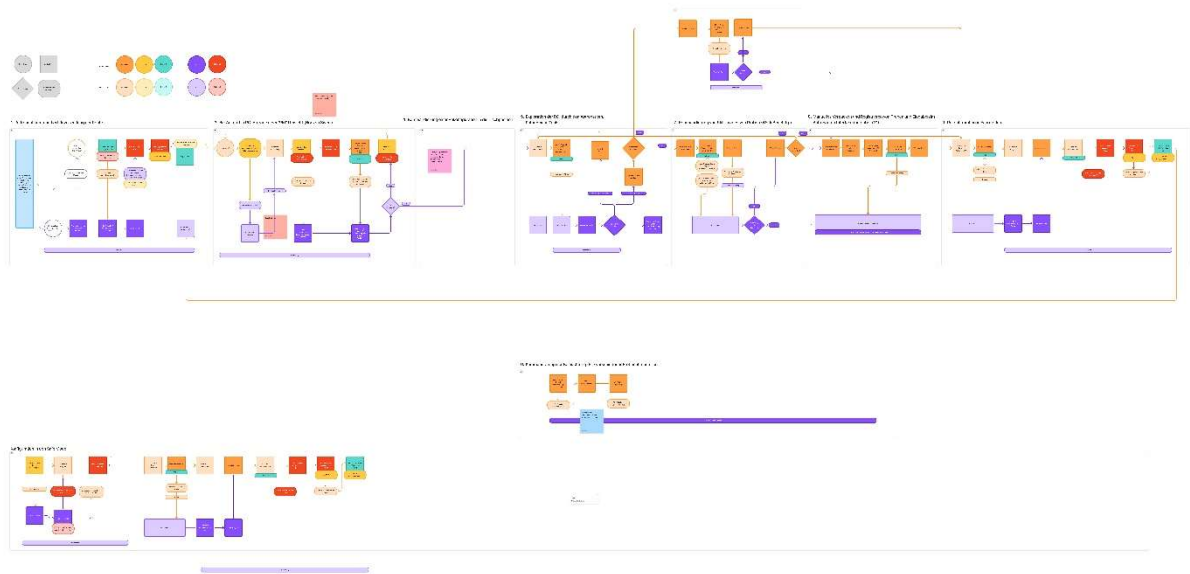
Anhang 13: Workflow 1



Die Datei ist in Originalgröße unter folgendem Link abrufbar:

https://drive.google.com/drive/folders/1P2_antFelAk6I1lwQ4mKcFtMx9P-NjZP?usp=share_link

Anhang 14: Workflow 2



Die Datei ist in Originalgröße unter folgendem Link abrufbar:

https://drive.google.com/drive/folders/1P2_antFelAk6I1lwQ4mKcFtMx9P-NjZP?usp=share_link

Literaturverzeichnis

A. Monographien, Festschriften, Aufsätze in Zeitungen und Fachzeitschriften etc.

- | | |
|---|---|
| Atsani , M. Rifqi
Mukaromah , Iif Alfiatul
Anugerah , M. Haikal Citra | (2025) The Role of Color in User Experience: A Systematic Literature Study of User Preferences for Dark and Light Mode.
In: Transactions on Informatics and Data Science Vol. 2, No. 1, Purwokerto 2025 |
| Chammas , Adriana
Quaresma , Manuela
Mont'Alvão , Cláudia | (2015) A Closer Look on the User Centred Design, In: Procedia Manufacturing, Vol. 3, Rio de Janeiro 2015 |
| Clifford , Alexandra
Holmes , Amanda
Davies , Ian R.L.
et al. | (2010) Color categories affect pre-attentive color perception, Biological Psychology: Vol. 85, Brisbane 2010 |
| European Space Agency
(Hrsg.) | (2025) ESA STRATEGY 2040 In Depth, o. O. 2025 |
| European Space Agency
(Hrsg.) | (2024) Explore 2024 - THE EUROPEAN EXPLORATION STRATEGY, o. O. 2024 |
| Green , Will
Kim , Han
Benson , Elizabeth
et al. | (2024) Spacesuit Contact with Wearer: Analysis and Visualization. In: Acta Astronautica Vol. 222, London 2024 |
| Gulliksen , Jan
Göransson , Bengt
Boivie , Inger
et al. | (2003) Key principles for user-centred systems design, In: Behaviour And Information Technology, Vol. 22, Issue 6, o. O. 2003 |
| Gusia , Milot | (2024) The Application of Color Theory in UI/UX Design, In: UBT International Conference, Lipjan 2024 |
| Helfferich , Cornelia | (2014) Leitfaden- und Experteninterviews, In: Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, Wiesbaden 2014 |
| International Space
Exploration Coordination
Group (ISECG)
(Hrsg.) | (2024) GLOBAL EXPLORATION ROADMAP, Washington 2024 |

- Kaiser, Mary K.**
Ahumada, Albert J. (2008) Perceptual Challenges of Lunar Operations. SAE Technical Paper Series, Moffett Field 2008
- Kim, Kangsoo**
Erickson, Austin
Lambert, Alexis
et al. (2019) Effects of Dark Mode on Visual Fatigue and Acuity in Optical See-Through Head-Mounted Displays, In: Symposium on Spatial User Interaction, o. O. 2019
- Klein, Gary** (2007) Flexecution as a Paradigm for Replanning. Part 1, In Intelligent Systems. IEEE. Vol. 22. No. 5, o. O. 2007
- Kuldavletova, Olga**
Navarro Morales, Deborah C.
Quarck, Gaëlle
et al. (2023) Spaceflight Alters Reaction Time and Duration Judgment of Astronauts, In: Frontiers in Physiology 14, Caen 2023
- Leonhard, Frank** (2017) Kundenzentriertes vs. effizientes Prozessdesign in einer digitalen Welt – Auswirkungen von Prozess-Design-Entscheidungen auf die (Digital) Customer Experience, In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Wiesbaden 2017
- National Aeronautics and Space Administration**
(Hrsg.) (2024) GLOBAL EXPLORATION ROADMAP, Washington 2024
- Nelson, Emily S.**
Mulugeta, Lealem
Myers, Jerry (2014) Microgravity-Induced Fluid Shift and Ophthalmic Changes, In: Life (Basel), Nr. 4, o. O. 2014
- Rawal, Srishti**
Madhubalan, Aswini
Manikandan, Puviyarasu
et al. (2022) Study on the Design of Space Gloves and EVA Suits with Future Challenges, In: Textile & Leather Review Vol. 5, Donji Laduč 2022
- Sarodnick, Florian**
Brau, Henning (2011) Methoden der Usability Evaluation, 2. Ausgabe, Bern 2011
- Seidler, Rachael D.**
Mao, Xiao Wen
Tays, Grant D.
et al. (2024) Effects of Spaceflight on the Brain, In: The Lancet Neurology Vol. 23, Issue 8, London 2024
- Todorov, Todor**
Dochkova-Todorova, Juliana (2023) Accessible UX/UI design, Warna 2023

Turchi, Leonardo
Payler, Samuel J.
Sauro, Francesco
et al.

(2021) The Electronic FieldBook: A system for supporting distributed field science operations during astronaut training and human planetary exploration, Amsterdam 2021

Unitree Robotics
(Hrsg.)

(2023) Go2 User Manual V1.0, Shenzhen 2023

B. Sonstige Quellen (Internetadressen etc.)

- Beinert, Wolfgang (Hrsg.)** (2023) Dicktengleich, Berlin 2023 (<https://www.typolexikon.de/dicktengleich/> [Abruf: 28.07.2025]).
- Bünthe, Oliver** (2023) Unitree bringt agilen vierbeinigen Go2-Roboter für 1600 US-Dollar, Hannover 2023 (<https://www.heise.de/news/Unitree-Go2-Kostenguenstiger-vierbeiniger-Roboter-tanzt-auf-zwei-Beinen-9227947.html> [Abruf: 18.03.2025])
- Campbell-Dollaghan, Kelsey** (2015) How NASA Helped Make The Martian's User Interfaces Realer Than Real, New York 2015 (<https://gizmodo.com/how-nasa-helped-make-the-martians-user-interfaces-reale-1734698612> [Abruf: 06.03.2025])
- Cermak, Alicia** (2025) 10 Things to Know About Planetary Analogs - NASA Science, o. O. 2025, (<https://science.nasa.gov/earth/10-things-to-know-about-planetary-analogs/> [Abruf: 23.05.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (o. J.) Mond-Programm Artemis, Oberpfaffenhofen-Weßling o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/artemis-programm> [Abruf: 04.03.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (o. J.) Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC), Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/projekte-und-missionen/iss/das-deutsche-raumfahrtkontrollzentrum> [Abruf: 21.07.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (o. J.) Faszination Raumfahrt – Arbeiten im Raumfahrtkontrollzentrum, Köln o. J. (<https://col-cc.de/col-cc-team/> [Abruf: 21.07.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (2014) Raumfahrt ist Teamarbeit, Köln 2014 (<https://www.dlr.de/de/blog/archiv/2014/raumfahrt-ist-teamarbeit> [Abruf: 21.07.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (o. J.) Ein neuer Aufbruch zum Erdtrabanten, Mond-Programm Artemis, Köln o. J. (<https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/artemis-programm> [Abruf: 20.08.2025])
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)** (o. J.) Eurocom, Köln o. J. (<https://col-cc.de/eurocom/> [Abruf: 21.07.2025])

Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(o. J.) LRU, Oberpfaffenhofen-Weßling o. J. (https://www.dlr.de/de/rm/forschung/robotersysteme/mobile-plattformen/lru) [Abruf: 18.03.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(2025) Neue Mondmission sucht Wassereis am Mond-Südpol, Köln 2025 (https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2025/neue-mondmission-sucht-wassereis-am-mond-suedpol) [Abruf: 20.08.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(o. J.) Zurück zum Mond mit Artemis I, Köln o. J. (https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/themen/mission-mond/mond-programm-artemis/zurueck-zum-mond-mit-artemis-i) [Abruf: 20.08.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(2024) LUNA Analog Facility KURZÜBERSICHT, o. O. 2024 (https://luna-analog-facility.de/wp-content/uploads/2024/12/2024-12-03_LUNA-One-pager.pdf) [Abruf: 23.05.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(o. J.) LUNA, Köln o. J. (https://www.dlr.de/de/mp/forschung-transfer/forschungsinfrastruktur/luna) [Abruf: 23.05.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(2025) Ausstattung, Köln 2025 (https://luna-analog-facility.de/fuer-nutzer/luna-elemente/) [Abruf: 23.05.2025])
Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (Hrsg.)	(o. J.) Trainingsanlage für astronautische und robotische Mond-Missionen: Köln 2024 (https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2024/trainingsanlage-fuer-astronautische-und-robotische-mond-missionen) [Abruf: 23.05.2025])
Deutschlandfunk Nova (Hrsg.)	(2025) Künftige Mondmissionen: Schwierige Lichtverhältnisse am Südpol des Mondes, Köln 2025 (https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/kuenftige-mondmissionen-schwierige-lichtverhaeltnisse-am-suedpol-des-mondes) [Abruf: 02.04.2025])
DIN Media GmbH (Hrsg.)	(2020) DIN EN ISO 9241-110:2020-10, Berlin 2020 (https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-9241-110/320862700) [Abruf: 12.06.2025])
Dudek, Cedrik	(2025) Welche Schriftarten sind am besten für digitale Barrierefreiheit?, Hamburg 2025 (https://www.digitale-barrierefreiheit.info/ratgeber-digitale-barrierefreiheit/welche-schriftarten-sind-am-besten-fur-digitale-barrierefreiheit) [Abruf: 28.07.2025])

- eology GmbH
(Hrsg.)** (o. J.) User Interface (UI), Volkach o. J. (<https://www.eology.de/wiki/user-interface> [Abruf: 13.06.2025])
- European Space Agency
(Hrsg.)** (2018) App to the Moon – the Electronic Field Book, o. O. 2018 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/11/App_to_the_Moon_the_Electronic_Field_Book/\(lang\)](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/11/App_to_the_Moon_the_Electronic_Field_Book/(lang)) [Abruf: 05.03.2025])
- European Space Agency
(Hrsg.)** (2015) Astronaut training: Haptics/Interact - Tablet PC Handling, o. O. 2015 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Tablet_PC_Handling/(lang)/en) [Abruf: 05.03.2025])
- European Space Agency
(Hrsg.)** (2015) Astronaut training: Astronaut training: Haptics/Interact - Interact Protocol 2, o. O. 2015 ([https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/\(lang\)/en](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/09/Astronaut_training_Haptics_Interact_-_Interact_Protocol_2/(lang)/en)) [Abruf: 05.03.2025])
- European Space Agency
(Hrsg.)** (o. J.) What is PANGAEA?, o. O. o. J. (https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/CAVES_and_Pangaea/What_is_PANGAEA [Abruf: 22.07.2025])
- European Space Agency
(Hrsg.)** (o. J.) Matthias Maurer, o. O. o. J. (https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Deutschland_Weltraum/Matthias_Maurer [Abruf: 23.06.2025])
- Kaeser, Melanie** (2022) User-Centered_design Prozess, Chur 2022 (<https://blog.fhgr.ch/uxblog/ucd-prozess/> [Abruf: 13.06.2025])
- Figma Inc.
(Hrsg.)** (o. J.) Figma für Prototypen - Realistische Nutzererfahrungen in Sekundenschnelle, Berlin o. J. (<https://www.figma.com/de-de/prototypen/> [Abruf: 22.07.2025])
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Informations-technik FIT
(Hrsg.)** (2025) DIN EN ISO-Normen für Usability Engineering, Sankt Augustin 2025 (<https://www.usability-ux.fit.fraunhofer.de/de/richtlinien-und-standards.html> [Abruf: 02.04.2025])
- Freistetter, Florian** (2020) Sternengeschichten Folge 386: Die Pole des Mondes, Leinfelden-Echterdingen 2020 (<https://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2020/04/17/sternengeschichten-folge-386-die-pole-des-mondes/> [Abruf: 02.04.2025])

German UPA e.V. (Hrsg.)	(o. J.) ISONORM 9241/110, Magdeburg o.J. (https://germanupa.de/wissen/fragebogenmatrix/isonorm-9241110 [Abruf: 13.06.2025])
Gleisberg, Jens	(2024) Der Mond auf der Erde: Mondsimulationsanlage in Köln ist eröffnet, Köln 2024 (https://www1.wdr.de/nachrichten/rheinland/eroeffnung-dlr-mondanlage-luna-koeln-porz-100.html [Abruf: 04.03.2025])
GMUNK Inc. (Hrsg.)	(2013) Oblivion GFX, Berkeley 2013 (https://gmunk.com/Oblivion-GFX [Abruf: 06.03.2025])
Gradwohl, Uwe	(2022) 50 Jahre nach Apollo 17 - Die Rückkehr zum Mond, Stuttgart 2022 (https://www.swr.de/swrkultur/wissen/50-jahre-apollo-17-mond-mission-100.html [Abruf: 20.05.2025])
Impulsphase – Agentur für digitales Marketing (Hrsg.)	(2025) User-Centered-Design, Hamburg 2025 (https://www.impulsphase.de/wiki/user-centered-design [Abruf: 13.06.2025])
Interaction Design Foundation (Hrsg.)	(2025) User-Centered-Design (UCD), Tranbjerg 2025 (https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design [Abruf: 13.06.2025])
Kayse, Rainer	(2012) Schmutziger Schnee an den Mondpolen, Bad Honnef 2012 (https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/nachrichten/2012/schmutziger-schnee-an-den-mondpolen/ [Abruf: 02.04.2025])
Kring, Friedhelm	(2023) Die Grundsätze der Dialoggestaltung nach ISO 9241-110, Kissing 2023 (https://www.weka-manager-ce.de/betriebsanleitung/grundsaeetze-dialoggestaltung-iso-9241-110/ [Abruf: 12.06.2025])
Lorenzen, Dirk	(2025) Platz für eine Raumstation mit Sonne und Eis?, Köln 2025 (https://www.deutschlandfunk.de/sternzeit-7-februar-2025-bester-blick-auf-das-traumziel-mondsuedpol-100.html [Abruf: 02.04.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Aufgabenangemessenheit, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/aufgabenangemessenheit/ [Abruf: 12.06.2025])

M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Erwartungskonformität, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/erwartungskonformitaet/ [Abruf: 12.06.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Fehlertoleranz, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/fehlertoleranz/ [Abruf: 12.06.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Individualisierbarkeit, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/individualisierbarkeit/ [Abruf: 12.06.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Lernförderlichkeit, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/lernfoerderlichkeit/ [Abruf: 12.06.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Selbstbeschreibungsfähigkeit, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/selbstbeschreibungsfahigkeit/ [Abruf: 12.06.2025])
M8 SYNN GmbH (Hrsg.)	(2022) ISO 9241:10 Steuerbarkeit, Augsburg 2022 (https://www.handbuch-usability.de/grundlagen/normen-und-standards/iso-9241/steuerbarkeit/ [Abruf: 12.06.2025])
Max, Arthur	(o. J.) Earth calling Mars, London o. J. (https://territorystudio.com/project/the-martian/ [Abruf: 06.03.2025])
National Aeronautics and Space Administration (Hrsg.)	(2025) Analog Missions, o. O. 2025 (https://www.nasa.gov/analog-missions/ [Abruf: 23.05.2025])
National Aeronautics and Space Administration (Hrsg.)	(2025) Hera, o. O 2025 (https://www.nasa.gov/mission/hera/ [Abruf: 23.05.2025])
Pelz, Alexander	(2023) Usability & Interaktionsprinzipien, Hannover 2023 (https://ux-ui-design.de/usability-interaktionprinzipien/ [Abruf: 12.06.2025])

- Technische Universität Berlin (Hrsg.)** (o. J.) Polargabiete des Mondes, Berlin o. J. (<https://www.tu.berlin/planet/forschung/polargebiete-des-mondes> [Abruf: 02.04.2025])
- The International Space Exploration Coordination Group (Hrsg.)** (o. J.) Global Exploration Roadmap, o. O. o. J. (https://www.globalspaceexploration.org/?page_id=1371 [Abruf: 20.08.2025])
- Vinney, Cynthia** (2025) What is UX design? Dublin 2025 (<https://www.uxdesigninstitute.com/blog/what-is-ux-design/> [Abruf: 13.06.2025])
- Volpe, Rich** (o. J.) Applications, Pasadena, o. J. (<https://www-robotics.jpl.nasa.gov/what-we-do/applications/user-interfaces/> [Abruf: 06.03.2025])
- Webedia GmbH (Hrsg.)** (2022) Oblivion, Berlin 2022 (<https://www.filmstarts.de/kritiken/27405.html> [Abruf: 06.03.2025])
- Willig, Hans-Peter** (2025) Mondpole, München 2025 (<https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Mondpole> [Abruf: 02.04.2025])
- Zeches, Lucie** (2022) Auf der Jagd nach Weltraumressourcen, o. O. 2022 (<https://researchersdays.science.lu/de/researchers-days-2022/auf-der-jagd-nach-weltraumressourcen> [Abruf: 20.03.2025])



Folgende Erklärung **muss** die Thesis enthalten:

Erklärung:

Hiermit versichere ich, dass die Thesis meines Masterprojektes

mit dem Thema: „Entwicklung astronautenzentrierter
Nutzerschnittstellen für planetare Missionen“

selbständig verfasst und keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt wurden.

Die Stellen der Arbeit, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht.

Dies gilt auch für aufgeführte Abbildungsbeispiele.

Essen, 05.09.2025

Datum



Unterschrift