

## **Grundlegende Untersuchung zur Wahrnehmung taktilen Feedbacks bei der Handgestensteuerung im OP. Gibt es einen Unterschied zwischen Männern und Frauen?**

Peter SCHMID, Thomas MAIER

*Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,  
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design, Universität Stuttgart,  
Pfaffenwaldring 9, D-70569 Stuttgart*

**Kurzfassung:** Die berührungslose Steuerung von medizinischen Geräten bietet einen großen Vorteil im Operationssaal. In Kombination mit einem taktilen Feedback kann dies den stark beanspruchten audiovisuellen Wahrnehmungskanal des Chirurgen zusätzlich entlasten und bietet die Möglichkeit, die Akzeptanz derzeitiger Gestensteuerungssysteme zu verbessern. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Studie vorgestellt, die die berührungslose Steuerung eines Sliders mit taktilem Feedback in Form einer taktilen Skala im Raum untersucht. Dazu wird eine Probandenstudie durchgeführt, anhand der die Wahrnehmung des taktilen Feedbacks auf eine männliche und weibliche Versuchsgruppe untersucht wird. Das taktile Feedback wird dabei von beiden Versuchsgruppen wahrgenommen und die Ausprägung des taktilen Feedbacks ist geschlechtsunabhängig.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Maschine-Schnittstelle, Mensch-Maschine-Interaktion, Taktile Slider, Ultraschallbasiertes Feedback, Design for All

### **1. Motivation**

Die Interaktion mit medizinischen Geräten während eines medizinischen Eingriffs im Operationssaal stellt für den Chirurgen eine große Herausforderung dar. Während eines medizinischen Eingriffs erfolgen die Interaktion und die Kontrolle der medizinischen Geräte unter ständiger Einhaltung strenger Hygienevorschriften. Daher bietet die berührungslose Steuerung von medizinischen Geräten im Operationssaal wesentliche Vorteile (Hurstel & Bechmann 2019). Allerdings werden berührungslose Interaktionsformen wie Blick-, Hand- und Sprachgestensteuerung aufgrund unzureichender Rückmeldungen für den praktischen Einsatz in der Medizin nur wenig akzeptiert. Aktuelle Gestensteuerungssysteme geben in der Regel nur audiovisuelles Feedback über die Auswahl einer Funktion. Folglich entlastet das auditive und visuelle Feedback den ohnehin schon stark belasteten audiovisuellen Wahrnehmungskanal des Chirurgen nicht. Studien von Stevenson et al. (2013) belegen einen sehr hohen Dauerlärmpegel in aktuellen Operationssälen, der konzentriertes Arbeiten erschwert. Der häufige Wunsch von Chirurgen ist daher eine haptische Rückmeldung ähnlich der Manipulation über ein physisches Bedienelement, bei der eine direkte Rückmeldung über die Auswahl einer Funktion gegeben wird. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Mensch-Maschine-Schnittstelle zu entwickeln, die eine sichere, intuitive und effiziente Interaktion gemäß des Ansatzes Design for All gewährleistet, ohne die Arbeit des Chirurgen zu beeinträchtigen. Dabei wird der Vorteil der kontaminationsfreien Interaktion der

Gestensteuerung mit einer taktilen Rückmeldung auf Basis von Ultraschallwellen kombiniert. Die Untersuchung erfolgt in Form einer taktilen Skala mit Basisparametern für den Skalenabstand sowie für die Feedbackintensität.

## 2. Methode

Die diskrete taktilen Skala wird dabei durch die Verlaufparameter Feedbackintensität und dem Skalenabstand zwischen den Rastpunkten charakterisiert (siehe Tabelle 1). Entlang des Stellwegs ist an jedem Rastpunkt entsprechend ein taktiler Feedback zu spüren. Die Rastpunkte werden in Tabelle 1 über Balken visualisiert, deren Höhe gleichzeitig die Feedbackintensität repräsentieren. Zur Identifizierung von Wahrnehmungsschwellwerten einer taktilen Basisskala werden in dieser Versuchsreihe Grundverläufe erstellt. Die Basisskala für die Versuchsreihe setzt sich aus einem über die Sliderlänge gleichbleibenden Skalenabstand  $x$  und einer über die Sliderlänge gleichbleibenden Intensität  $I$  zusammen. Die Feedbackintensität sowie der Skalenabstand werden in unterschiedlichen Kombinationen nach Normreihe R10 (DIN 323) zueinander variiert.

**Tabelle 1:** Übersicht Versuchsmerkmale sowie deren Parametereinstellungen

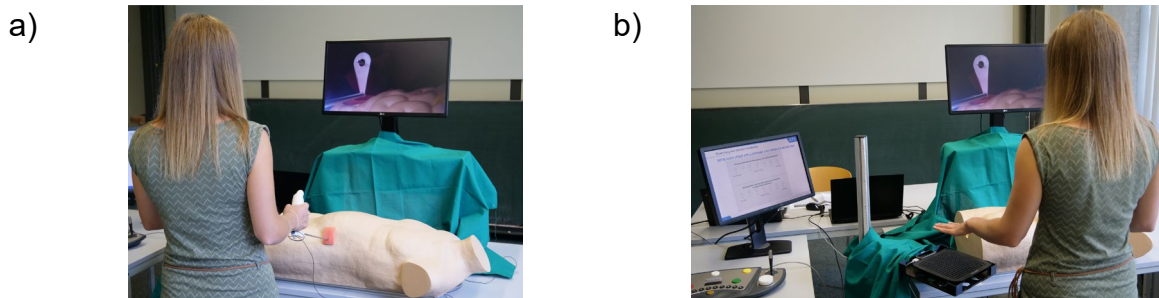
Das Diagramm zeigt eine 3D-Perspektive einer taktilen Skala. Eine horizontale Achse ist mit 'Stellweg s' beschriftet. Entlang dieser Achse sind zehn vertikale Balken (Rastpunkte) angeordnet. Der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Balken ist mit 'Skalenabstand x' markiert. Die Höhe der Balken ist mit 'Feedbackintensität I' beschriftet. Ein Pfeil zeigt die Intensität I an.

	Versuchsmerkmale																								
	V1.1.1	V1.1.2	V1.1.3	V1.1.4	V1.1.5	V1.2.1	V1.2.2	V1.2.3	V1.2.4	V1.2.5	V1.3.1	V1.3.2	V1.3.3	V1.3.4	V1.3.5	V1.4.1	V1.4.2	V1.4.3	V1.4.4	V1.4.5	V1.5.1	V1.5.2	V1.5.3	V1.5.4	V1.5.5
Intensität [%]	48					60					77					96					100				
Schalldruck [Pa]	540					674					865					1079					1124				
Skalenabstand [mm]	15,00	18,75	23,10	30,00	37,50	15,00	18,75	23,10	30,00	37,50	15,00	18,75	23,10	30,00	37,50	15,00	18,75	23,10	30,00	37,50	15,00	18,75	23,10	30,00	37,50

### 2.1. Studiendesign

Das Studiendesign besteht aus einem minimalinvasiven Operationsszenario an einem medizinischen Phantom, während der parallelen Ausführung einer Stellaufgabe (vgl. Abbildung 1). Bei einem minimalinvasiven, chirurgischen Eingriff in der Laparoskopie ist das präzise und konzentrierte Arbeiten des Chirurgen essenziell. Die Hauptaufgabe besteht daher aus der Bedienung eines Operationsinstruments mit der dominanten Hand. Der Zugang zur Bauchhöhle erfolgt durch eine Inzision auf der linken Körperseite des Phantoms. Der Blick in die beleuchtete Bauchhöhle des Phan-

toms wird mittels einer im Phantom integrierten Kamera in Echtzeit auf einem Bildschirm ermöglicht. Es wird darauf geachtet, dass die Hauptaufgabe im Arbeitszentrum des Probanden ausgeführt wird. Die feinmotorische Tätigkeit des Chirurgen wird mit einer Metallöse ( $\varnothing_{\text{innen}} = 8,00 \text{ mm}$ ) über einem Metallstift ( $\varnothing_{\text{außen}} = 3,00 \text{ mm}$ ) umgesetzt. Die Probanden halten die Metallöse möglichst ruhig über den Metallstift, ohne diesen zu berühren. Dabei wird die Anzahl an Berührungen in Form von elektrischen Kontakten detektiert. Bei diesem Test liegt der Fokus auf einer präzisen Arm- und Handstellung. Als Bedienelement für die Nebenaufgabe dient ein virtueller Slider, welcher über eine taktile Skala dem Nutzer Rückmeldung bezüglich der getätigten Einstellung vermittelt.



**Abbildung 1:** a) Hauptaufgabe mit dominanter Hand an medizinischem Phantom; b) Nebenaufgabe: Einstellen eines vorgegebenen Skalenwerts mit nicht dominanter Hand

## 2.2. Probandenkollektiv

Die Parameterkombinationen aus Tabelle 1 werden an 31 Probanden im Alter von 20 bis 54 Jahren ( $\bar{X} = 27,39 \text{ Jahre}$ ,  $SD = 6,05 \text{ Jahre}$ ) mit einem ausgeglichenen Geschlechterverhältnis (51,60 % männlich, 48,40 % weiblich) untersucht. Dazu werden die Versuchsteilnehmer anhand ihres Geschlechts in zwei Versuchsgruppen unterteilt. Das Durchschnittsalter der männlichen Probanden beträgt 28,38 Jahre ( $SD = 3,54 \text{ Jahre}$ ) und bei den weiblichen Probanden 26,33 Jahre ( $SD = 7,93 \text{ Jahre}$ ). Während der Versuchsdurchführung werden objektive Daten (Aufgabenerfüllung der Nebenaufgabe, Fehleranzahl der Hauptaufgabe, Bedienzeit) sowie subjektive Daten (Bewertung der Präzision und Ausprägung der Feedbackintensität) anhand einer 7-stufigen Likert-Skala von den Probanden erfasst.

## 3. Ergebnisse

Die erfassten Daten werden zunächst deskriptiv anhand von Balkendiagrammen sowie Box-Plots ausgewertet (vgl. Abbildung 2 und 3). Die Effektivität der Bedienungsaufgabe wird anhand der Fehleranzahl bei Ausführung der Hauptaufgabe sowie der Aufgabenerfüllung der Nebenaufgabe erfasst. Hinsichtlich der Aufgabenerfüllung ist erkenntlich, dass die weiblichen Probanden einen geringeren Skalenabstand (15,00 mm und 18,75 mm) in Kombination mit einer Feedbackintensität von 48 % und 60 % besser wahrnehmen als die männlichen Probanden. Eine Ausnahme bildet dabei Versuchsmerkmal V1.2.5. Bei beiden Versuchsgruppen ist eine Zunahme der Aufgabenerfüllung mit zunehmendem Skalenabstand ersichtlich. Mit den Versuchsmerkmalen V1.3.5, V1.5.4 und V1.5.5 erreicht die weibliche Versuchsgruppe die beste Aufgabenerfüllung (93,33 %), wohingegen die männliche Versuchsgruppe mit den

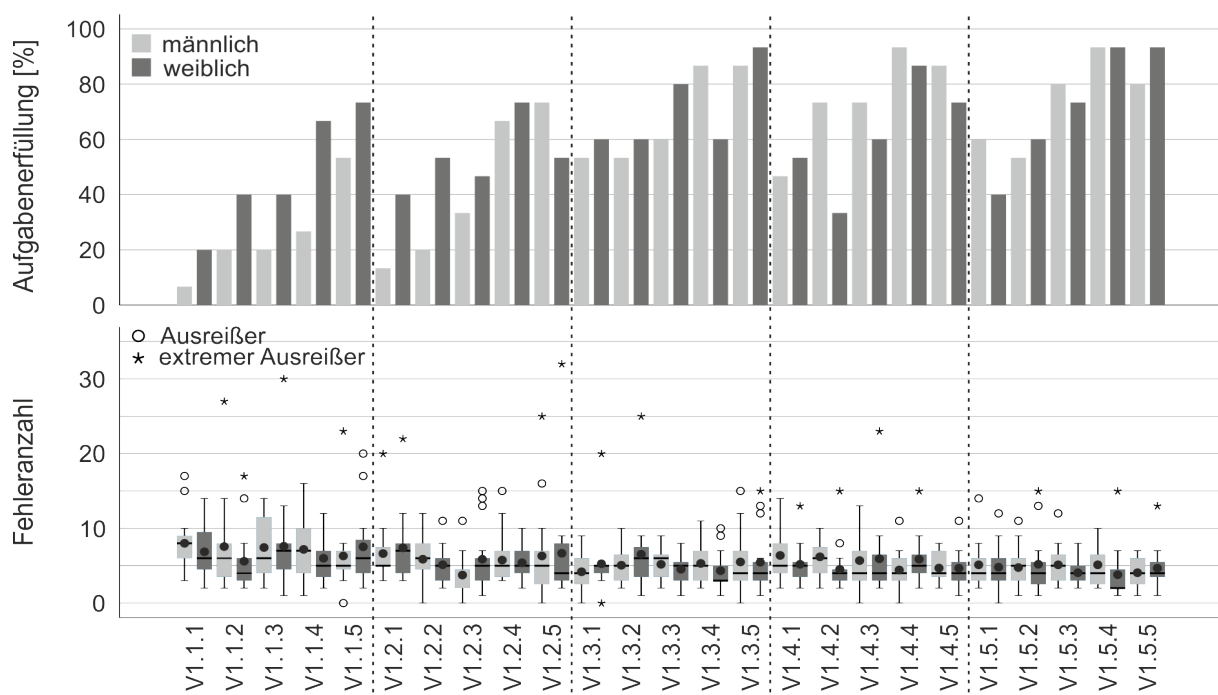
Versuchsmerkmalen V1.4.4 und V1.5.4 jeweils eine Aufgabenerfüllung von 93,75 % erreicht.

Die Fehleranzahl fällt bei den männlichen Probanden bei 14 Versuchsmerkmalen höher aus im Vergleich zu den weiblichen Probanden. Ein Muster in Abhängigkeit des Skalenabstands oder der Feedbackintensität ist dabei nicht erkennbar. Die geringste Fehleranzahl wird bei den männlichen Probanden mit V1.2.3 ( $\bar{X}$  = 3,75 Fehler) und bei den weiblichen Probanden mit V1.3.4 ( $\bar{X}$  = 4,33 Fehler) erreicht.

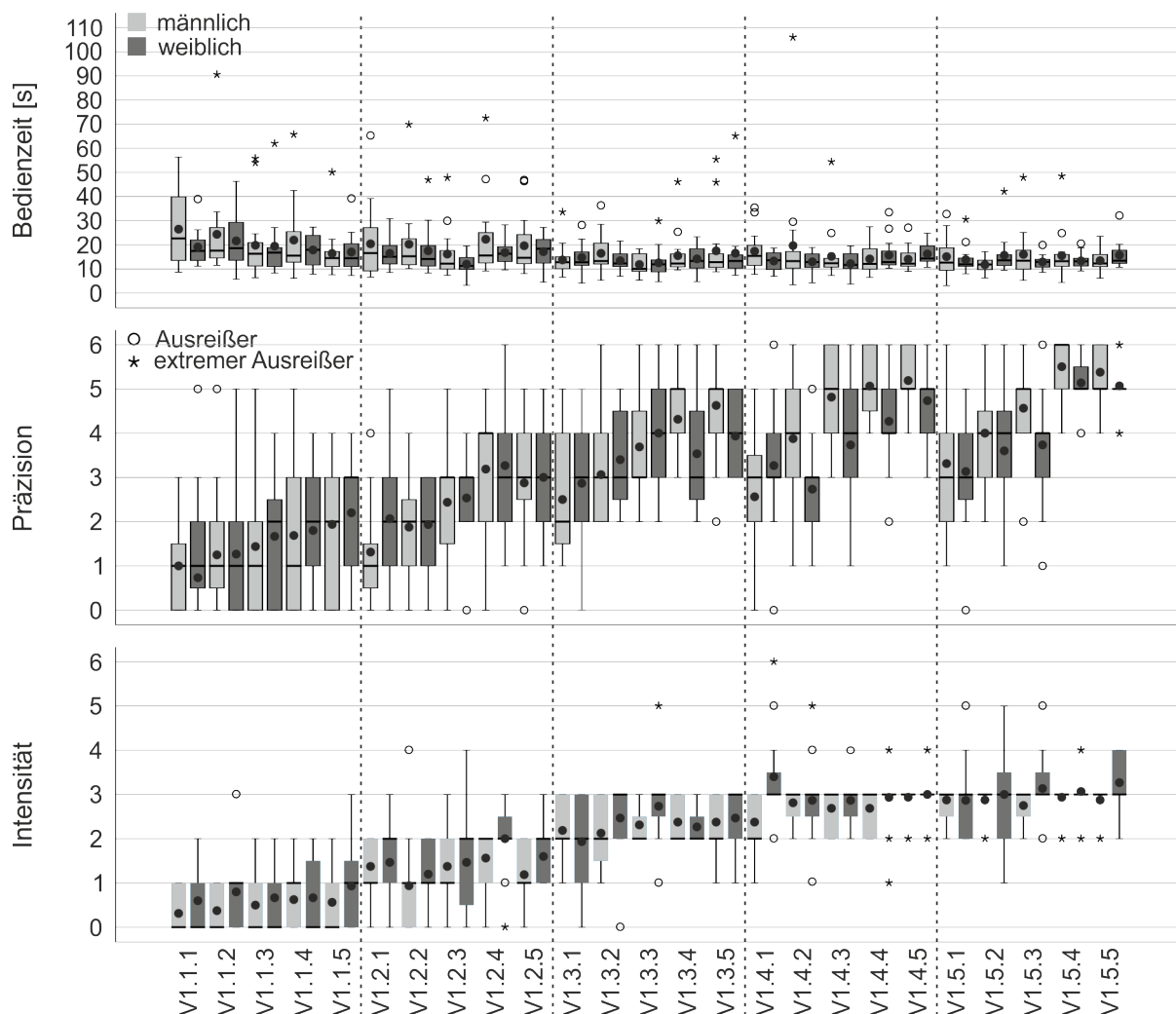
Abbildung 3 zeigt die Bedienzeit während der Ausführung der Haupt- und Nebenaufgabe. Die Bedienzeit der männlichen Probanden liegt gesamt betrachtet etwas höher als die der weiblichen Probanden. Ausnahmen bilden dabei die Versuchsmerkmale V1.1.5, V1.3.1, V1.3.3, V1.4.4, V1.4.5, V1.5.2 und V1.5.5. Die geringste Bedienzeit wird bei den weiblichen Probanden mit V1.2.3 ( $\bar{X}$  = 11,93 s) und bei den männlichen Probanden mit V1.5.2 ( $\bar{X}$  = 11,74 s) erreicht.

Die Zufriedenheit der Probanden bezüglich der Ausprägung der taktilen Skala wird anhand der Bewertung der Präzision sowie der Feedbackintensität erfasst. Die Bewertung der Präzision kann Abbildung 3 entnommen werden. Erkennbar ist, dass die Präzision des Feedbacks mit zunehmender Feedbackintensität sowie zunehmendem Skalenabstand von beiden Versuchsgruppen besser bewertet wird. Ausnahmen bilden bei den männlichen Probanden die Versuchsmerkmale V1.2.5 und V1.5.5 sowie bei den weiblichen Probanden die Versuchsmerkmale V1.2.2, V1.2.5, V1.3.4, V1.4.2 und V1.5.5. Am präzisesten bewerten die männlichen und weiblichen Probanden Versuchsmerkmal V1.5.4 ( $\bar{X}_m$  = 5,50;  $\bar{X}_w$  = 5,13).

Eine Feedbackintensität von größer 96 % wird von beiden Versuchsgruppen eher als „genau richtig“ beschrieben als eine Feedbackintensität von 48 % oder 60 %. Die Feedbackintensität wird von den weiblichen Probanden mit Ausnahme von V1.3.1 und V1.5.1 besser bewertet. Als „genau richtig“ stufen die weiblichen Probanden die Versuchsmerkmale V1.4.5 und V1.5.2 ( $\bar{X}$  = 3,00) und die männlichen Probanden Versuchsmerkmal V1.4.5 ( $\bar{X}$  = 2,94) ein.



**Abbildung 2:** Untersuchungsergebnisse Effektivität (Aufgabenerfüllung, Fehleranzahl)



**Abbildung 3:** Untersuchungsergebnisse Effizienz (Bedienzeit) und Zufriedenheit (Präzision [0 = „sehr schlecht“, 6 = „sehr gut“], Intensität [0 = „zu schwach“, 3 = „genau richtig“, 6 = „zu stark“]).

#### 4. Diskussion

Für die Untersuchung signifikanter Unterschiede zwischen den beiden Probandengruppen wird IBM SPSS Statistics Version 28.0.0.0 verwendet. Die Erfüllung der Nebenaufgabe wird mittels einer Kontingenzanalyse untersucht. Da die Zelhäufigkeit kleiner 5 ist, wird der exakte Test nach Fisher verwendet (vgl. Tabelle 2).

Die Aufgabenerfüllung bei Versuchsparameter V1.1.4 zeigt einen signifikanten Unterschied ( $z = 2,292$ ,  $p = 0.032$ ) zwischen den beiden Probandengruppen, wobei die weiblichen Probanden die Aufgabe signifikant besser erfüllen. Bei den restlichen Versuchsmerkmalen konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden, sodass das Geschlecht keinen Einfluss auf die Aufgabenerfüllung ausübt.

Die Fehleranzahl, Bedienzeit sowie die Bewertung der Präzision und Intensität werden mit dem Mann-Whitney-U-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den beiden Probandengruppen geprüft (vgl. Tabelle 2). Analog zur Aufgabenerfüllung kann bei der Fehleranzahl nur bei V1.4.2 ein signifikanter Unterschied ( $z = -2.237$ ,  $p = 0.027$ ) zwischen den Versuchsgruppen festgestellt werden, in der Gestalt, dass

die weiblichen Probanden signifikant weniger Fehler generieren. Die Ablenkung von der Hauptaufgabe ist allgemein jedoch nicht geschlechtsspezifisch. Hinsichtlich der Bedienzeit konnten keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen festgestellt werden. Der Einfluss des Geschlechts ist somit nicht statistisch relevant. Hinsichtlich der objektiven Daten (Aufgabenerfüllung, Fehleranzahl und Bedienzeit) lassen sich keine geschlechtsspezifischen Präferenzen für die Gestaltung der taktilen Skala erkennen. Die Präzision zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bei den Versuchsmerkmalen V1.4.2 ( $z = -2.407$ ,  $p = 0.019$ ), V1.4.3 ( $z = -2.028$ ,  $p = 0.049$ ), V1.4.4 ( $z = -2.274$ ,  $p = 0.030$ ) und V1.5.3 ( $z = -2.317$ ,  $p = 0.027$ ). Dabei bewerten die weiblichen Probanden die Präzision signifikant schlechter im Vergleich zu den männlichen Versuchsteilnehmern. Bezüglich der Präzision des taktilen Feedbacks scheinen die weiblichen Probanden eher nach dem Skalenabstand zu differenzieren anstelle einer höheren Feedbackintensität (vgl. V1.3.1 – V1.5.5). Die Bewertung der Intensität zeigt nur einen hochsignifikanten Unterschied bei Versuchsmerkmal V1.4.1 ( $Z = -3.248$ ,  $p = 0.003$ ) auf. Die Intensität wird dabei von den weiblichen Probanden als etwas zu stark klassifiziert.

**Tabelle 2** Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

	Versuchsmerkmale														
	V1.1.1	V1.1.2	V1.1.3	V1.1.4	V1.1.5	V1.2.1	V1.2.2	V1.2.3	V1.2.4	V1.2.5	V1.3.1	V1.3.2	V1.3.3	V1.3.4	V1.3.5
<b>Aufgabenerfüllung</b>				*											
<b>Fehleranzahl</b>															
<b>Bedienzeit</b>															
<b>Präzision</b>															
<b>Intensität</b>															

## 5. Fazit

Diese Untersuchung zeigt, dass der Einfluss des Geschlechts auf die Bewertung der Ausprägung des taktilen Feedbacks sehr gering ist. Eine effektive, effiziente und zufriedenstellende Bedienung ist bei beiden Versuchsgruppen viel mehr von einer eindeutig wahrnehmbaren Feedbackintensität und einem einfach separierbaren Skalenabstand abhängig. Für weitere Untersuchungen ist daher eine Feedbackintensität zwischen 96 % und 100 % in Kombination mit einem Skalenabstand zwischen 30,00 mm und 37,50 mm zu empfehlen.

## 6. Literatur

- Hurstel A, Bechmann D (2019) Approach for Intuitive and Touchless Interaction in the Operating Room. J, 2(1), 50–64.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (1974) Normzahlen und Normzahlreihen – Blatt 1: Hauptwerte, Genauwerte, Rundwerte. DIN 323-1.
- Stevenson R A, Schlesinger J J, Wallace M T (2013) Effects of divided attention and operating room noise on perception of pulse oximeter pitch changes: a laboratory study. Anesthesiology 118, 376-381.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration  
und ihre Auswirkung auf Mensch,  
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT  
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für  
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024**

**Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart**

**In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de), [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)