

## Evaluation und Adaption einer Leitstand-Benutzungsschnittstelle für ein Boden-Luft-Servicerobotiksystem

Daniela ZIEGNER, Jens HEGENBERG, Roman HERRMANN, Ludger SCHMIDT

*Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik, Universität Kassel  
Mönchebergstr. 7, D-34125 Kassel*

**Kurzfassung:** Für einen mobilen Leitstand eines Servicerobotiksystems wurde ein digitaler Prototyp der zugehörigen Benutzungsschnittstelle erstellt. Dieser wurde einer Evaluation in Form eines Usability Walkthrough unterzogen. 15 Teilnehmer führten typische Aufgaben durch, während sie ihre Gedanken laut äußerten. Dabei wurden Verbesserungspotentiale der vorgesehenen Funktionalitäten und der graphischen Darstellung ermittelt und dokumentiert. Diese dienen anschließend zur Überarbeitung des Konzepts und der Gestaltung der prototypischen Benutzungsschnittstelle. Es werden sowohl die Evaluation und ihre Ergebnisse als auch die daraus abgeleitete angepasste Gestaltungslösung präsentiert.

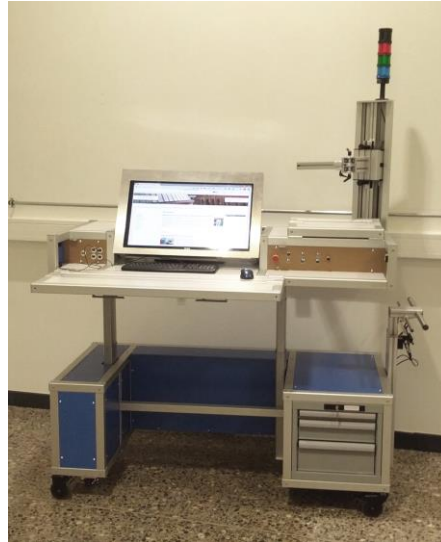
**Schlüsselwörter:** Leitstand, Benutzungsschnittstelle, Gestaltung, Evaluation, Gebrauchstauglichkeit, Inspektionsroboter

### 1. Einleitung

Im Forschungsprojekt Robot}air{ soll ein Servicerobotiksystem, bestehend aus einem teleoperiert fliegenden und einem teilautonom fahrenden Roboter sowie einem mobilen Leitstand entwickelt und evaluiert werden. Der Einsatzzweck des Robotiksystems ist es, durch die Detektion und Ortung von Druckluftleckagen mittels Ultraschall, die Erfassung von Arbeitsumgebungsfaktoren und die thermografische Prüfung auf Isolationsschäden die Ressourcen- und Energienutzung nachhaltiger zu gestalten und gesunde Arbeitsbedingungen sicherzustellen.

Das Robotiksystem wird mit einem mobilen Leitstand (Abbildung 1) ausgestattet, da die Steuerung des fliegenden Roboters größtenteils manuell und aus Sicherheitsgründen in Sichtweite erfolgt. Am Leitstand wird die leitende Kontrolle (Sheridan 2002) des Systems ausgeübt. Dies umfasst Planung, Überwachung und Dokumentation der Inspektionsaufgaben.

Auf der Grundlage der Ergebnisse einer Aufgaben- und Anforderungsanalyse (Ziegner et al. 2014) wurde ein klickbarer Prototyp der Benutzungsschnittstelle des Leitstands erstellt. Dieser simuliert webbasiert wesentliche Funktionen der Benutzungsschnittstelle.



**Abbildung 1:** *Mobiler Leitstand*

## **2. Funktionen der Benutzungsschnittstelle**

### *2.1 Planung*

Im Rahmen einer Inspektion können mehrere Messungen, die als Aufgaben bezeichnet werden, durchgeführt werden. Eine Messung kann hierbei der Erfassung von Arbeitsumgebungsfaktoren (Klimawerte, Schallpegel und Beleuchtung), der Aufnahme von Thermografiebildern oder der Messung von Ultraschall entsprechen. Das Festlegen der durchzuführenden Aufgaben erfolgt während der Planung einer Inspektion. Neue Messaufgaben können hinzugefügt oder aus einer Liste gespeicherter Aufgaben ausgewählt werden. Weitere zur Inspektion notwendige Aufgaben (z. B. „Start der Inspektionsfahrt“) werden automatisch hinzugefügt. Alle Aufgaben werden auf einer Karte des Bereichs, in dem die Inspektion stattfindet (z. B. eine Produktionshalle), zur Übersicht dargestellt. Das System erzeugt die optimale Route zur Abarbeitung der einzelnen Aufgaben nach Beenden der Planung automatisch. Das Ergebnis ist eine Inspektionsroute. Diese kann gespeichert, zur Durchführung gestartet oder später bearbeitet werden.

### *2.2 Überwachung*

Die Überwachung bei der Durchführung einer Inspektion dient der Sicherstellung der korrekten Funktionsweise in geplanten und unvorhergesehenen Situationen; bei Bedarf kann manuell eingegriffen werden. Dargestellt werden in Echtzeit eine Karte mit den geplanten Aufgaben und den Positionen der Roboter, Kamerabilder aus Sicht der Roboter, Statusinformationen der Roboter sowie Messdaten.

### *2.3 Dokumentation*

Die bei einer Inspektion aufgenommenen Messdaten werden nach dem Beenden der Inspektion automatisch gespeichert und in der entsprechende Karte sowie einer Tabelle dargestellt. Diese Dokumentation kann dann geprüft und ausgewertet werden.

### **3. Vorgehen**

Die Evaluation des Prototyps der Benutzungsschnittstelle wurde in Form eines Usability Walkthrough (Richter & Flückiger 2013) durchgeführt. Die Teilnehmer bearbeiteten in drei realistischen Nutzungsszenarien verschiedene Aufgaben, wobei sie dem Testleiter jederzeit Fragen stellen sowie Kritik äußern durften. Sie waren zudem aufgefordert, ihre Gedanken laut zu äußern (Konrad 2010, Stapelkamp 2010). Die Teilnehmer erhielten zu Beginn Instruktionen mit einer Beschreibung des Robotersystems und der Benutzungsschnittstelle mit ihren Funktionen. Die Evaluation dauerte durchschnittlich 30 Minuten und wurde vom Testleiter schriftlich protokolliert.

#### *3.1 Nutzungsszenarien*

Die drei Nutzungsszenarien „Planung“, „Überwachung“ und „Dokumentation“ deckten alle wesentlichen Funktionen der Benutzungsschnittstelle ab. Das Szenario Planung beinhaltet die Bearbeitung einer bereits gespeicherten Inspektionsroute. Hierzu gehören als Teilaufgaben das Öffnen der Route zur Bearbeitung, das Entfernen und Hinzufügen von Messzielen sowie das Speichern der Route und Starten der Inspektion. Das Szenario Überwachung beinhaltet den Ansichtswechsel zwischen dem Live-Kamera-Bild der Roboter und der Karte. Zudem sollten Fragen zur dargestellten Situation beantwortet werden (z. B. „Welche Messaufgabe wird gerade durchgeführt?“, „Wurden kritische Messwerte erfasst?“). Das Szenario Dokumentation beinhaltete das Öffnen der Ergebnisse einer erledigten Inspektion, das Überprüfen der Art der angezeigten Werte und das Anzeigen gefilterter Messwerte.

#### *3.2 Teilnehmer*

Insgesamt nahmen 15 Personen an der Evaluation teil. Neben Mitarbeitern eines Produktionsunternehmens als potenzielle zukünftige Nutzer wurden auch Mitarbeiter der Projektpartner als Entwickler des Systems beteiligt, um eine Betrachtung der Schnittstelle aus verschiedenen Sichtweisen zu ermöglichen.

### **4. Ergebnisse**

Die Bedienfehler, Verständnisprobleme, Kritikpunkte und Gestaltungsvorschläge der Teilnehmer wurden sortiert, in die Kategorien „unerwartete Art der Interaktion“, „Verwechslung“ und „fehlende Information“ unterteilt und analysiert, um Verbesserungspotenziale bzgl. der Gestaltung der Benutzungsschnittstelle zu ermitteln. Auf dieser Grundlage wurde anschließend das Konzept und die Gestaltung der Benutzungsschnittstelle überarbeitet.

#### *4.1 Ergebnisse der Evaluation*

Die größten Schwierigkeiten der Teilnehmer lassen sich auf eine unerwartete Art der Interaktion zurückführen. Die meisten Bedienfehler traten hierbei in der Dokumentationsansicht auf. Die Messwerte konnten gefiltert werden; diese Funktion war allerdings durch eine Eingabe des Gesuchten realisiert (Abbildung 2). Die

Teilnehmer bezeichneten diese Form der Interaktion als ungeeignet und wünschten sich eine generelle Vorfilterung der Messwerte nach Kategorien (Druckluft, Thermografie, und die einzelnen Arbeitsumgebungsfaktoren) und deren Darstellung über Registerkarten bzw. ein Dropdown-Menü zum Filtern. Weiterhin bereiteten unerwartete bzw. unnötige Zwischenschritte Probleme, zudem wurde die fehlende Bearbeitungsmöglichkeit einer Inspektionsroute direkt in der Karte beklagt.

| Filtern             |            |      |            |           | alle Anzeigen | Aufgabenliste anzeigen | Inspektionsroute anzeigen |
|---------------------|------------|------|------------|-----------|---------------|------------------------|---------------------------|
| Art                 | Koordinate | Wert | Datum      | Route     |               |                        |                           |
| Luftfeuchtigkeit    | (1;1)      | 50   | 01.04.2014 | Route 4   |               |                        |                           |
| Schallpegel         | (1;1)      | 60   | 01.04.2014 | Route 4   |               |                        |                           |
| Temperatur          | (1;1)      | 18   | 01.04.2014 | Route 4:2 |               |                        |                           |
| Luftgeschwindigkeit | (1;1)      | 7    | 01.04.2014 | Route 4:2 |               |                        |                           |
| Beleuchtungsstärke  | (1;1)      | 110  | 01.04.2014 | Route 4:2 |               |                        |                           |
| Wärmestrahlung      | (1;1)      | 120  | 01.04.2014 | Route 4:2 |               |                        |                           |



**Abbildung 2:** Ausschnitt der Dokumentationsansicht (links: Messwerte, rechts: Karte)

Am zweithäufigsten traten Verwechslungen auf, wobei hier je nach Art und auch nach Personen unterschiedliche Ursachen auszumachen sind. Die häufigsten Verwechslungen kamen bei der Bearbeitung der Inspektionsroute vor. Hier waren neben einer Karte auf der rechten Hälfte des Bildschirms zwei Listen zu sehen (Abbildung 3). Die rechte davon enthielt die für diese Inspektion definierten Aufgaben, die linke enthielt alle für die ausgewählte Karte jemals gespeicherten Aufgaben, von denen auch Aufgaben für die derzeit bearbeitete Inspektion ausgewählt werden konnten. Weitere Verwechslungen sind hauptsächlich auf ungeeignete Benennungen zurückzuführen, z. B. klickten einige Teilnehmer zum Öffnen der Dokumentation auf „Öffnen“ (zum Öffnen einer Inspektionsroute) statt auf „Dokumentation“.

| Neu                                   |  | Neue Aufgabe | Route erzeugen | Inspektionsort ändern | Sperrbereich festlegen |
|---------------------------------------|--|--------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| Gespeicherte Aufgaben (Halle 3)       |  |              |                |                       |                        |
| Druckluft-Messung                     |  |              |                |                       |                        |
| Halle 3 Prüfstände                    |  |              |                |                       |                        |
| Halle 3 Montagelinie                  |  |              |                |                       |                        |
| Messung an Pkt (9,9,15)               |  |              |                |                       |                        |
| Messung an Pkt (1,9,15)               |  |              |                |                       |                        |
| Messung an Pkt (10,23,10)             |  |              |                |                       |                        |
| Messung an Pkt (27,26,2)              |  |              |                |                       |                        |
| Arbeitsumgebungsfaktoren (AUF)        |  |              |                |                       |                        |
| Halle 3 Montagelinie                  |  |              |                |                       |                        |
| Rastersuche um Pkt (10,21,1);(13x10)  |  |              |                |                       |                        |
| Rastersuche um Pkt (15,30,1);(14x14)  |  |              |                |                       |                        |
| Rastersuche um Pkt (35,30,5);(5x5)    |  |              |                |                       |                        |
| Rastersuche um Pkt (20,20,5);(40x30)  |  |              |                |                       |                        |
| Rastersuche um Pkt (20,15,5);(10x10)  |  |              |                |                       |                        |
| Aufgabenliste                         |  |              |                |                       |                        |
| 1 Start der Messung                   |  |              |                |                       |                        |
| 2 Start der luftgestützten Messung    |  |              |                |                       |                        |
| 3 Druckluft-Messung an Pkt (9, 9, 15) |  |              |                |                       |                        |
| 4 Aufgabe entfernen                   |  |              |                |                       |                        |
| Nach oben verschieben (10,23,10)      |  |              |                |                       |                        |
| Nach unten verschieben                |  |              |                |                       |                        |
| 5 Rückkehr zum Bodenroboter           |  |              |                |                       |                        |
| 6 Beenden der luftgestützten Messung  |  |              |                |                       |                        |
| 7 Beenden der Messung                 |  |              |                |                       |                        |



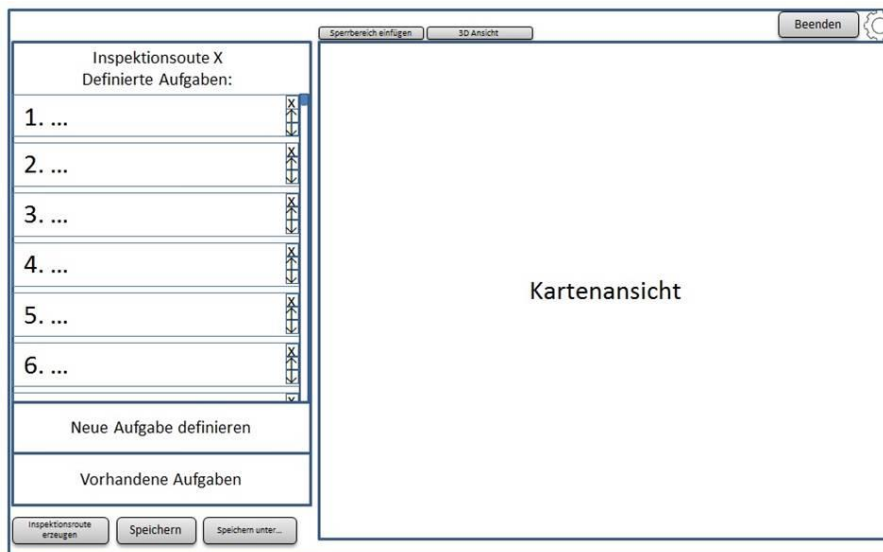
**Abbildung 3:** Ausschnitt der Planungsansicht (links: Liste gespeicherter Aufgaben, Mitte: Aufgaben für die geplante Inspektion, rechts: Karte)

Schwierigkeiten durch fehlende Informationen traten nur bei der Überwachung und bei der Dokumentation auf. So fehlte z. B. in der Überwachungsansicht die Anzeige der bereits abgefahrenen Strecke in der Karte, in der Dokumentation hatten die Messwerte in der Tabelle keine Verbindung zu denen in der Karte.

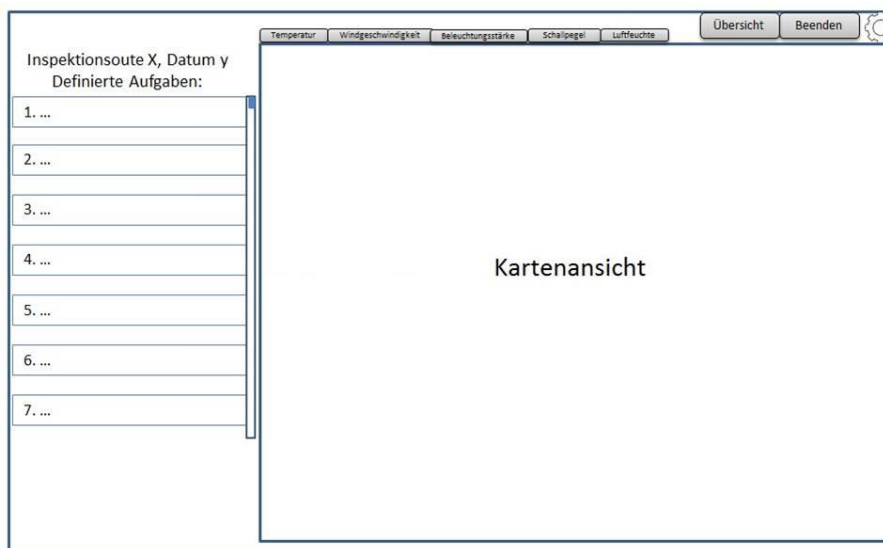
## 4.2 Anpassung der Gestaltung

Die Überarbeitung des Konzepts und der Gestaltung der Benutzungsschnittstelle war insbesondere bei der Planung und der Dokumentation notwendig. In der Planungsansicht gibt es im neuen Konzept nur noch eine Liste mit Aufgaben der aktuellen Route; alte, bereits für die Karte gespeicherte Aufgaben können über eine Auswahl am Ende der Liste aufgerufen werden (Abbildung 4).

In der Dokumentation sind unter anderem in der Tabelle nicht mehr alle Messwerte, sondern nur noch die definierten Aufgaben bzw. Messziele zu sehen; durch deren Auswahl kann man die jeweiligen Messwerte auf der Karte sehen. Eine weitere Unterteilung der verschiedenen Messwerte findet oberhalb der Karte in Form von Registerkarten statt (Abbildung 5).



**Abbildung 4:** Überarbeitete Planungsansicht

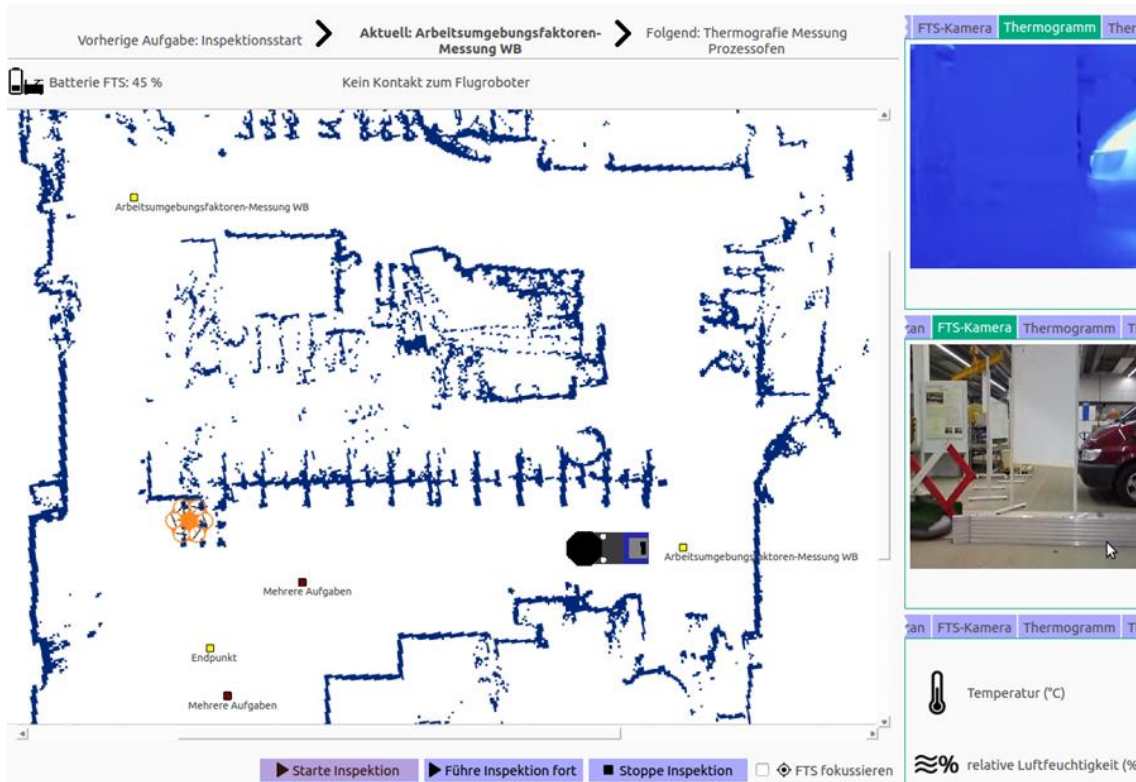


**Abbildung 5:** Überarbeitete Dokumentationsansicht

Des Weiteren wurden in allen Ansichten Interaktionsmöglichkeiten und Benennungen vereinfacht sowie fehlende Informationen ergänzt.

## 5. Ausblick

Das überarbeitete Konzept der Benutzungsschnittstelle dient als Grundlage für die Entwicklung der Software des Leitstands. Ein Zwischenstand (Abbildung 6) wurde bereits erfolgreich in mehreren System-Tests erprobt. Eine weitere Evaluation der fertigen Software mit Mitarbeitern eines Produktionsunternehmens ist geplant.



**Abbildung 6:** Derzeitiger Stand der Leitstand-Benutzungsschnittstelle (Überwachungsansicht)

## 6. Literatur

- Konrad K (2010) Lautes Denken. In: Mey G, Mruck K (Hrsg.) Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: Springer, 476–490
- Richter M, Flückiger M (2013) Usability Engineering kompakt: Benutzbare Software gezielt entwickeln. Berlin: Springer
- Sheridan TB (2002) Humans and automation: System design and research issues. Wiley
- Stapelkamp T (2010) Interaction-und Interfacedesign: Web-, Game-, Produkt-und Servicedesign: Usability und Interface als Corporate Identity. Berlin: Springer
- Ziegner D, Herrmann R, Hegenberg J, Schmidt L (2014) Anforderungsanalyse für ein Boden-Luft-Servicerobotiksystem zur Inspektion von industrieller Druckluftversorgung und Verbesserung von Arbeitsumgebungs-faktoren. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Dortmund: GfA-Press, 115–117

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IM12007G gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.