

Professionelle Human Machine Interfaces – vom Bedienkonzept zum interaktiven physisch-digitalen Prototyp

Sebastian Lorenz¹

Juniorprofessur für technisches Design, Technische Universität Dresden¹

sebastian.lorenz3@tu-dresden.de

Zusammenfassung

Dieser Workshopbeitrag soll anhand des Beispiels eines Interaktionsprototypen für eine Fernsteuerung für Bagger, eine Diskussion darüber eröffnen, wie die Interaktion mit Maschinen wieder physischer werden kann. Ferner sollen Ansätze vorgestellt werden, die die Möglichkeiten neue Formen haptischer Interaktion im professionellen Arbeitskontext beschreiben.

Das ausgewählte Beispiel, das Bedienkonzept „Movable HMI“, entstand 2016 im Rahmen eines interdisziplinären Studierendenprojektes. Der Ansatz einer gestenbasierten Maschinensteuerung wurde hinsichtlich erforderlicher Funktionalitäten und Technologien durchdacht und mithilfe von Augmented-Reality- und Virtual-Reality-Technologien (AR, VR) in einen interaktiven Demonstrator umgesetzt. Dieser macht damit ein gänzlich unkonventionelles Bedienansatz begreifbar.

1 Professionelle Anwendungen von Morgen und Potential multimodaler Bedienkonzepte

Die Bedienung von Arbeitsmaschinen setzt heute in den meisten Fällen eine gute Kenntnis der Maschine und der dazugehörigen Funktionsmechanismen und Arbeitsprozesse voraus. Das manuelle steuern der Prozessparameter und Maschinenfunktionen profitiert sowohl von diesem Grundlagenwissen als auch von Erfahrungswissen um auf Situationen angemessen reagieren und eine optimale Bedienung zu realisieren. Die voranschreitende Integration von Sensoren, Rechentechnik in die Maschinen und die Vernetzung dieser, ermöglicht dabei die Bereitstellung nützlicher Informationen. Das bedeutet aber auch, dass die Informationsmenge die

vom Bediener aufgenommen, verarbeitet und verstanden werden muss stetig steigt. Eine Situation die zu kognitiver Überforderung bei der Bedienung führen kann. Eine Lösung für dieses Problem stellen die Automatisierung von Teilfunktionen oder sogar vollautomatisierte Fahrzeuge oder Werkzeuge sowie in die Bedienumgebung integrierte Assistenzfunktionen dar. Diese Technologien reduzieren den Umfang und die Tiefe der Bedienaufgaben und unterstützen den Bediener bei der Bewertung der Situation und der Reaktion darauf. Das führt überdies aber dazu, dass die zugrundeliegenden Funktionsweisen und Prozesse, die aufgrund der oben beschriebenen Entwicklungen eher an Komplexität und Anzahl zunehmen, nicht mehr wahrgenommen werden. Um im Havariefall oder bei Ausfall eines dieser Systeme angemessen reagieren zu können ist ein tiefes Wissen beim Bediener erforderlich. Die Verlagerung von aktiver Maschinenbedienung hin zu Aufgaben der Prozessüberwachung, wie er beispielsweise bei Selbstfahrern wie Mähdreschern bereits Realität ist, wird sich zukünftig auch in anderen Anwendungen Einzug halten. Der Maschinenführer sieht sich also Maschinen gegenüber, die von ihm umfangreiches Detailwissen über die Maschine auf der einen Seite und ein komplexes Prozessverständnis fordern.

Neben der Weiterentwicklung der Assistenzsysteme, werden adaptive, multimodale Bedienumgebungen dazu beitragen, die Bedienung solcher Maschinen zu ermöglichen, ohne den Nutzer zu über- oder unterfordern. Solche Bedienumgebungen müssen dazu die richtige Information, auf dem richtigen Weg zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitstellen. Durchdachte Bediensysteme können, durch die Gestaltung der Bedienelemente, Fehlbedienungen vermeiden helfen.

In diesem Kontext entstanden in einem interdisziplinären Entwurfsprojekt, mit Studierenden aus den Fachbereichen Baumaschinentechnik, Informatik und Technisches Design, mehrere Bedienkonzepte, für die Bedienung eines Hydraulikbaggers.

2 Bedienkonzept „Movable HMI“

Als eines von vier entstandenen Bedienkonzepten nutzt „Movable HMI“ die Analogien zwischen Handgesten und den Bewegungen von Ausleger und Stiel eines Baggers, als Basis für eine haptische und gestenbasierte Maschinensteuerung. Abbildung 1 zeigt eine dieser Analogien. Mit den Fingern oder der Hand lässt sich die Bewegung von Ausleger und Stiel gut imitieren. Die Exploration dieses Ansatzes und die weitere Ausarbeitung erfolgte auch vor dem Hintergrund folgender Fragen: Erlaubt diese gestenbasierte Interaktion ein intuitiveres Bedienerleben? Lässt sich dieses in einer steileren Lernkurve messen?



Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bewegungsanalogie zwischen Handgeste und Maschinenkinematik

Vorarbeiten dazu lieferten bereits Yokokohji et al., mit dem „Tele - Operation System“ und Hayn & Schwarzmann (Hayn & Schwarzmann, 2012) Die im Rahmen der Arbeiten durchgeführte Usability-Tests belegen das Potential einer solchen Steuerung. Fehlendes Haptisches Feedback und eine schwierige Dauerhaltung des Arms zeigen Verbesserungspotential. Das entwickelte Bedienkonzept untersucht daher die Bedienmöglichkeiten ausschließlich durch Handgesten. Als Ergebnis intensiver Auseinandersetzung mit ergonomischen Faktoren, technischen Möglichkeiten zur Gestenerkennung und haptischem Feedback steht der technische Produktentwurf, zu sehen in Abbildung 2.

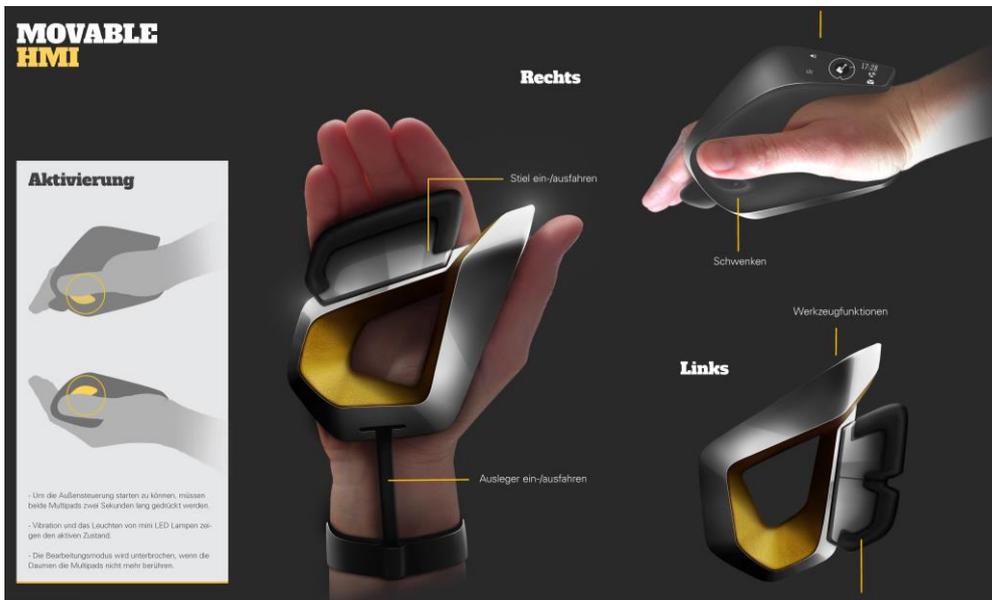


Abbildung 2: Designdarstellung der Fernbedienung mit Funktionsbeschreibung

Anders als herkömmliche Fernbedienungen nutzt das „Mobile HMI“-Konzept zwei kleinere Handfernbedienungen. Die Zuordnung der Bedienfunktionen auf die linke und die rechte Hand sind dabei weiterhin analog zur Kabinenlösung. Über das linke Gerät werden die Drehung des Oberwagens und des Löffels gesteuert. Da die Steuerung des Arbeitsgeräts eine gewisse Genauigkeit erfordert, wurde die Bedienung über eine Wippe realisiert. Das Prinzip der gegenläufigen Bewegung unterstützt das Gefühl für die Ansteuerung maßgeblich und lässt dem Bediener kleinste Positionsunterschiede spüren. Diese besitzen zudem Vibrationsmotoren und LED-Leuchten zur Erzeugung von weiteren vibratorischen und visuellen Feedbacksignalen, um eine möglichst reale und immersive Bedienumgebung zu schaffen. Der Nutzer kann eine lockere, beliebige Haltung annehmen, die Steuerungseinheiten schränken diese nicht ein. Da für die Steuerfunktionen nur die Handgelenk- und Fingerbewegungen erfasst werden, muss auf die Positionierung der Arme bei der Steuerung nicht geachtet werden.

Für die Weiterentwicklungen wurden zur Klärung ergonomischer Fragen und das Untersuchen der tatsächlichen Interaktion verschiedene Prototypen der Fernbedienung erzeugt. Einfache Schaummodelle halfen bei der Bewertung der Griffposition, des Tragekomforts und der Positionierung weiterer Bedienelemente. Mit Funktionsprototypen wurden die Interaktion und das Bedienerleben untersucht. Dazu wurden die Testfernbedienungen mit einfacher Sensor- und Steuertechnik ausgerüstet. Abbildung 3 zeigt links ein Ergonomiemodell der Fernbedienung. In der Mitte einen ersten Funktionsprototypen aus Pappe, ausgestattet mit Dreh- und Schiebepotentiometern sowie einem „Arduino“-Board als Steuergerät. Rechts ist das finale interaktive Fernbedienungsmodell zu sehen.



Abbildung 3: Finale Prototypen der Handfernbedienung (links) und virtuelles Bedienszenario (rechts)

Dieses ist in der Lage die Bedienbewegungen zu Erfassen in einer digitalen Simulationsumgebung abzubilden. Hier wurden dazu eine Baustellenumgebung und ein bedienbares Baggermodell mit der Unreal-Engine erzeugt. Die wesentlichen Maschinenfunktionen wie das Drehen des Oberwagens und die Steuerung von Ausleger und Werkzeug waren durch die Fernbedienung möglich. Abbildung 4 (links) zeigt die fertigen Prototypen beim Ausprobieren. Wie

in Abbildung 4 (rechts) zu sehen, wurde das virtuelle Szenario im Rahmen der Ergebnispräsentation durch eine großflächige Projektion visualisiert. Mit der Bewegung des digitalen Baggermodells lässt sich eine unmittelbare visuelle Rückmeldung auf die vorgenommenen Interaktionen an den Fernbedienungen erzeugen.



Abbildung 4: Finale Prototypen der Handfernbedienung(links) und virtuelles Bedienszenario (rechts)

3 Einordnung

Eine Probandenuntersuchung hat gezeigt, dass immerhin die Hälfte der Probanden nach der Benutzung der interaktiven Prototypen sich ein solches Konzept in einer realen Anwendung vorstellen könne, während vor dem Benutzen kein einziger von Ihnen angab, mit einer solchen Lösung arbeiten zu wollen. Das Projekt zeigt, dass Bedienumgebungen nicht nur physisch gut gestaltet sein müssen um eine gute Bedienung bereitzustellen. Vielmehr erfordert die Gestaltung der Interaktion an sich interaktive physisch-digitale Prototypen die das Bedienkonzept erlebbar machen. Das trifft umso mehr auf Konzepte zu, die sehr große Unterschiede zu herkömmlichen Lösungen aufweisen.

Jedoch hat sich die Diskussion um dieses Bedienkonzept, von einem generellen Anzweifeln der Funktionsfähigkeit, hin zu einer Detailbetrachtung, hinsichtlich Performance und haptischem Feedback, verschoben. Auch eine weitere Untersuchung hat gezeigt, dass für einen aussagekräftigen Vergleich des Fernbedienungskonzeptes mit einer herkömmlichen Joystick-basierten Baggersteuerung hinsichtlich der Usability bei konkreten Arbeitsaufgaben, diese prototypische Ausführung, in dieser Form, nicht ausreichend ist. Die Ungenauigkeit bei der Erfassung der Bewegungen, das fehlende permanente haptische Feedback bei der Bedienung, ein zu leichtes Gewicht und zu viel Spiel bei den Verstellbewegungen wurden kritisch von den Probanden bemerkt. Ein Nachweis der angestellten Vermutungen hinsichtlich Intuitivität der Bedienung und mögliche Einflüsse auf den Anstieg der Lernkurve, lassen sich mit diesem

Setup nur schwer nachweisen. Als Gründe dafür sind die im Rahmen des Studierendenprojektes bewusst einfache Umsetzung der Prototypen zu nennen. Auch stellt die Anwendung der Baggerbedienung besonders hohe Anforderung an Präzision und Feedback bei der Bedienung.

Literaturverzeichnis

- Hayn, H. and Schwarzmann, D. (2012). *Development of a haptically enhanced operational concept for hydraulic excavators*, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe Mess- und Regelungstechnik - Mechatronik, Department Maschinenbau, Band 1
- Yokokohji, Y., Iida, Y. and Yoshikawa, T. (2003). *'Toy Problem' as the Benchmark Test for Teleoperation Systems*, in *Advanced Robotics*, Vol.17, No.3, pp.253 – 273