

# Design und Evaluation eines non- vs. quasimodalen UI für das gesten-gesteuerte Teach-in eines Roboters

Damian Brettmeister<sup>1</sup>, Paul Chojecki<sup>1</sup>

Immersive Medien und Kommunikation (IMC), Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI<sup>1</sup>

damian.brettmeister@hhi.fraunhofer.de,  
paul.chojecki@hhi.fraunhofer.de

## Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Entwicklung und Evaluierung eines User Interfaces (UI) für die berührungslose Gestensteuerung eines Roboters. Es wurde untersucht, inwieweit die Konzepte der Non- und Quasimodalität von Jef Raskin die Gestaltung von menschenzentrierten UIs für die berührungslose Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) begünstigen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Entwicklungsprozess für neue Arten der Mensch-System-Interaktion, wie der berührungslosen MRI, durch die Anwendung der Konzepte von Anfang an und auf einer fundamentalen Ebene unterstützt wird. Die Durchführung und Auswertung von Usability-Tests bestätigte, dass sowohl das quasimodale als auch das non-modale UI eine hohe menschenzentrierte Qualität aufweisen und die Anwendung der Konzepte Modus-Fehler in der Interaktion weitgehend vermeidet.

## 1 Einleitung

Die Forschungsgruppe „Immersive Medien und Kommunikation“ (IMC) des Fraunhofer HHI erforscht im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundvorhabens EASY-COHMO neue Arten der Mensch-Roboter-Interaktion und -Kooperation. Es wird angenommen, dass zukünftig der Einsatz von Robotern in der Industrie weiter an Bedeutung gewinnt. Diese Roboter müssen möglichst flexibel einsetzbar sein, um auf sich wandelnde Anforderungen der Produktion reagieren zu können. Für diesen Kontext ist der Einsatz von einfach programmierbaren Robotern in hohem Maße geeignet (Pedersen & Krüger, 2015). Die Programmierung eines Roboters durch Gesten stellt eine intuitive und leicht zu erlernende Technik dar, um diesen Anforderungen gerecht zu werden (Simao et al., 2016). Roboteras-

sistenzsysteme könnten zukünftig dazu dienen, körperlich anspruchsvolle, repetitive und ergonomisch unzureichende Arbeitsaufgaben zu übernehmen. Der Einsatz solcher Roboterassistenten führt dazu, dass Menschen verstärkt mit Systemen interagieren, die sich von den klassischen Arbeitssystemen wie Desktop-Computern oder Maschinen in der Fertigung stark unterscheiden. Für jede Art der Mensch-System-Interaktion wird ein User Interface benötigt, welche diese Interaktion erst ermöglicht. Diese Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine sollten möglichst an die Bedürfnisse des Menschen angepasst sein (Tsarouchi et al., 2016). Die menschenzentrierte Gestaltung unterstützt die Entwicklung gebrauchstauglicher und zugänglicher UI, welche zu einem insgesamt positiven Benutzererlebnis führen und nutzungsbedingte Schäden verhindern (Normentwurf DIN EN ISO 9241-11:2016). Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand daher in der Entwicklung und Evaluierung eines menschenzentrierten User Interfaces für die berührungslose Programmierung eines Roboters. Die Konzepte zur Non- und Quasimodalität von Raskin wurden als Entwicklungsgrundlage herangezogen und hinsichtlich ihres Nutzens zur Realisierung des Ziels evaluiert.

In Abschnitt 2 wird die MRI, für welche das UI entwickelt werden soll, näher erläutert. Anschließend folgen die Beschreibungen des State of the Art von Kriterien der menschenzentrierten Gestaltung und die Forschungsfrage. In Kapitel 4 wird ein Lösungsansatz dargestellt, der die Entwicklung menschenzentrierter UI unterstützen soll und in Kapitel 5 die zugrundeliegenden Konzepte näher ausgeführt. Kapitel 6 legt das empirische Vorgehen und Methoden zur Ergebnisauswertung dar. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse und Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchung abgebildet und Handlungsempfehlungen für weitere Iterationsschritte abgeleitet.

## 2 Szenario

In dem der Arbeit zugrundeliegenden Szenario trägt der Nutzer eine AR-Brille (Ausgabegerät) und programmiert dem Roboter durch die Verwendung von räumlichen Handgesten (Eingabe) einen „pick-and-place“-Arbeitsablauf ein. Der Arbeitsablauf sieht vor, dass der Roboter einen Rohling, der sich auf Arbeitsfläche 1 befindet, aufhebt und diesen von einer Maschine, die sich auf der Arbeitsfläche 2 befindet, verarbeiten lässt. Das Produkt dieses Prozesses soll anschließend vom Roboter auf der Arbeitsfläche 3 abgelegt werden (siehe Abbildung 1 links).



Abbildung 1 links: Visualisierung der Arbeitsflächen  
rechts: Aufbau der MRI mit Nutzer/VP in der Mitte und Wizard (Roboter-Imitation) links

Um den Roboter für diesen Arbeitsablauf zu programmieren (Teach-in Verfahren), führt der Nutzer den Arbeitsablauf zuerst selbst aus. Während der Programmierung beobachtet der Roboter den Nutzer und speichert die per Handgesten übermittelten Befehle des Nutzers als einzelne Arbeitsschritte des Ablaufs (siehe Abbildung 1 rechts). Die Programmierung eines Arbeitsschrittes erfordert maximal zwei Handgesten: eine zur Auswahl der Arbeitsfläche und eine Aktionsgeste. Der Nutzer erhält über die AR-Brille ein visuelles Feedback für die Eingaben und den bisher gespeicherten Arbeitsablauf.

### 3 Problemstellung

Da für dieses spezielle Szenario keine Referenz-User Interfaces zugänglich waren und sich somit nicht an bewährten Lösungen orientiert werden konnte, wurde der State of the Art zur Entwicklung von User Interfaces im Allgemeinen untersucht. Der Standard DIN EN ISO 9241 mit dem Titel „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ stellte dafür grundlegende Definitionen und Richtlinien für die Gestaltung von User Interfaces zur Verfügung. Durch die Weiterentwicklung des Standards beschränkt sich die Norm seit 2006 nicht mehr ausschließlich auf Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, sondern beschreibt darüber hinaus Richtlinien, um interaktive Systeme so zu gestalten, dass sie eine möglichst hohe menschenzentrierte Qualität aufweisen. Damit diene die Norm als Grundlage für die untersuchte Mensch-Roboter-Interaktion. Der Begriff der menschenzentrierten Qualität beschreibt das „Ausmaß, in dem Anforderungen hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, Zugänglichkeit, User Experience und Vermeidung von nutzungsbedingten Schäden erfüllt werden“ (Normentwurf DIN EN ISO 9241-11:2016, S. 11). Die im Standard enthaltenen Konzepte dienen als Richtlinie für den Entwurf und die Bewertung der in dieser Arbeit beschriebenen User Interfaces. Die Norm stellt jedoch keine konkreten Handlungsanweisungen bereit, wie ein bestimmtes User Interface möglichst menschenzentriert gestaltet werden kann. Jef Raskin (2000) beschreibt in seinem Buch „The humane interface“ Konzepte, welche dazu dienen die Entwicklung von Interfaces zu unterstützen. In dieser Arbeit wurden die Konzepte dahingehend untersucht, ob sie sich für die Gestaltung eines User Interfaces für die berührungslose Gesten-

steuerung eines Roboters eignen. Die Bewertung erfolgte anhand der Kriterien der DIN EN ISO 9241.

## 4 Lösungsansatz

Raskin stellt mit den Konzepten der non-modalen und quasimodalen Interfaces handlungsweisende Empfehlungen für die Entwicklung von Interfaces zur Verfügung. Eine Beschreibung der Konzepte wird in Abschnitt 5 vorgenommen. Werden diese Konzepte berücksichtigt, entstehen laut Raskin besonders nutzerfreundliche und leicht zu erlernende Interfaces. Die hohe menschenzentrierte Qualität der Interfaces wird durch eine effektive Vermeidung von Modus-Fehlern erreicht, welche für den Nutzer besonders unangenehm sind und zu erheblichen Schäden führen können (Raskin, 2000).

Ein Beispiel für einen Modus-Fehler stellt das versehentliche Großschreiben bei aktivierter Feststelltaste dar. Das (in diesem Fall unbeabsichtigte) Betätigen der Feststelltaste löst den Modus „Großschreibung“ aus. Als visuelles Feedback für den Modus leuchtet eine LED auf der Tastatur auf. Weil das Zentrum der Aufmerksamkeit des Nutzers aber der Text auf dem Monitor ist, wird dem Nutzer der aktivierte Modus nicht bewusst und er schreibt versehentlich Großbuchstaben. Das Interface ist, der Argumentation Raskins folgend, für diesen Nutzer modal. Erregt das visuelle Feedback für die den aktivierten Modus „Großschreibung“ jedoch die Aufmerksamkeit des Nutzers, wird ihm dadurch der Modus bewusst. Er kann den Modus deaktivieren, bevor ihm ein Modus-Fehler unterläuft. In diesem Fall ist das Interface für den Nutzer non-modal. Die Definition für ein non-modales Interface wird in Abschnitt 5 vorgestellt.

Raskin stellt ebenfalls fest, dass die Verwendung der Umschalttaste nicht zu Modus-Fehlern führt. Im Gegensatz zur Feststelltaste muss der Nutzer den Modus in diesem Fall aktiv durch anhaltendes Betätigen der Taste aufrechterhalten, was Modus-Fehlern vorbeugt. Die Umschalttaste dient in diesem Fall als ein Beispiel für ein quasimodales Interface. Bei quasimodalen Interfaces muss die Information über den aktivierten Modus nicht zum Zentrum der Aufmerksamkeit des Nutzers werden.

## 5 Vorgehen und Beschreibung der unterschiedlichen Ansätze

Im Rahmen der Arbeit wurden zwei verschiedene Wizard of Oz-Prototypen für die gestenbasierte MRI entwickelt. Die beiden Prototypen repräsentieren jeweils eines der Konzepte von Raskin.

Dabei wurde ein User Interface als non-modales und das andere als quasimodales Interface entworfen. Als non-modal bezeichnet Raskin Interfaces, bei denen der Zustand des Systems das Zentrum der Aufmerksamkeit des Nutzers ist und ein und dieselbe Geste, abhängig vom

Systemzustand, unterschiedliche Ausgaben erzeugt. Da sich der Nutzer des Systemzustands bewusst ist, wird Modus-Fehlern effektiv vorgebeugt (Raskin, 2000). Das UI für diesen Ansatz basiert auf diskreten Gesten und zustandsanzeigenden Elementen im Graphical User Interface (GUI). Im Weiteren wird dieses UI als „non-modales UI“ bezeichnet, da die GUI-Elemente die Aufmerksamkeit des Nutzers auf den modusauslösenden Zustand lenken sollten.

Quasimodale Interfaces sind Interfaces, bei denen der Nutzer den modusauslösenden Zustand des Systems aktiv durch Muskelaktivität aufrechterhalten muss. Der Zustand muss dabei nicht das Zentrum der Aufmerksamkeit des Nutzers sein. Allein das aktive Halten des Zustands führt zur effektiven Vermeidung von Modus-Fehlern (Raskin, 2000). Das UI für diesen Ansatz, welches im Folgenden als „quasimodales UI“ bezeichnet wird, basiert auf kontinuierlichen Gesten und weniger GUI-Elementen als der erste Ansatz.

Um die Vergleichbarkeit zwischen den beiden User Interfaces zu gewährleisten, wurden sowohl die Gesten als auch die GUIs nur dann abgewandelt, wenn dies zur Umsetzung der jeweiligen UI-Modalität notwendig war, alle anderen Parameter wurden konstant gehalten.

Die Unterschiede der Ansätze werden exemplarisch in Abbildung 2 dargestellt. Die Abbildungen stellen jeweils den Arbeitsschritt dar, in dem der Rohling von der ersten zur zweiten Arbeitsfläche transportiert wird (siehe Abschnitt 2).

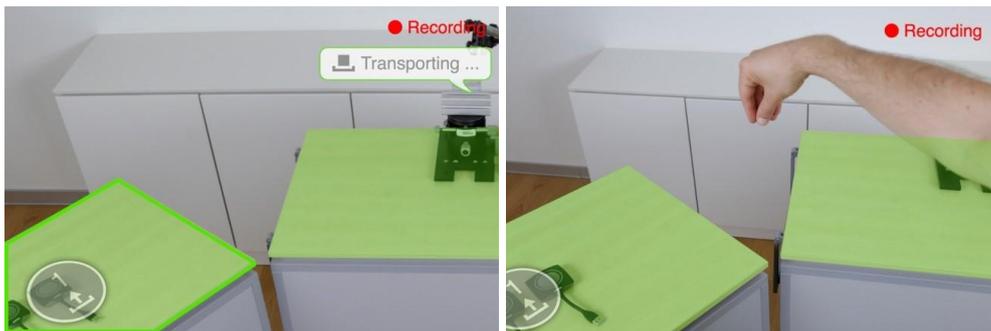


Abbildung 2 links: non-modales UI mit zusätzlicher Statusanzeige für den zuvor durch die pick-Handgeste aktivierten Transportmodus; rechts: quasimodales UI mit kontinuierlich ausgeführter pick-Geste

## 6 Empirisches Vorgehen und Methoden zur Bewertung

Um die beiden Ansätze vergleichen zu können, wurden für die erste Iteration der UI-Entwicklung Usability-Tests mit 12 Teilnehmenden durchgeführt. Diese wurden so ausgewählt, dass sie über unterschiedliche Vorkenntnisse im Umgang mit AR-Technologien und dem zugrundeliegenden Szenario verfügten, denn das UI soll sowohl für Experten, als auch für unerfahrene Nutzer einfach zu bedienen sein. Die Stichprobengröße  $N=12$  wurde gewählt, um ein optimales Verhältnis zwischen Nutzen (aufgedeckte Usability-Probleme) und Kosten (Aufwand der Durchführung und Auswertung der Tests) zu erreichen (Nielsen &

Landauer, 1993). Die Teilnehmenden lösten mit beiden Prototypen jeweils eine vordefinierte Aufgabe. Die Reihenfolge der verwendeten Prototypen wurde quasi-randomisiert den Teilnehmenden zugeordnet, um einer voreingenommenen Bewertung der User Interfaces entgegenzuwirken.

In den Usability-Tests wurden die beiden Interfaces bezüglich ihrer menschenzentrierten Qualität und der Häufigkeit von Modus-Fehlern bewertet. Die Einzelevaluation jeden Prototyps erfolgte in einer offenen, teilnehmenden Beobachtung und einer anschließenden Befragung mit einem standardisierten Fragebogen. Anschließend erfolgte eine vergleichende Bewertung der Prototypen mit einem selbst entwickelten Fragebogen.

Der standardisierte User Experience Questionnaire (UEQ) wurde zur Einzelbewertung der beiden User Interfaces hinsichtlich der User Experience verwendet. Gleichzeitig wurden die UEQ-Ergebnisse zur Evaluation der subjektiven Zufriedenheit als Teilaspekt der Gebrauchstauglichkeit verwendet. Die Effektivität (erfolgreiches Programmieren des vollständigen Ablaufs) und Effizienz (Anzahl der ausgeführten Gesten) wurden als weitere Aspekte der Gebrauchstauglichkeit mittels der Beobachtungsprotokolle ermittelt. Diese wurden ebenfalls für jede Interaktionstechnik einzeln erfasst. Eine Auswertung der Vermeidung nutzungsbedingter Schäden und der Zugänglichkeit (weitere Aspekte der menschenzentrierten Qualität) erfolgte ebenfalls mittels der Beobachtungsprotokolle. Der Vergleich der Einzelbewertungen sollte sicherstellen, dass beide User Interfaces miteinander vergleichbar sind und jedes für sich über eine hohe menschenzentrierte Qualität verfügt. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl wurde keine inferenzstatistische Untersuchung vorgenommen.

Nachdem die Aufgabe für beide User Interfaces gelöst wurde, bewerteten die Teilnehmenden die beiden Interaktionstechniken zusätzlich mit Hilfe des selbst entwickelten, vergleichenden Fragebogens. In diesem konnten die Teilnehmenden die beiden User Interfaces hinsichtlich der Erlernbarkeit, der Effizienz, der persönlichen Präferenz und des Kontrollgefühls gegenüberstellend bewerten und ihre Bewertung begründen.

Um herauszufinden, welches der beiden User Interfaces Modus-Fehlern effektiver vorbeugt, wurde auch die Anzahl der begangenen Modus-Fehler gezählt. Führten Teilnehmende beispielsweise eine place-Geste auf einer nicht-selektierten Arbeitsfläche aus (sie teilten dem Roboter mittels einer Geste mit, was zu tun ist, aber nicht wo die Aktion auszuführen ist), so wurde dies als Fehler gezählt. Da das GUI-Element für die nicht-selektierte Arbeitsfläche nicht zum Zentrum der Aufmerksamkeit dieser Teilnehmenden wurde, handelt es sich bei dem Fehler um einen Modus-Fehler.

## 7 Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Usability-Tests

Beide User Interfaces wurden von den Teilnehmenden mittels des UEQ insgesamt positiv bewertet (siehe Abbildung 3). Auf einer siebenstufigen Bewertungsskala von -3 bis +3 erreichten beide User Interfaces einen arithmetischen Mittelwert von +1,9. Da beide UIs hinsichtlich der abgefragten Items im Durchschnitt gleich gut bewertet wurden, konnte auch ausgeschlossen werden, dass bei der Entwicklung eines der beiden UIs grundlegende Fehler

begangen wurden. Da beide UIs eine ähnlich hohe menschenzentrierte Qualität aufweisen, konnten sie für einen Vergleich der Ansätze zur Vermeidung von Modus-Fehlern herangezogen werden.

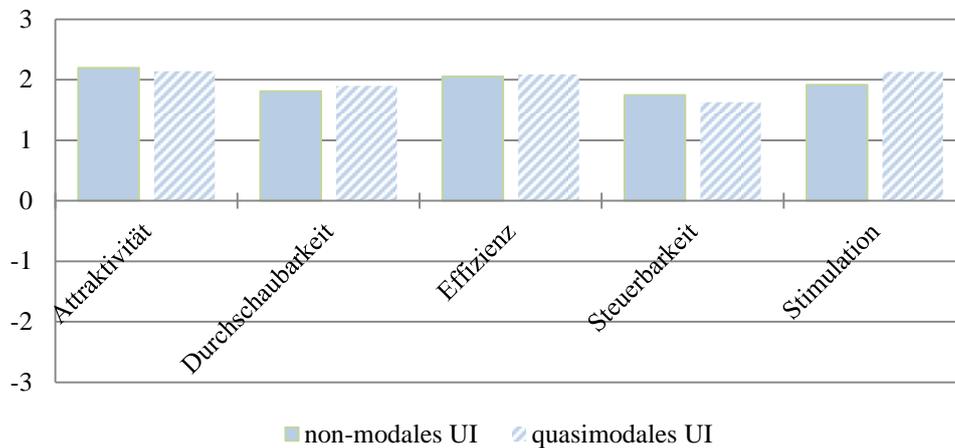


Abbildung 3: arithmetische Mittelwerte der Bewertungen mittels der UEQs

Die Auswertung der vergleichenden Fragebögen ergab, dass das non-modale Interface hinsichtlich der Effizienz und der persönlichen Präferenz, unabhängig von der Reihenfolge der getesteten Prototypen, besser bewertet wurde. Das quasimodale Interface wurde von den Teilnehmenden in Bezug auf die wahrgenommene Kontrolle bevorzugt (siehe Abbildung 4). Das Untersuchungsdesign und die stark variierende Bewertung lassen nicht den Schluss zu, dass ein User Interface gegenüber dem anderen als geeigneter angesehen werden kann.

Die geringe Abweichung der arithmetischen Mittelwerte von der neutralen/kein UI bevorzugenden Bewertung (entspricht dem Wert 0) stützt das Ergebnis der Einzelbewertungen, die beiden UIs eine gleich hohe menschenzentrierte Qualität beimisst.

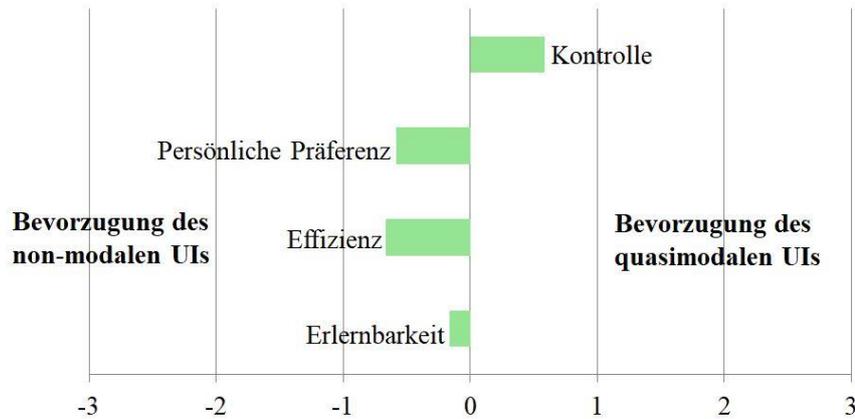


Abbildung 4: Ergebnisse der Auswertung des vergleichenden Fragebogens

Auch die Auswertung der Beobachtungsprotokolle stützt die Ergebnisse der Auswertung der Fragebögen weitgehend. In Bezug auf die Vermeidung von nutzungsbedingten Fehlern ergab sich bei der Auswertung der Beobachtungsprotokolle, dass drei der 12 Teilnehmenden bei der Verwendung des non-modalen Interfaces Modus-Fehler unterliefen. Diese Teilnehmenden führten die place-Geste auf Arbeitsfläche 2 aus, ohne diese vorher für eine Aktion auszuwählen. Die visuelle Mitteilung über den „nicht ausgewählt“-Zustand der Arbeitsfläche wurde in diesen Fällen nicht zum Zentrum der Aufmerksamkeit der Teilnehmenden. Das kann vielfältige Ursachen haben: Menschen nehmen ihre Umgebung, und damit auch das GUI, unterschiedlich wahr. Dies gilt nicht nur für verschiedene Personen, sondern auch für ein und dieselbe Person. Sie kann die gleiche Situation ganz anders wahrnehmen, je nachdem, wie abgelenkt sie gerade ist oder in welchem emotionalen Zustand sie sich befindet. Da Arbeitsfläche 2 der Arbeitsplatz war, auf dem die meisten Aktionen ausgeführt werden mussten (Rohmaterial ablegen, verarbeiten und Edukt aufnehmen), ist es möglich, dass die Teilnehmenden sich auf diese Aktionen konzentrierten und dadurch der Zustand der Arbeitsfläche nicht ihr Zentrum der Aufmerksamkeit war. Gleichzeitig kann ein konstanter visueller Stimulus dazu führen, dass dieser nach einer gewissen Zeit nicht mehr ausreicht, um die Aufmerksamkeit der Person zu erregen. Nach der Definition von Raskin ist das Interface für diese Teilnehmenden also ein modales Interface.

Im weiteren Entwicklungsprozess dieses Interfaces sollte versucht werden, das GUI so zu überarbeiten, dass der Zustand der Arbeitsfläche für jeden Nutzer zum Zentrum der Aufmerksamkeit wird, sobald mit dieser interagiert werden soll. Die schriftlichen Anmerkungen der Teilnehmenden im vergleichenden Fragebogen legten ebenfalls nahe, dass auch das visuelle Feedback für den Zustand „transporting“ nicht jederzeit bewusst wahrgenommen wurde oder ihnen der Zustand nach kurzer Zeit wieder „entfiel“.

Das quasimodale Interface beugt Modus-Fehlern effektiv vor. Bei der Verwendung dieses Interfaces kam es zu keinem Modus-Fehler. Das aktive Ausüben einer Kraft führt zu einem konstanten Stimulus der Nerven, welcher vom Nutzer solange wahrgenommen wird, bis die Geste gelöst wird (Sellen et al., 1992). Dadurch ist dem Nutzer der aktuelle Zustand des Systems jederzeit bewusst und Modus-Fehlern wird effektiv vorgebeugt. Gleichzeitig gaben die Teilnehmenden im vergleichenden Fragebogen an, dass ihnen der Zustand „transporting“ durch das Halten der Geste deutlich vermittelt wurde.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Konzepte von Raskin die Entwicklung eines Interfaces für die Mensch-Roboter-Interaktion unterstützen können. Dem Entwickler werden damit handlungsweisende Ansätze zur Vermeidung von Modus-Fehlern bereitgestellt, welche offenbar auch bei der Entwicklung neuer Benutzungsschnittstellen hilfreich sind.

In einem nächsten Iterationsschritt soll das GUI des ersten Ansatzes, insbesondere die Anzeige für den Zustand einer nicht ausgewählten Arbeitsfläche, so überarbeitet werden, dass dieser das Zentrum der Aufmerksamkeit des Benutzers ist, sobald mit der Arbeitsfläche interagiert werden soll.

Das quasimodale Interface weist insbesondere hinsichtlich der Geste zur Auswahl einer Arbeitsfläche Verbesserungspotential auf. Im nächsten Iterationsschritt sollte daher geprüft werden, ob ein Ablegen der Hand auf der Arbeitsfläche dazu führt, dass das Halten der Geste vom Nutzer als weniger anstrengend wahrgenommen wird.

## Autoren



### Brettmeister, Damian

Damian Brettmeister studierte Wirtschaftsingenieurwesen (B. Sc.) am KIT in Karlsruhe und praktische Informatik (M. Sc.) an der Fernuniversität in Hagen. Bereits während seines Studiums war er beim Fraunhofer HHI in Berlin als Werkstudent im Bereich Webentwicklung beschäftigt. Seine Masterarbeit befasste sich mit der Gestaltung von User Interfaces für die Mensch-Roboter-Interaktion. Nach seinem Abschluss wurde er vom Fraunhofer HHI in ein volles Beschäftigungsverhältnis übernommen. Dort entwickelte er eine Anwendung zur Verwaltung von Publikationsdatensätzen und plant die Neugestaltung des Intranets.



### Chojecki, Paul

Paul Chojecki ist Dipl. Psychologe und vertritt am Fraunhofer HHI den Bereich der berührungslosen Mensch-Technik-Interaktion. Er entwickelt und leitet F&E-Projekte in denen kamerabasierte Technologien und Interaktionslösungen z. B. für Anwendungen im Automobil, der Medizin oder der Telekommunikation entwickelt werden. Chojecki ist ein Experte auf den Gebieten der Human-Computer Interaction, dem Usability Engineering und dem Innovationsmanagement.

## 8 Literaturverzeichnis

- Normentwurf, DIN EN ISO 9241-11:2016 (09.12.2016). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO/DIS 9241-11.2:2016)*.
- Nielsen, J. & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. In B. Arnold, G. van der Veer & T. White (Hrsg.), *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '93* (S. 206–213). New York, New York, USA: ACM Press.
- Pedersen, M. R. & Krüger, V. (2015). Gesture-Based Extraction of Robot Skill Parameters for Intuitive Robot Programming. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 80 (S1), 149–163. <https://doi.org/10.1007/s10846-015-0219-x>
- Raskin, J. (2000). *The humane interface. New directions for designing interactive systems*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley.
- Sellen, A., Kurtenbach, G. & Buxton, W. (1992). The Prevention of Mode Errors Through Sensory Feedback. *Human-Computer Interaction*, 7 (2), 141–164. [https://doi.org/10.1207/s15327051hci0702\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327051hci0702_1)
- Simao, M., Neto, P. & Gibaru, O. (2016). Natural control of an industrial robot using hand gesture recognition with neural networks. In *IECON 2016 23.10.2016 - 26.10.2016* (S. 5322–5327). <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7793333>
- Tsarouchi, P., Athanasatos, A., Makris, S., Chatzigeorgiou, X. & Chryssolouris, G. (2016). High Level Robot Programming Using Body and Hand Gestures. *Procedia CIRP*, 55, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.020>