

Evaluation eines Human-Machine-Interfaces für Tower-Fluglotsen unter Einsatz eines Simulators

Christina König

Institut für Arbeitswissenschaft
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt
koenig@iad.tu-darmstadt.de
www.arbeitswissenschaft.de

Thomas Hofmann

Institut für Arbeitswissenschaft
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt
hofmann@iad.tu-darmstadt.de
www.arbeitswissenschaft.de

Jörg Bergner

Forschung und Entwicklung
DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Am DFS-Campus 10
63225 Langen
joerg.bergner@dfs.de
www.dfs.de

Ralph Bruder

Institut für Arbeitswissenschaft
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt
bruder@iad.tu-darmstadt.de
www.arbeitswissenschaft.de

Abstract

Zur Unterstützung der Arbeitsaufgabe bei steigenden Anforderungen im Luftverkehr wurde ein neuartiges HMI für Tower-Fluglotsen entwickelt und in einer Reihe von Simulationen während des Gestaltungsprozesses evaluiert.

Um der hoch komplexen Arbeitssituation gerecht zu werden und Ergebnisse auf den realen Tower-Betrieb übertragen zu können, kam dazu ein Tower-Simulator zum Einsatz, in dem mehrere Lotsen in einer höchst realistischen Umgebung Szenarien bearbeiten.

Der Beitrag zeigt den Nutzen einer formativen Evaluation in einem iterativen Designprozess und geht dabei besonders auf die Möglichkeiten der Datenerfassung in einer Echtzeit-Simulation ein.

Keywords

Simulation, Beobachtungsinterview, iterativer Gestaltungsprozess, Arbeitswissenschaft, Flugsicherung

1.0 Einleitung

Der Beruf des Fluglotsen ist eine hoch beanspruchende Tätigkeit. Ein hohes Maß an Verantwortung verbunden mit extrem kurzen Entscheidungsphasen führt zu einer starken Arbeitsbelastung. Zunehmender Luftverkehr und die immer komplexeren Entscheidungsketten steigern diese zusätzlich (Leonhardt 2005; Manning 2005).

1.1 Arbeitsplatz Tower-Lotse

Diese hohe Anforderung gilt auch für den Arbeitsplatz des Tower-Lotsen, zu dessen Aufgaben die Koordination der Starts und Landungen gehört. Besonders in Phasen hohen Flugverkehrsaufkommens muss er in kurzer Zeit eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen verarbeiten sowie schnell und sicher handeln.

Die Arbeitsmittel der Lotsen sollen sie bei der Informationsverarbeitung optimal unterstützen. Sie sollten dem Lotsen entscheidungsrelevante Daten effizient

aufbereiten und präsentieren. Je besser diese Daten auf die anstehenden Entscheidungen und Handlungen des Lotsen abgestimmt sind, desto effizienter und sicherer kann er seiner Arbeit nachgehen. Dies war ein Ziel des hier vorgestellten Projekts.

1.2 Beschreibung des Projekts

In einem interdisziplinären Team aus Arbeitswissenschaftlern, Designern, Ingenieuren und Lotsen wurde vom Institut für Arbeitswissenschaft gemeinsam mit der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH und delair Air Traffic Systems GmbH ein Human-Machine-Interface (HMI) für einen Towerlotsen-Arbeitsplatz entwickelt.

Das Projekt fand im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten 4. Luftfahrtforschungsprogramms im Verbundvorhaben Wettbewerbsfähiger Flughafen (WFF) statt, das u. a. eine effizientere Abwicklung des Flugverkehrs an deutschen Großflughäfen zum Ziel hat.

Die Herausforderung lag darin, eine für die Arbeitsaufgabe und -situation optimal angepasste Gestaltungslösung zu entwickeln, die sowohl ergonomischen und betrieblichen Anforderungen genügt als auch die Akzeptanz der Lotsen besitzt. Die Expertise der Lotsen wurde daher ebenso in den Gestaltungsprozess einbezogen wie die der Psychologen, Designer und Ingenieure. Die Eignung des Interfaces für die Arbeitsaufgabe sowie die Akzeptanz seitens der Lotsen sollte projektbegleitend evaluiert werden.

2.0 Projekttablauf

Die Entwicklung eines HMI für Fluglotsen stellt besondere Anforderungen an das Entwicklungs- und Evaluationsteam. Konventionelle Gestaltungsprinzipien (z.B. DIN EN ISO 9241-110) können nur zum Teil angewandt werden. Die äußeren Bedingungen im Tower wie hoher Entscheidungsdruck oder schwierigen Umgebungsbedingungen führen einerseits zu Einschränkungen, der ho-

he Trainingsgrad der Benutzer andererseits aber auch zu neuen Gestaltungsmöglichkeiten.

2.1 Iterativer Designprozess

Das Vorgehen im Projekt folgte dem Prinzip des iterativen Designs (Genov 2005): Nach Analyse der bestehenden Arbeitssituation, der Arbeitsaufgaben sowie aktueller Bedienkonzepte wurden Soll-Kriterien für das Interface definiert.

Auf der Basis dieser grundlegenden Erkenntnisse wurden nun mehrere iterative Schleifen im Vorgehen begangen: Nach der Programmierung aktueller HMI-Entwürfe und -varianten wurden diese im 3D-Realzeit-Tower-Simulator der DFS eingesetzt. Die sich aus den Erkenntnissen der Simulation ergebenden Veränderungsvorschläge führten jeweils zu einer weiteren Schleife mit einem verbesserten HMI.

Das endgültige Interface ist somit ein Produkt einer verdichtenden Gestaltung und eine schrittweise Annäherung an ein für diesen Arbeitsplatz optimales Human-Machine-Interface.

2.2 Beteiligung der Nutzer

Der Tower-Lotse als späterer Benutzer des Systems wurde von Beginn der Entwicklung an beteiligt. So erhält man frühzeitig nicht nur Hinweise auf Bedienprobleme, sondern auch auf sinnvolle Konzepte und Funktionen. Diese können dann direkt in die Entwicklung mit eingehen. Gleichzeitig kann so die Akzeptanz der Nutzer verstärkt werden, sofern deren Vorschläge auch tatsächlich sichtbare Anwendung in der Gestaltung finden.

3.0 Simulation

3.1 Tower-Simulator der DFS

Für die Evaluation war die Realitäts-treue der Simulation von großer Bedeu-

tung. Daher wurde als Testumgebung der 3D-Echtzeit-Tower-Simulator der DFS ausgewählt. Dieser stellt den Arbeitsplatz des Lotsen realitätsgetreu inklusive einer nahezu vollständigen Rundumsicht dar und bietet damit eine ähnliche Situation wie im realen Tower.

Die Simulationsumgebung umfasst die Arbeitsplätze von Anflugkontrolle, Tower und Vorfeldkontrolle. Alle diese Arbeitsplätze werden besetzt, um Eingaben und Funkverkehr analog zum normalen Tower-Betrieb durchzuführen. Reale Personen übernehmen außerdem als so genannte „Pseudopiloten“ die Rolle der Piloten, führen Anweisungen der Lotsen aus, steuern die Flugzeuge und vermitteln so einen noch realistischeren Eindruck im Tower-Simulator.

3.2 Ablauf der Simulation

In den Simulationen wurden HMI-Entwürfe in unterschiedlichen Entwicklungsstadien eingesetzt, wobei der Lotse ständig arbeitswissenschaftlich begleitet und seine Bedienhandlungen und -schwierigkeiten protokolliert wurden.

Der Lotse erhielt zu Beginn eine kurze Einführung in die Bedienlogik des Interfaces sowie seine eigenen Aufgaben. In der anschließenden Simulation wurde eine alltägliche Situation am Tower nachgestellt, wobei der Lotse angewiesen wurde, sich möglichst realitätsnah zu verhalten.

Zusätzlich erfolgte die Anweisung, Gedanken und Überlegungen bezüglich des verwendeten Interfaces laut zu äußern, um sie so den Beobachtern zugänglich zu machen (Methode des lauten Denkens, vgl. Bortz & Döring 2002). Der Schwerpunkt der Instruktion lag jedoch auf der korrekten Erfüllung der Arbeitsaufgabe, um so eine dem normalen Tower-Betrieb annä-

hernd gleiche Arbeitsweise zu erhalten.

3.3 Beobachtungsinterview

Um strukturierte und verlässliche Daten zu erhalten, wurde die Methode des Beobachtungsinterviews gewählt (vgl. Dunckel 1999). Der Beobachter kann damit seine Erkenntnisse direkt mit dem Nutzer besprechen, offene Fragen und Unklarheiten beantworten und so die eigenen Beobachtungen direkt zu verifizieren. Auch nicht direkt beobachtbare Informationen wie beispielsweise die Einschätzungen und Meinungen der Lotsen bezüglich des HMI konnten so erfasst werden.

Zwar stellt diese Methode, wie generell die Verwendung einer Simulationsumgebung, auch einen größeren Eingriff in den natürlichen Arbeitsablauf des Lotsen ein. Hier kommt aber eine Besonderheit der Benutzergruppe zum Tragen: Die Arbeit im Tower-Simulator ist Lotsen vertraut, da sie auch in ihre Aus- und Weiterbildung integriert ist. Auch die Interaktion mit anderen Personen, über Funk oder persönlich, ist im Arbeitsalltag der Lotsen üblich. Daher wurde die Beeinträchtigung durch die Befragung während der Arbeit im Vergleich zum großen Nutzen der gewonnenen Daten als gering eingeschätzt.

Zur Ergänzung der während der Simulation erhaltenen Daten wurde anschließend ein weiteres, strukturiertes Interview zu Aspekten der HMI-Gestaltung und -Bedienung durchgeführt.

3.4 Bewertung der Methode

Der Einsatz von Simulationen zur Erfassung der Usability hat sich im Projekt bewährt. Unter aktiver Beteiligung der Lotsen erhielt das Projektteam wertvolle Hinweise zur Gestaltung, die zu einer deutlichen Veränderung der folgenden Entwürfe führten. Gleichzeitig bestätigten die ersten Simulationsläufe die prinzipiellen Interaktionskonzepte

und grundsätzliche Akzeptanz der Lotsen des entwickelten HMI. Die Simulation diente damit als sinnvolles Werkzeug, um die Entwicklung des Interfaces zu begleiten, Konzepte zu überprüfen und in realitätsnaher Umgebung zu validieren.

Die Kombination aus Beobachtung und Befragung erwies sich ebenfalls als sinnvoll. Es hat sich gezeigt, dass reine Beobachtungen für solche komplexen mentalen Prozesse nicht ausreichen. Durch das gleichzeitige Befragen konnten arbeitswissenschaftliche Beobachtungen direkt mit den subjektiven Einschätzungen der Lotsen in Beziehung gesetzt werden.

Die Simulationssituation an sich wurde von den Lotsen als sehr realistisch empfunden. Allerdings gibt es auch Hinweise, dass das Verhalten im Simulator

einige Abweichungen vom alltäglichen, im Tower gezeigten Verhalten aufwies. Hier zeigen sich die Grenzen der Simulatorforschung, denn der Simulator kann immer nur einen Ausschnitt der Sinneseindrücke und Anforderungen aus der realen Situation bieten. Der Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Simulator in den Tower soll im weiteren Verlauf der Studie nachgegangen werden.

4.0 Literaturverzeichnis

Bortz, J. & Döring, N. (2002): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer.

DIN EN ISO 9241-110:2006. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung.

Dunckel, H. (1999): Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren. Zürich: vdf, Hochschulverl. an der ETH Zürich.

Genov, A. (2005): Iterative Usability Testing as Continuous Feedback: A Control Systems perspective. In: Journal of Usability Studies, Vol. 1, Nr. 1, S. 18-27.

Leonhardt, J. (2005): Implementation of Critical Incident Stress Management at the German Air Navigation Services. In: Kirwan, B.; Rodgers, M. & Schäfer, D. (Hrsg.): Human Factors Impacts in Air Traffic Management. Hampshire: Ashgate Publishing Limited, S. 207-225.

Manning, C. & Stein, E. (2005): Measuring Air Traffic Controller Performance in the 21st Century. In: Kirwan, B.; Rodgers, M. & Schäfer, D. (Hrsg.): Human Factors Impacts in Air Traffic Management. Hampshire: Ashgate Publishing Limited, S. 283-31.