

Gestenbasierte Interaktion als Interaktionsform für Patientenmonitore

Daniel Burmeister, Martin Christof Kinds Müller, Sonja Lederhilger
& Michael Herczeg

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden zunächst neuartige Systemparadigmen zur gestenbasierten Steuerung von Systemen vorgestellt und erläutert. Neben der realitätsbasierten Interaktion wird der Ansatz des Natural User Interfaces definiert. Die zur berührungssensitiven Eingabe benötigte Hardware muss besonderen medizinischen und damit auch sicherheitsrelevanten Anforderungen genügen. Verschiedene Technologien werden vorgestellt und auf ihre Eignung im medizinischen Kontext anhand definierter Anforderungen hin bewertet. Aufbauend auf einer Aufgaben- und Benutzeranalyse sowie einer Betrachtung des Einsatzgebietes eines medizintechnischen Gerätes, werden Konzepte zur gestenbasierten Steuerung eines solchen Systems entwickelt und anhand von Abbildungen vorgestellt.

1 Einleitung

Berührungssensitive gestenbasierte Interaktion scheint aktuell *das* Paradigma zur Steuerung von Konsumprodukten, wie beispielsweise Smartphones und Tablet-PCs, zu sein. Anwender, aber auch Designer und Entwickler von medizintechnischen Geräten fragen sich zunehmend, ob sich diese Interaktionsform auch für medizintechnische Geräte eignet. Vor der Integration multi-touch-fähiger Hardware und den damit verbundenen Interaktionsmöglichkeiten in den medizinischen Kontext bedarf es einer genauen Analyse – werden die hier diskutierten Geräte in der Regel doch in einem sicherheitskritischen Kontext eingesetzt. Vorliegende Studien (Burmeister et al., 2009) zur Gebrauchstauglichkeit und Erlernbarkeit solcher Multi-Touch-Interaktionen konnten für allgemeine, d.h. nicht sicherheitskritische Bereiche zeigen, dass ein *Natural User Interface* eine Steuerung des Systems erleichtert, sofern der Benutzer die auszuführende Geste aus der realen Welt direkt abstrahieren kann. Im Folgenden wird, aufbauend auf der Definition relevanter Systemparadigmen und Hardware-Technologien, eine theoretische Analyse der Benutzer und ihrer örtlichen Gegebenheiten genutzt, um ein Konzept für ein Interface zur gestenbasierten Steuerung eines Patientenmonitors zu entwickeln. Zu diesem Zweck werden bekannte Interaktionsgesten auf ihre Einsatzfähigkeit hin untersucht und bewertet.

2 Systemparadigma(en)

Neue Eingabetechnologien, wie Multi-Touch oder Multi-Pointing, entwickelten sich vor dem Hintergrund neuer Eingabeformen und Systemparadigmen. Prominente Vertreter dieses Paradigmenwechsels, wie *realitätsbasierte Interaktion* oder *Natural User Interfaces*, werden im Folgenden erläutert.

2.1 Realitätsbasierte Interaktion

Jacob et. al. (2008) definieren das Paradigma der realitätsbasierten Interaktion als Framework, das genutzt werden kann, um vorhandene Interaktionsstile zu analysieren, zu bewerten und um neue Interaktionsstile zu konstruieren. Die realitätsbasierte Interaktion nutzt bereits verfügbares Wissen des Benutzers aus der nicht digitalen Welt, welches sich in vier Themenbereiche unterteilen lassen. (1) Interaktionen, die die naive Physik nutzen, bauen auf dem Verständnis des Benutzers für physikalische Gegebenheiten (z.B. das Einschätzen von Geschwindigkeit, Beschleunigung, Schwerkraft usw.) auf. (2) Die Wahrnehmung des Menschen für seinen Körper und die Steuerung/Koordination seiner Gliedmaßen wird als Körperbewusstsein als Themengebiet der realitätsbasierten Interaktion behandelt. (3) Die Wahrnehmung des Menschen für seine Umwelt und die Navigation durch diese wird als Umweltbewusstsein definiert. (4) Das Sozialbewusstsein des Menschen, welches die Fähigkeit beschreibt, andere Menschen in der Umwelt wahrzunehmen und mit diesen zu interagieren. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Benutzer die Bedienung eines Gerätes schneller erlernen, sofern sie die Interaktionsabfolge auf Grundlage von Wissen aus den vier Themengebieten abstrahieren können.

2.2 Natural User Interface

Das „Natural User Interface“ (NUI) stellt, aufbauend auf der realitätsbasierten Interaktion, die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine her. Es kursieren verschiedene, Definitionen mit vergleichbaren Grundgedanken:

„A Natural User Interface is a user interface designed to reuse existing skills for interacting directly with content“ (Blake, 2010).

„A Natural User Interface is a human-computer interface that leverages skills already familiar to the user that are most appropriate to the context of the interaction“ (Monson-Haefel & Buxton, 2010).

Nach Rauterberg & Steiger (1996) ist das NUI eine Erweiterung der Augmented Reality (AR), die Systemeingaben in Form von physikalischen Objekten und natürlichen, menschlichen Handlungen verarbeitet.

3 Hardware-Technologien

Die Steuerung eines Systems durch das quasi-gleichzeitige Berühren einer Oberfläche an mehreren Punkten ist im Hinblick auf die gestalterischen und funktionalen Möglichkeiten von der verwendeten Technologie abhängig. Grundsätzlich muss hier zwischen verschiedenen Eingabeformen unterschieden werden:

- Monitore, die ursprünglich nur für eine Single-Touch-Bedienung ausgelegt waren, können durch eine algorithmische Erweiterung einen zweiten, statischen Berührungspunkt erkennen und verarbeiten – im Folgenden „Dual-Touch“ genannt.
- „Two-Touch“ werden Technologien genannt, die zwei dynamische Berührungspunkte erkennen und verarbeiten können.
- Technologien, die drei oder mehr Berührungspunkte erkennen und als Eingabe durch den Benutzer verarbeiten können werden „(True-)Multi-Touch“ genannt.

Aufbauend auf den hier definierten Begriffen werden im Folgenden die am weitesten verbreiteten Technologien vorgestellt, die die Steuerung eines Systems durch gestenbasierte Eingaben ermöglichen:

3.1 Resistive Technologie

Auf berührungssensitiven Monitoren, die die resistive Technologie nutzen, sind zwei Indiumzinnoxid beschichtete Folien angebracht (Holzinger, 2003; Downs, 2005). Aufgrund der – durch die Beschichtung erzeugten – transparenten Halbleiter wird eine Leitfähigkeit hergestellt. Zwischen den Membranen verhindern sogenannte „Spacer-Dots“, dass die Folien direkt aufeinander liegen. Berührt nun ein Benutzer die unter Gleichspannung gesetzte, obere Folie, wird ein elektrischer Kontakt zwischen den beiden Membranen hergestellt. Aufgrund des sich ändernden Widerstandes kann die genaue Position anhand der Spannung in x- und y-Richtung errechnet werden. Variationen sind das Four- bzw. Five-Wire Prinzip. Diese Technologie wird in Single-Touch-Monitoren verwendet, kann jedoch auf einen Dual-Touch-Monitor erweitert werden. Aufgrund der reduzierten Lichtdurchlässigkeit und möglicher Blickwinkelverschiebung durch Einsatz von Folien ist diese Technologie für den Einsatz im medizintechnischen Bereich ungeeignet. Außerdem kann die Beschichtung der Oberfläche durch Desinfektion oder Reinigung unbemerkt beschädigt werden. Aus diesem Grund kann eine hohe Verfügbarkeit in sicherheitskritischen Situationen nicht jederzeit gewährleistet werden.

3.2 Kapazitive Technologie

Ähnlich wie die resistive Technologie verwendet die kapazitive Technologie eine mit Indiumzinnoxid beschichtete Glasplatte mit transparenten Halbleitern (Holzinger, 2003). An allen Ecken der leitfähigen Scheibe erzeugen dort angebrachte Elektroden ein gleichmäßiges elektrisches Feld. Eine Berührung der Scheibe durch einen geerdeten Gegenstand, z.B. Finger, hat eine elektrische Ableitung zur Folge. Die angelegte Spannung wird proportional zur Entfernung der Elektroden geteilt. Aus dem vorhandenen Spannungsverhältnis kann die genaue Position des Berührungspunktes errechnet werden. Durch Einsatz der kapazitiven Technologie ist es möglich, mehr als drei Berührungspunkte zu erkennen – sie kann daher als (True-)Multi-Touch-Technologie definiert werden. Die kostengünstige kapazitive Technologie zeichnet sich durch den Vorteil aus,

dass beliebige Glasscheiben verwendet werden können. Daher kann das Gerät problemlos gereinigt bzw. desinfiziert werden. Auch die Bedienung des Gerätes mit Handschuhen stellt bei der Nutzung neuester Technologien kein Problem dar.

3.3 Surface-Acoustic-Wave-Technologie (SAW)

Die SAW-Technologie verwendet in x- sowie in y-Richtung Sender und piezoelektrische Empfänger, die in den Ecken des Monitors positioniert sind (Holzinger, 2003). An den Rändern des Monitors sind Reflektorstreifen angebracht. Jeder Sender sendet Ultraschallwellen im 5-MHz-Band über den Monitor, die von den Reflektoren an den Empfänger weitergeleitet werden. Die Berührung des Monitors durch einen Benutzer absorbiert Teile der Strahlung. Der Empfänger analysiert die weitergeleiteten Wellen und stellt fest, ob eine Störung der Welle stattgefunden hat, und errechnet so die Position des Berührungspunktes. Grundsätzlich ist die SAW-Technologie in der Lage, *einen* Berührungspunkt zu orten, kann jedoch zu einer Dual-Touch-Technologie erweitert werden. Durch die Möglichkeit, robuste Monitore einzusetzen, ist der Einsatz der erweiterten SAW-Technologie im Bereich der Medizingeräte durchaus denkbar. Die hohe Berührungssensitivität der Oberfläche, die dazu führt, dass beispielsweise durch einen Spritzer auf den Monitor eine Funktion ausgelöst werden kann, ist jedoch problematisch. Ein Sicherheitsmechanismus könnte diese Einschränkung beheben.

3.4 Frustrated-Total-Internal-Reflection-Technologie (FTIR)

Die von Han entwickelte FTIR-Technologie (Han, 2005) basiert auf dem Phänomen der Totalreflexion. Die Konstruktion des Multi-Touch-Gerätes besteht aus einer eingespannten Plexiglasscheibe, einer unterhalb angebrachten Diffusionsfolie, die als Projektionsfläche genutzt wird, einem Beamer, der das Bild auf die Diffusionsfolie projiziert, sowie seitlich einer infrarotsensitiven Kamera. Seitlich zur Plexiglasscheibe positionierte Infrarot-LEDs werden unter Ausnutzung der Totalreflexion durch die Plexiglasscheibe gestrahlt und daher nicht an den Grenzflächen gebrochen, sondern vollständig reflektiert. Berührt ein Gegenstand die Scheibe, so wird das Licht gebrochen und strahlt nach unten ab, wo die Kamera das aufgenommene Bild an eine Auswertungseinheit weiterleitet, die die genaue Position des Berührungspunktes errechnet. Abhängig von dem Aufnahmewinkel der Kamera und der Anzahl der eingesetzten Kameras ist es möglich, im Prinzip beliebig viele Berührungspunkte gleichzeitig zu registrieren und zu verarbeiten. Aufgrund dieser Tatsache ist die FTIR-Technologie als (True-)Multi-Touch-Technologie einzuordnen. Aufgrund der Größe des Aufbaus ist die FTIR-Technologie für den Einsatz im medizinischen Bereich ungeeignet.

4 Analyse

Der Einsatz von medizintechnischen Geräten ist generell vor einem sicherheitskritischen Hintergrund zu sehen. Eine Fehlbedienung des Systems aufgrund einer unzureichenden Gebrauchstauglichkeit kann im schlimmsten Fall eine Lebensgefahr für den Patienten hervorrufen. Daher gilt es, über ausführliche Analysen

der zu bearbeitenden Aufgaben, der Benutzer und des Nutzungskontexts die Anforderungen, die das System erfüllen muss, zu ermitteln. Darüber hinaus soll eine detaillierte Analyse der zur Verfügung stehenden Interaktionsgesten, die Eignung der gestenbasierten Steuerung eines medizintechnischen Gerätes überprüfen und mögliche erfolgversprechende Interaktionskonzepte aufzeigen.

4.1 Aufgaben und Einsatzgebiet

Grundsätzlich wird ein Anästhesie- bzw. Beatmungsgerät vom Personal bei multiplen Aufgaben unterstützend eingesetzt. Der Einsatz des Gerätes orientiert sich stark am Therapieverlauf. In unterschiedlichen Phasen des Therapieverlaufs werden unterschiedliche Aufgaben mit dem Gerät erledigt. Der Therapieverlauf lässt sich in 5 Phasen unterteilen:

1. Ein Arzt stellt eine Diagnose, anhand der ein Patient narkotisiert oder beatmet werden muss.
2. Der Arzt ermittelt die physiologischen Parameter, um die Dosierung von Beatmung und/oder Narkotika zu berechnen.
3. Der Patient wird kontrolliert (komplett von der Maschine) oder assistiert (von der Maschine unterstützt) beatmet.
4. Der Patient steht unter Beobachtung des Personals. Dosierungen von Gas-Zufuhr bzw. Beatmungsmodi werden dem Behandlungsverlauf nach angepasst.
5. Der Patient wurde durchgehend beatmet und erhält eine sukzessive Entwöhnung der maschinellen Unterstützung.

Insbesondere die Phasen 2 bis 5 bieten die Möglichkeit zum Einsatz eines medizintechnischen Gerätes und damit einer Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine. Aufgrund des sicherheitskritischen Hintergrunds lässt sich dies nach Herczeg (2006, S. 65 f.) als Prozessführungssystem definieren, das folgende Risiken birgt:

- Das Personal vertraut auf die korrekte Arbeitsweise des Gerätes und neigt zur Übertragung der Transferleistung auf das Gerät.
- Aufgrund der Funktions- und Parametervielfalt ist es möglich, dass essentielle Werte übersehen werden.
- Durch Werte in kritischen Bereichen ausgelöste Alarmlänge können übersehen werden.
- Das Personal ist aufgrund der Funktionsvielfalt mit der Bedienung des Gerätes überfordert und kann in kritischen Situationen nicht rechtzeitig reagieren.

Anhand der identifizierten Schwierigkeiten lassen sich im Folgenden Anforderungen an ein Prozessführungssystem im medizintechnischen Bereich definieren:

- Die Transferleistung muss immer durch das Personal erbracht werden, daher darf das Gerät nicht den Anschein erwecken, dass eine Diagnose zu 100% zuverlässig ist.
- Alarmsituationen müssen übersichtlich gestaltet werden. Die Aufmerksamkeit des Benutzers muss auf den kritischen Bereich gelenkt werden.
- Eine hohe Gebrauchstauglichkeit in der Bedienung ermöglicht dem Benutzer eine effektive, effiziente und zufriedenstellende Lösung seiner Aufgabe.

Neben den zu lösenden Aufgaben ist auch das Einsatzgebiet des Gerätes ein wichtiges Kriterium, das zur weiteren Formulierung von Anforderungen an die Gestaltung des Systems verhilft.

Das Haupteinsatzgebiet von Beatmungs- oder Anästhesiegeräten sind Intensivstationen und Operationssäle. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Personal das diese Geräte bedient, nicht homogen ist. Stattdessen muss zwischen den Kompetenzen und Berechtigungen von Ärzten und Pflegepersonal unterschieden werden.

Geräte, die zur *Beatmung* eines Patienten dienen, werden zum Großteil stationsintern genutzt. Nachdem Patienten an das Gerät angeschlossen und die notwendigen Einstellungen vorgenommen wurden, bleiben diese bei laufendem Betrieb über einen längeren Zeitraum bestehen. Der Therapieverlauf des Patienten wird vom Personal verfolgt. Die Parameter am Gerät werden i.d.R. nur auf Anweisung und in Verantwortung eines Arztes angepasst. Es ist notwendig, dass das Personal im Sinne der Situation Awareness (Endsley & Garland, 2000) einen schnellen Überblick über den Gesamtzustand erhalten kann, um das weitere Vorgehen einschätzen und bewerten zu können.

Eine andere Verteilung der Zuständigkeiten besteht im Bereich der *Anästhesie*. Das Gerät wird ausschließlich im Operationssaal, in Deutschland überwiegend von einem Arzt bedient. Außerhalb Deutschlands ist die Bedienung eines Anästhesiegerätes durch nichtärztliches Personal Standard. Gelegentlich erhält eine Anästhesieschwester Anweisungen vom Arzt, der für die Überwachung der Vitalfunktionen und Dosierung der Narkotika verantwortlich ist. Während einer Narkose im Operationssaal müssen häufiger Änderungen am Gerät vorgenommen werden. Insbesondere dabei könnten Arzt und Pflegepersonal durch eine hohe Gebrauchstauglichkeit des Gerätes sinnvoll entlastet werden.

Darauf aufbauend lassen sich folgende Probleme und Anforderungen erkennen:

- Die Absprache zwischen Schichtwechseln im Krankenhaus kann fehlerbehaftet sein. Daher sollte das Gerät dem Benutzer eine nachvollziehbare Historie der Alarme, Einstellungen und Messwerte bieten.

- Die Bedürfnisse von Ärzten und Pflegepersonal unterscheiden sich in Abhängigkeit von ihren Kompetenzen. Generell lässt sich festhalten, dass Ärzte die Diagnose anhand von Messwerten stellen. Das Pflegepersonal hingegen modifiziert Einstellungen am Gerät in der Regel nur aufgrund von Anweisungen der Ärzte. Daher sollte das Gerät in seiner Darstellung die Möglichkeit zur Individualisierung bieten, um den unterschiedlichen Anforderungen des Personals gerecht zu werden, um die damit verbundene Aufgabe optimal zu lösen.

4.2 Benutzeranalyse

Generell sind bei der Bedienung eines Geräts das *Sachproblem* und das *Interaktionsproblem* (Streitz, 1986) zu unterscheiden. Das Sachproblem umfasst die Bewältigung der eigentlichen Aufgabe, beispielsweise „Patient beatmen“. Soll diese Aufgabe mit einem technischen System erledigt werden, stellt sich dem Benutzer neben dem Sachproblem noch das Interaktionsproblem: wie kann das Gerät instruiert werden, das Sachproblem zu lösen. Dieser Zusammenhang lässt sich mithilfe des ABC-Modells (Bild 1) veranschaulichen.

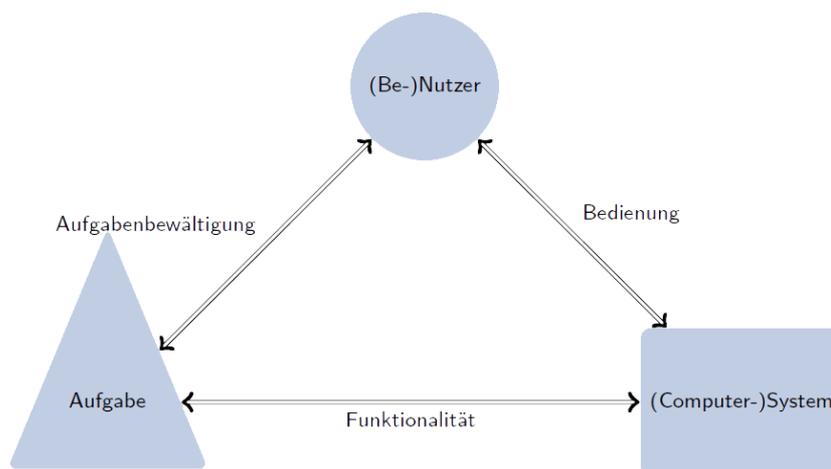


Bild 1: Aufgaben, Benutzer, Computer-Modell (Oppermann et. al., 1992)

Zur gesonderten Unterstützung des Benutzers beim Lösen des Interaktionsproblems bietet es sich an, bereits bekannte Gesten (z.B. von Smartphones) zur Steuerung eines Systems zu verwenden. Dies erleichtert dem Benutzer das Erlernen der Bedienung des Systems. Benutzern, denen die Bedienung multi-touch-fähiger Systeme nicht geläufig ist, sollen Bedienelemente durch Affordanzen (Gibson, 1977; Norman, 1988) ihre Interaktionsmöglichkeiten aufzeigen.

Aufgrund der im vorigen Abschnitt beschriebenen Zuständigkeiten lässt sich der Erfahrungsstand in der Benutzung des Gerätes in zwei Kategorien unterteilen. Benutzer, die anhand von Parametern und dem Therapieverlauf eines Patienten eine rechtsverbindliche Diagnose stellen, besitzen einen großen Erfahrungsstand in der Bedienung des Gerätes – im Folgenden als „hohe Expertise“ definiert. Dementgegen besitzen Benutzer, die auf Anweisung Änderungen am Gerät

vornehmen, kein ausgeprägtes Wissen in der Bedienung des Gerätes. Diese lassen sich als Benutzer mit „geringer Expertise“ kategorisieren. Mögliche Erfahrungsstände zwischen diesen Gruppen sind nicht auszuschließen. Es kann außerdem nicht genau bestimmt werden, in welchen Bereichen Benutzer Expertise erlangt haben und in welchen nicht, da diese stark von der Benutzung von sekundären Funktionen des Gerätes abhängt, die nicht im täglichen Fokus zur Erledigung von Aufgaben stehen. Weiterhin ist es durchaus möglich, dass durch Personalknappheit, Schichtdienste und unvorhergesehene Ausfälle eine Verschiebung der Zuständigkeiten stattfindet. So ist es durchaus denkbar, dass Benutzer, die zuvor als Benutzer mit geringer Expertise definiert wurden, durch regelmäßiges Lösen ihrer Aufgabe mit dem Gerät ihre Expertise in der Bedienung des Gerätes ausbauen. Demgegenüber stehen Benutzer, die eine hohe medizinische Fachkenntnis in der Diagnose besitzen, jedoch selbst durch das häufige Erteilen von Anweisungen in der Bedienung des Gerätes eine geringe Expertise besitzen.

4.2.1 Benutzer mit hoher Expertise

Benutzer, die regelmäßig Aufgaben mit dem Gerät lösen und sich intensiv mit dem Gerät beschäftigen, entwickeln einen routinierten Arbeitsablauf. Eine komplette Neugestaltung der Oberfläche würde diesen routinierten Arbeitsablauf stören, da das Auffinden und Auslösen von Funktionen mit hohem Suchaufwand verbunden sein kann. Das schnelle Eingreifen in einer lebensbedrohlichen Situation kann so erschwert werden, was wiederum sehr schwerwiegende Folgen haben kann.

4.2.2 Benutzer mit geringer Expertise

Auch wenn Benutzer in der Bedienung eines medizintechnischen Systems nur anteiliges Expertenwissen erlangt haben, kann davon ausgegangen werden, dass zentrale und wichtige Bedienelemente bekannt sind. Um diese Benutzer in ihrer Handlungsweise zu unterstützen, sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Eine visuell ansprechende und attraktiv gestaltete Benutzungsstelle wirkt auf den Benutzer motivierend und kann ihn eventuell dazu ermutigen, seine Expertise auszubauen.
- Eine unmittelbare Verständlichkeit durch Aktivieren des vorhandenen Wissens des Benutzers ermöglicht es ihm, die Bedienung des Gerätes zu abstrahieren (vgl. realitätsbasierte Interaktion).
- Sicherheitskritische Funktionen sind durch geeignete Maßnahmen abzusichern.

Elementare Bedienelemente, die mehrfach zur Steuerung des Gerätes eingesetzt werden, sollten in sekundären Funktionen Anwendung finden, da diese Elemente bereits bekannt sind und dem Benutzer helfen, die Funktionsweise auf unbekannte Bereiche schnell übertragen zu können.

4.3 Interaktionsgesten

Grundsätzlich müssen vorhandene Interaktionsgesten auf ihre Eignung und Verständlichkeit zur Steuerung eines gestenbasierten Gerätes überprüft werden. In einem ersten Schritt werden die verschiedenen Klassen von Gesten vorgestellt. Die Gesten, die mit einem Finger ausgeführt werden können, lassen sich wie folgt definieren:

- Die Geste „Tap“ ist das einfache Berühren des Bildschirms – vergleichbar mit dem Klicken einer Maus (Bild 2a).
- Die „Double Tap“-Geste wäre in diesem Sinne vergleichbar mit dem Doppelklicken mit einer Maus (Bild 2b).
- Die Flick-Geste stellt das Blättern (beispielsweise durch ein Buch) dar (Bild 2c).
- Die Drag&Drop-Geste basiert auf der zuvor definierten Flick-Geste. Der Benutzer berührt ein manipulierbares Objekt, bewegt seinen Finger von einem Punkt zu einem anderen und löst die Berührung. Hierdurch positioniert er das Objekt neu auf dem Bildschirm (Bild 2d).
- Die Touch&Hold-Geste stellt eine länger ausgeführte Tap-Geste dar (Bild 2e).
- Die Scroll-Geste basiert auf der Flick-Geste und ermöglicht es dem Benutzer, den Sichtbereich in einem Objekt zu verändern. Das erweiterte „kinetische Scrollen“ nutzt eine Beschleunigungsmessung, um das Blättern durch eine Liste in einer proportionalen Geschwindigkeit zu ermöglichen (Quinn & Cockburn, 2009).

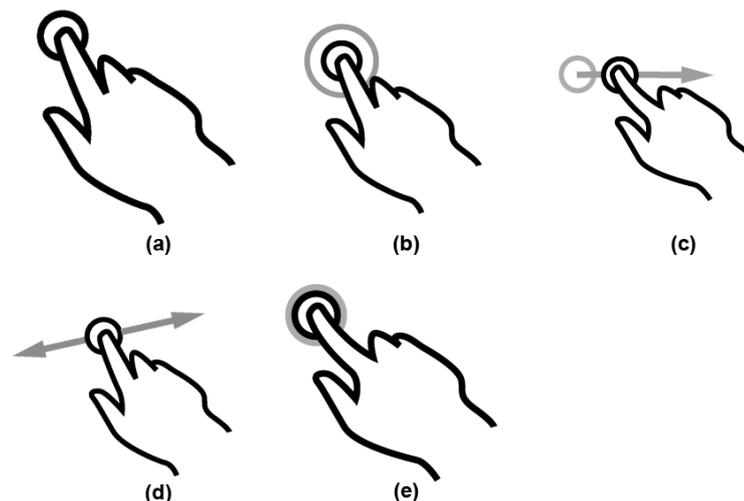


Bild 2: Single-Touch-Gesten (nach gestureworks, 2010)

Aufbauend auf den Gesten mit einem Finger lassen sich Gesten mit zwei Fingern wie folgt definieren:

- Das Vergrößern und Verkleinern von Objekten wird anhand der „Pinch open/close“-Geste durchgeführt. Der Benutzer berührt das Objekt mit zwei Fingern. Das Vergrößern des Abstands der beiden Berührungspunkte vergrößert das Objekt. Umgekehrt führt ein Verkleinern des Abstands der beiden Berührungspunkte zu einer Verkleinerung des Objekts (Bild 3a).
- Um ein Objekt zu drehen wird die Rotate-Geste angewandt. Der Benutzer berührt das Objekt an zwei Punkten und dreht beide Finger in einer kreisförmigen Bewegung um den Schwerpunkt des Objekts (Bild 3b).

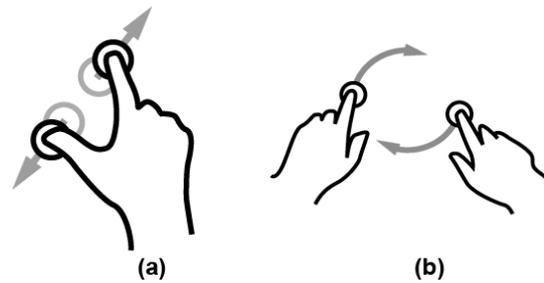


Bild 3: Double-Touch-Gesten (nach gestureworks, 2010)

Alle Gesten, die mit einem Finger ausgeführt werden, lassen sich in der Ausführung um einen Finger oder mehrere Finger erweitern. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Benutzer bereits Schwierigkeiten haben werden, ihr mentales Modell von der Benutzung des Geräts mit einem Finger auf die Bedienung mit zwei Fingern zu erweitern. Aufgrund dieser Tatsache werden bei der Konzeption nur Gesten, die mit einem oder zwei Fingern ausgeführt werden können, berücksichtigt. Die Gebrauchstauglichkeit von Gesten wurde in zwei Studien untersucht. Die Studie von Burmeister et al. (2009) legt nahe, dass das Verwenden und Erlernen von Gesten zur Steuerung eines Systems nur geringe Probleme verursacht (Bild 4). Die im Vergleich geringere Zielerreichung bei der Verwendung der „Pinch open/close“-Geste wurde darauf zurückgeführt, dass sich die Bewegungsabfolge und die damit verbundene Reaktion des Systems nicht aus der Realität abstrahieren lässt.

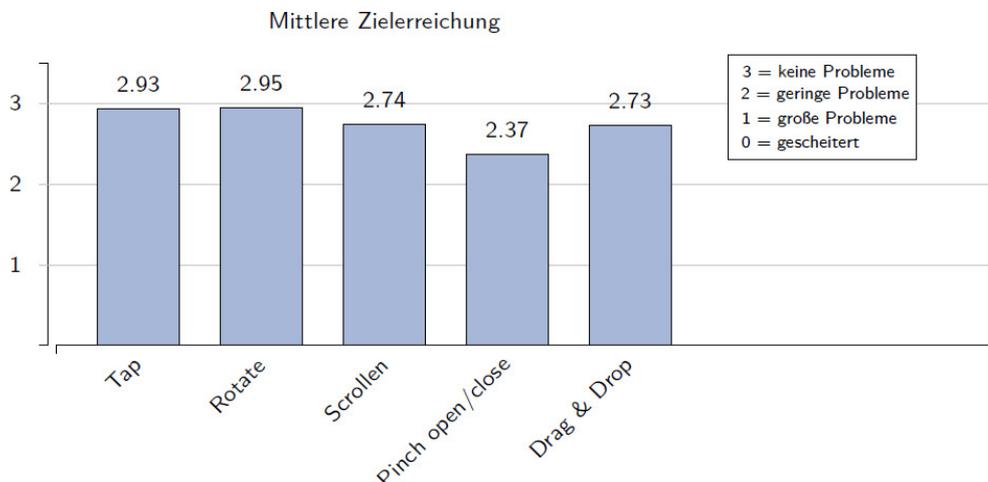


Bild 4: Zusammenfassung der Studie (nach Burmeister et al., 2009)

Im Rahmen einer weiteren Studie wurden Zwei- und Mehr-Finger-Gesten untersucht (Arthur, 2010). Die Ergebnisse zeigen, dass die Übertragung von Ein- auf Drei-Finger-Gesten in der Regel unproblematisch ist. Zwei-Finger-Gesten, wie „Pinch open/close“ und „Rotate“, hingegen, scheinen – wie schon bei Burmester et al. (2009) festgestellt – gewisse Schwierigkeiten in der Erlernbarkeit und Anwendung zu verursachen.

Aufgrund der Ergebnisse der Studien und der vorangegangenen Analyse kann abschließend festgehalten werden, dass die Anwendung von Zwei-Finger-Gesten nicht unproblematisch ist. Aufgrund des sicherheitskritischen Kontextes und möglicher lebensbedrohlicher Situationen werden diese Gesten nur in sekundären Funktionen Anwendung finden. Ein-Finger-Gesten werden jedoch gut von Benutzern angenommen und können dadurch generell in der Navigation und Auswahl innerhalb des Systems genutzt werden.

5 Konzepte

Aufbauend auf den im Analyseteil ermittelten Anforderungen und den dort berichteten empirischen Ergebnissen, werden im Folgenden Konzepte zur gestenbasierten Interaktion mit medizintechnischen Systemen vorgestellt. Die Steuerung eines Systems erfolgt in der Regel durch eine Navigationsleiste. Aufgrund der erwähnten unterschiedlichen Bedürfnisse von Ärzten und dem Pflegepersonal ist eine Funktion vorhanden, um benutzerdefinierte Buttons hinzuzufügen. Um Benutzern eine einfache Möglichkeit zu eröffnen, wird, wie in Bild 5 zu sehen, eine Liste aller verfügbaren Buttons angeboten, aus denen die gewünschten Elemente per Drag&Drop in die Menüleiste eingefügt werden können. Die im Menü vorgesehene Kategorisierung wird beim Hinzufügen durch beispielsweise Ausgrauen der restlichen Gruppen optisch hervorgehoben.

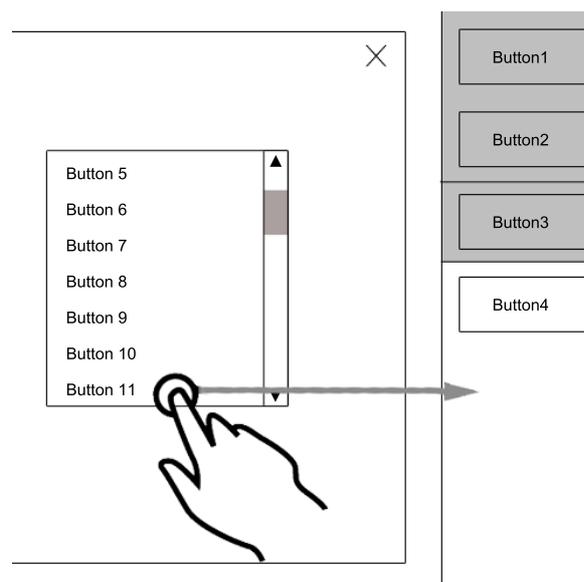


Bild 5: Benutzerdefinierte Buttons per Drag&Drop hinzufügen

Um innerhalb des Menüs weiterhin eine übersichtliche Darstellung zu erreichen, wird dem Benutzer die Möglichkeit geboten, sekundäre Buttons ein- und ausblenden zu lassen. Durch eine Touch&Hold-Geste, die auf dem jeweiligen Gruppen-Icon ausgeführt wird, erweitert sich die Gruppe und zeigt die sekundären Buttons an. Analog kann diese erweiterte Gruppe durch erneutes Ausführen der Geste geschlossen werden (Bild 6).

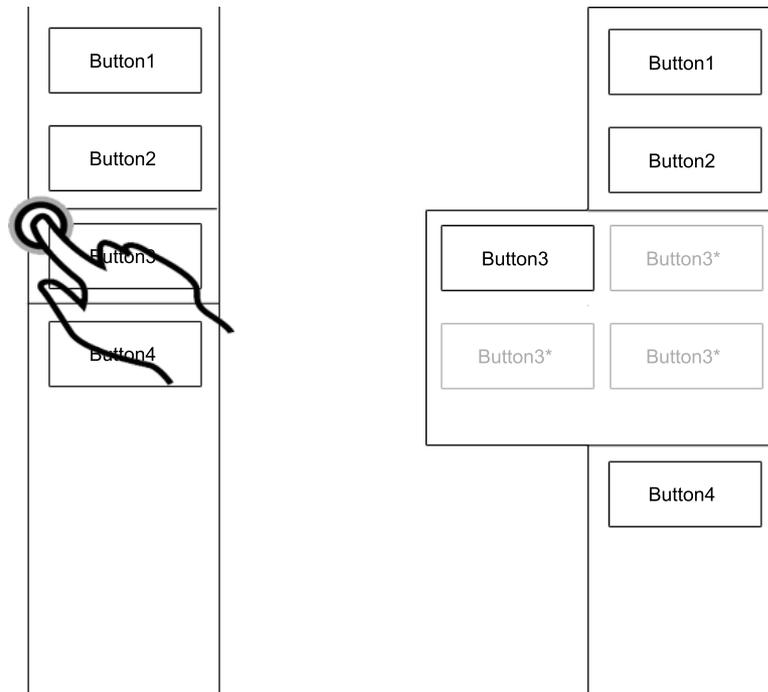


Bild 6: Erweiterbare Menüleiste durch Touch&Hold-Geste

Neben der Menüleiste ist die Therapy-Bar im unteren Bereich des Bildschirms ein grundlegendes Element zum Einstellen und Ändern von Beatmungsmodi und -parametern. Aufgrund der Platzbeschränkung werden selten geänderte Werte ausgeblendet und lassen sich durch Erweitern der Therapy-Bar einblenden. Gleichzeitig verdeckt diese Funktion jedoch die Darstellung der Messparameter. Um dem entgegen zu wirken, erfolgt das Erweitern durch eine Drag&Drop-Geste (Bild 7). Weiterhin wird dem Benutzer die Möglichkeit angeboten, die Therapy-Bar in eine Schnellansicht mit einer textuellen Übersicht aller Parameter zu verkleinern. Dies ist gerade bei einer Langzeitbeatmung sinnvoll, da selten Änderungen am Beatmungsverhalten vorgenommen werden, die Therapy-Bar jedoch Platz für weitere Parameterdarstellungen einnimmt.

Zur Navigation durch Listen mit größerem Inhalt wird das in Abschnitt 4.3 (f) erwähnte kinetische Scrollen verwendet, um den Benutzern die Möglichkeit zu geben, durch dynamische Gesten schnell an die gewünschte Stelle in der Liste zu gelangen. Ein weiteres denkbare Einsatzgebiet des kinetischen Scrollens ist die Navigation durch graphische Trenddarstellungen. Zur Skalierung solcher Darstellungen bietet sich der Einsatz der „Pinch open/close“-Geste an. Der Benutzer kann so durch wiederholtes Ausführen der Geste zwischen fest vorgegebenen Skalierungspunkten wechseln (Bild 8).

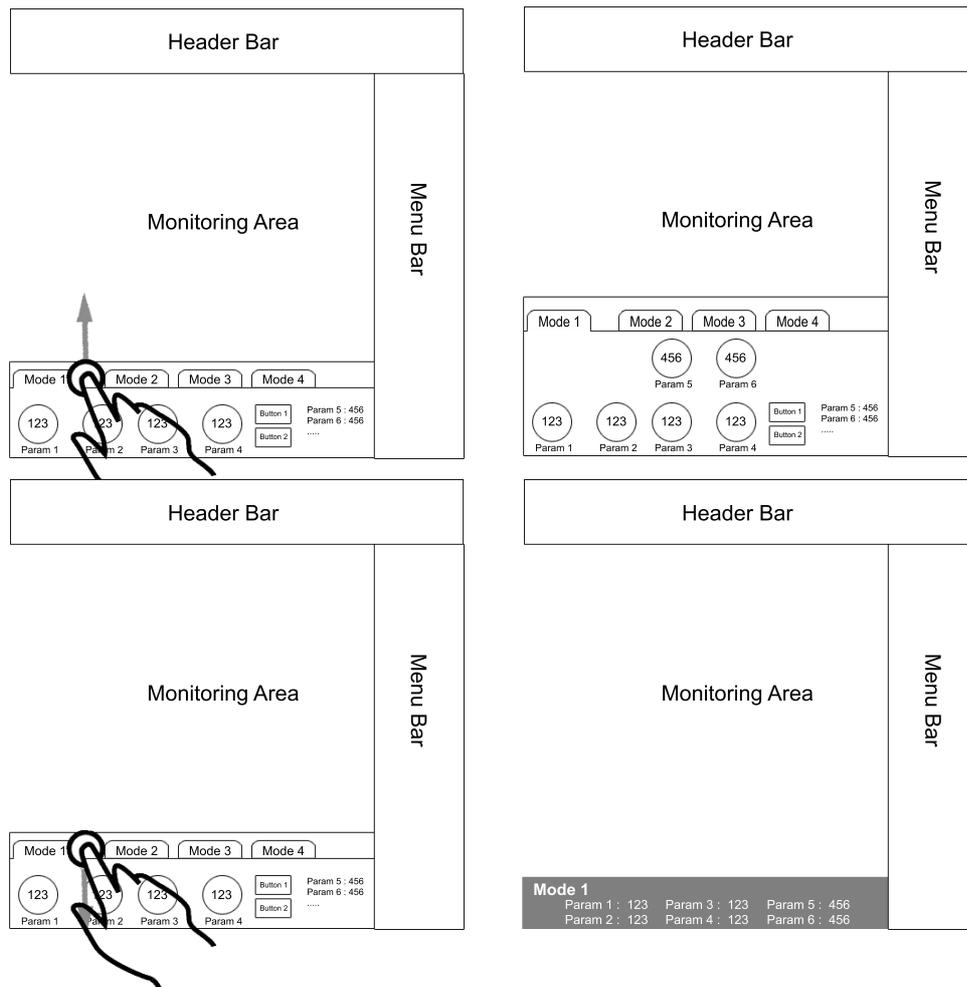


Bild 7: Interaktionskonzept zur Konfiguration der Therapy-Bar

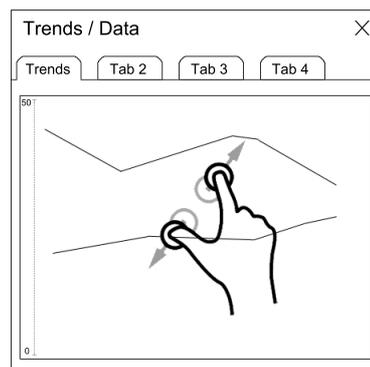


Bild 8: Skalieren von Trenddarstellungen

Sogenannte Parameter-Boxen sind ein zentrales Element bei der Darstellung von Messwerten. Sie können an verfügbare Messparameter angepasst werden und unterstützen die individuelle Konfigurierbarkeit des Gerätes durch den Benutzer. Einstellungen erforderten bislang Pop-Up-Fenster, welche die wichtigen Kurvendarstellungen der aktuellen Messwerte verdeckten. Um dies zu vermeiden, werden mögliche Anpassungen der Boxen durch eine gestenbasierte Steuerung des Gerätes ersetzt. Um den Parameter einer Box zu modifizieren, führt der Benutzer eine Touch&Hold-Geste aus. Das System gibt dem Benutzer eine

visuelle Rückmeldung in Form einer farbigen Umrandung. Durch Ausführen einer horizontalen Scroll-Geste kann der Benutzer zwischen den Messparametern wechseln und diese durch Drücken des Drehdrückstellers bestätigen.

Um zwei Parameter-Werte in einer Box zusammenzufassen, führt der Benutzer eine „Pinch close“-Geste auf zwei entsprechenden Boxen aus (Bild 9). Der untere Wert erscheint in der oberen Box neben dem vorherigen Wert. Durch gegen- gleiches Ausführen der Geste kann die fusionierte Werte-Darstellung auch wieder in Ein-Parameter-Boxen zurückgeführt werden.

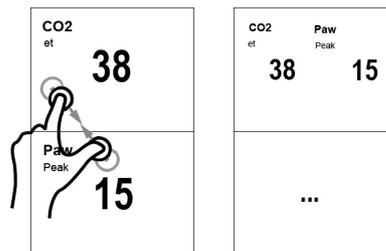


Bild 9: Zusammenfügen von zwei Parametern

Führt der Benutzer die „Pinch open“-Geste aus, während er beide Finger auf einer Parameter-Box platziert hat, wird diese Box in der Größe verdoppelt und nimmt den Platz der darunter liegenden ein (Bild 10). Eine „Pinch close“-Geste auf einer vergrößerten Box stellt diese wieder in ihrer ursprünglichen Größe dar.

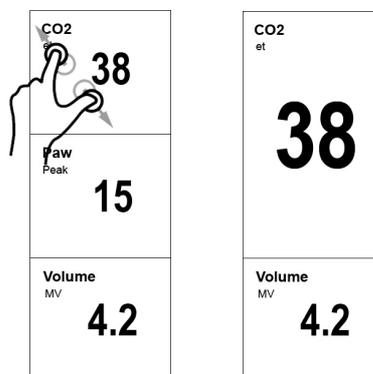


Bild 10: Vergrößern von Parameter-Boxen

Die Position einzelner Boxen kann per Drag&Drop geändert angepasst werden. Der Benutzer berührt eine Box und zieht diese zwischen zwei andere oder über eine Box. Nach dem Ende der Berührung hat die Parameter-Box ihren neuen Platz eingenommen und die übrigen Boxen nach unten verschoben.

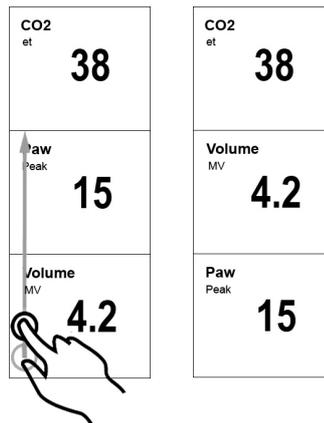


Bild 10: Positionsänderung per Drag&Drop

Aufgrund der verschiedenen Anforderungen durch unterschiedliches Personal ist es möglich, verschiedene Ansichten von Kurven- und Werte-Darstellungen zu definieren. Der Benutzer kann durch Ausführen einer Flick-Geste durch die definierten Ansichten „blättern“ (Bild 11). Eine halb-transparent hinterlegte Übersicht gibt dem Benutzer Aufschluss über die aktuelle Position in der Liste verfügbarer Ansichten. Gleichzeitig kann er durch Berühren des Titels einer Ansicht in der Übersicht schnell zu einer gewünschten Ansicht springen.

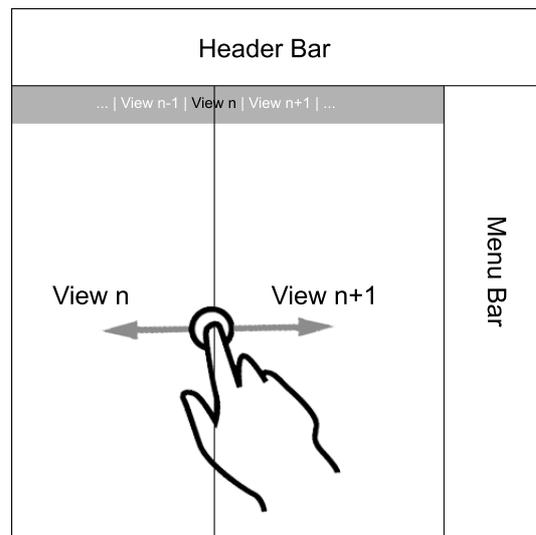


Bild 11: Ansichtenwechsel durch Flick-Geste

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Konzepte werden derzeit in Gestalt einer flashbasierten Demonstratoranwendung implementiert. Mit Hilfe dieses Demonstrators soll die klinische Eignung von gestenbasierter Interaktion in empirischen Studien überprüft werden.

Literatur

- Arthur, K. (2010). Evaluating Touch Gesture Usability. In *Proceedings of Usability Professionals Association International Conference (UPA 2010)*. München: UPA.
- Blake, J. (2010). *NUIs reuse existing skills (updated NUI definition)*. Verfügbar unter: <http://nui.joshland.org/2010/04/nuis-reuse-existing-skills.html>, Stand: 21.05.2010.

- Burmester, M., Koller, F. & Höflacher, C. (2009). *Touch it, move it, scale it*. Ludwigsburg: User Interface Design GmbH.
- Downs, R. (2005). Using resistive touch screens for human/machine Interface. *Analog Applications Journal*, 3Q, 5–9.
- Endsley, M.R. & Garland, D.J. (eds.) (2000). *Situation Awareness - Analysis and Measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- gestureworks (2010). *Established Multitouch Gesture Support*. Verfügbar unter: <http://gestureworks.com/about/supported-gestures/>, Stand: 14.06.2010.
- Gibson, J.J. (1977). The Theory of Affordances. In R. Shaw & J. Bransford (eds.), *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, (pp. 67-82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Han, J.Y. (2005). Low-Cost Multi-Touch Sensing Through Frustrated Total Internal Reflection. In *Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (UIST '05)*, (pp. 115-118). New York: ACM.
- Herczeg, M. (2006). *Interaktionsdesign*. München: Oldenbourg.
- Holzinger, A. (2003). Finger instead of mouse: touch screens as a means of enhancing universal access. In *Proceedings of the User interfaces for all 7th international conference on Universal access (ERCIM'02)*, (pp. 387-397). Berlin: Springer.
- Jacob, R.J., Girourard, A., Hirshfield, L.M., Horn, M.S., Shaer, O., Solovey, E.T. & Ziegebaum, J. (2008). Reality-based interaction: a framework for post-WIMP interfaces. In *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI '08)*, (pp. 201-210). New York: ACM.
- Monson-Haefel, R. & Buxton, B. (2010). *What is Natural?*. Verfügbar unter: <http://theclevermonkey.blogspot.com/2010/01/what-is-natural.html>, Stand: 21.05.2010.
- Norman, D.A. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- Oppermann, R., Murcher, B., Reiter, H. & Koch, M. (1992). *Software-ergonomische Evaluation: Der Leitfaden Evadis II*. Berlin: Walter De Gruyter.
- Streitz, N.A. (1986). Cognitive ergonomics: an approach for the design of user-oriented interactive systems. In Klix, F. & Wandke, H. (Hrsg.), *Seminar of The International Union of Psychological Science (IUPsyS) on Man-Computer Interaction Research (MACINTER-I): Proceedings of the first network*, (pp. 21-33). Amsterdam: North-Holland.
- Quinn, P. & Cockburn, A. (2009). Zoofing!: faster list selections with pressure-zoom-flickscrolling. In *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group (OZCHI '09)*, (pp. 185-192). New York: ACM.

Autoren

D. Burmeister	Dräger Medical AG & Co. KG
Dipl.-Ing. S. Lederhilger	Lübeck
Dr. M.C. Kindsmüller	Universität zu Lübeck
Prof. Dr. M. Herczeg	Institut für Multimediale & Interaktive Systeme

Kontakt:

daniel.burmeister@draeger.com