

# PRAXISBERICHT ZUR GESTALTUNG AUDITIVER BENUTZUNGSOBERFLÄCHEN

**Palle Klante**

Kuratorium OFFIS e.V.  
Escherweg 2  
26131 Oldenburg  
klante@offis.de  
<http://www.offis.de>

## ABSTRACT

Der Bericht gibt einen Einblick in die praktischen Probleme, die bei der theoriegeleiteten Gestaltung von auditiven Benutzungsoberflächen auftreten. Auf Grundlage mehrerer Projekte zur Entwicklung von auditiven Benutzungsoberflächen ist eine verallgemeinerte Vorgehensweise entstanden, die in anderen Projekten als Handlungsrahmen eingesetzt werden kann. Wichtiges Prinzip bei der Vorgehensweise ist die strikte Trennung von Dialogstruktur, Entwicklung von Interaktionsobjekten und dem Sounddesign.

## Keywords

Auditory User Interface, Hearcon, Multimodal Interaction, Usability Engineering, Sounddesign

## 1. EINLEITUNG

Zur Einführung in die Problematik eine kurze Beschreibung eines typischen Szenarios: Erklärt man potentiellen Benutzern vor einer Evaluation die Versuchsdurchführung und den Gegenstand der Evaluation, kommen die Probanden zunächst zu dem Schluss: „Dies macht bestimmt keine Schwierigkeiten. Ich kann gut hören und außerdem benutze ich meine Ohren ja den ganzen Tag.“ Die anschließende Versuchsauswertung macht deutlich, dass insbesondere bei Untersuchungen mit räumlich angeordneten Soundquellen eine Reihe von Problemen auftreten:

- Identifizierung künstlich erzeugter Sounds, die nicht aus der eigenen und bekannten Erfahrungswelt stammen.
- Erlernen dieser vollkommen fremden Geräusche.

Es ist erlaubt digitale und Kopien in Papierform des ganzen Papers oder Teilen davon für den persönlichen Gebrauch oder zur Verwendung in Lehrveranstaltungen zu erstellen. Der Verkauf oder gewerbliche Vertrieb ist untersagt. Rückfragen sind zu stellen an den Vorstand des GC-UPA e.V. (Postfach 80 06 46, 70506 Stuttgart).

Proceedings of the  
1st annual GC-UPA Track  
Stuttgart, September 2003

© 2003 German Chapter of the UPA e.V.

- Intensitätsunterschiede, die normalerweise für die Entfernungsschätzung genutzt werden, bekommen plötzlich eine andere Bedeutung.
- Grosse Anzahl gleichzeitig erklingender Geräusche.
- Ständige Konzentration auf die Soundausgabe.
- Lokalisation der Geräusche an der exakten Position durch zielgerichtetes Vorgehen.
- Differenzierung mehrerer Soundquellen und korrekte Zuordnung von Soundquelle und Position.
- Interaktion mit einem Objekt, welches nicht real (für den Benutzer kein greifbarer Gegenstand) vorhanden ist.
- Permanentes Erklingen der Geräusche, die nur durch Interaktion leiser werden oder verschwinden.
- Erkennung der Interaktionsmöglichkeiten mit einem Objekt und Identifizierung der Funktionalität.
- Trennung der Geräusche aus dem realen Umfeld und der virtuellen Welt.

Der gewünschte Grad an Realismus ist nur schwer zu erreichen und die tatsächliche auditive Ausgabe weicht von der theoretisch möglichen Ausgabe ab. Die Probleme betreffen nicht nur die potentiellen Benutzer, sondern auch die Gestalter des interdisziplinären Designerteams der auditiven Benutzungsoberflächen. Sie treten schon während des Entwicklungsprozesses auf und müssen dort berücksichtigt werden. Darüber hinaus liegen die Schwierigkeiten während der Entwicklung noch an anderen Stellen:

- Zeitabhängigkeit des Mediums.
- Ein „Screenshot“ spiegelt den Systemzustand nicht wider.
- Minimale Auflösung einer auditiven Benutzungsoberfläche und mangelnde Darstellungspräzision.
- Ungenügende Vorstellungskraft, wie sich die tatsächliche auditive Ausgabe zu einer

grafischen Darstellung anhört.

- Interdependenzen zwischen den einzelnen Geräuschen, die zu falschen Informationsdarstellungen führen können.
- Komposition der Geräusche und Interaktionsmöglichkeiten müssen gekoppelt werden und sind frühzeitig zu klären.
- Wenig vorhandenes Basiswissen und Erfahrungen auf das Designentscheidungen gelegt werden kann.
- Kommunikationsproblem, da nicht auf einzelne Objekte in einer Ausgabe gezeigt werden kann.

Die genannten Probleme haben ihren Ursprung in der auditiven Informationspräsentation und unterscheiden sich deutlich von der Gestaltung und dem Vorgang der Gestaltung von grafischen Benutzungsoberflächen.

## 2. AUDITIVE BENUTZUNGSOBERFLÄCHEN

Obwohl Akustik als Medium zur Kommunikation und Darstellung von Sachverhalten in unserer Umwelt verwendet wird, hat es relativ spät Einzug zur Bedienung von Rechnern erhalten. Es dient dort nur zur redundanten Darstellung primär grafisch präsentierter Informationen oder zur Ausgabe von Warnungen und ist damit eher negativ vorbelastet. Zur Einordnung der hier beschriebenen auditiven Benutzungsoberflächen eine kurze Kategorisierung: Im Wesentlichen kann die Unterscheidung zwischen einer Sprachausgabe, bei der die Ausgabe von Informationen über einen Sprachdialog erfolgt und einer nicht-sprachlichen Ausgabe erfolgen. Die Sprachausgabe ist ein serielles Medium, welches nur langsam und schrittweise Informationen ausgibt und eine Exploration des Datenbestandes nur schwer zulässt. Nichtsprachliche Ausgaben sind hingegen von Parallelität geprägt. Sie können gleichzeitig mehrere Objekte darstellen und geben einen Überblick.

Gegenstand dieser Arbeit sind die nichtsprachlichen Benutzungsoberflächen, die sich dem Benutzer über Töne, Klänge, Musik oder Geräusche präsentieren. Vorreiter auf konzeptioneller Ebene sind die Arbeiten von Blattner [1] zu **Earcons**, wo einfache Töne genutzt werden, die zu Klängen erweitert werden, um Objekte und Hierarchien darzustellen. Eine Kombination von verschiedenen Tönen kann eine bestimmte Position in einer Hierarchie angeben oder verdeutlichen, welche Funktionalität auf ein Objekt angewendet werden kann. Dieses Konzept ist für eine große Menge an Informationen gut geeignet, hat jedoch Schwächen bei der Erlernbarkeit der Bedeutung der verwendeten Klänge. Hingegen haben die **Auditory Icons** von Gaver [2] als Grundidee, die Verwendung von assoziativen Geräuschen, die in der natürlichen Umwelt (Everyday Listening) existieren und bei

denen der Benutzer beim Hören des Geräusches sofort eine Vorstellung von dem zugehörigen Objekt bekommt. Diese Codierung ist leicht zu erlernen, hat aber auch Nachteile: Nicht für alle Objekte existieren entsprechende Geräusche und sie werden als unangenehm wahrgenommen, wenn man sie dauerhaft hört. Die Lösung zur Wahl geeigneter Sounds liegt in der geschickten Kombination dieser beiden Soundkonzepte.

### 2.1 Hearcons

Wie der angegebenen Literatur zu entnehmen ist, sind entsprechende Konzepte zum Sounddesign relativ alt, was nicht zuletzt auch auf die zur Verfügung stehende Soundhardware zurückzuführen war. Diese Situation hat sich durch die Verbreitung adäquater Soundhardware, die stereophonische Soundausgaben ermöglichen, geändert. Es stehen somit mittlerweile innovative auditive Interaktionsmöglichkeiten zur Benutzung von Rechnern zur Verfügung. Entscheidendes Attribut ist die Dreidimensionalität. Objekte können in einem virtuellen akustischen Interaktionsraum positioniert werden. Diese Phantomgeräusche werden Hearcons [3] genannt und sind permanent klingende Objekte mit

- einem spezifischen Geräusch,
- einer bestimmten Schallintensität,
- einer Position im Raum und
- einer Interaktionsfläche.

Hearcons sind die kleinste Komponente in einer auditiven Benutzungsoberfläche und alle Interaktions- und Informationsobjekte werden aus ihnen entwickelt. Diese Objekte bestehen dabei unter Umständen aus mehr als einem Hearcon. Die Umsetzung der Codierungsattribute wird im Folgenden genauer beschrieben und an zwei Szenarien erklärt.

### 2.2 Anwendungsbeispiele

Zwei kurze Beispiele erläutern die Einsatzmöglichkeiten für auditive Benutzungsoberflächen:

Im Projekt „Zugang zum Internet für Blinde“ [4] wurde ein auditiver Webbrowser (AirClient) für blinde Rechnerbenutzer entwickelt. Ziel war die Abbildung des Layouts einer Webseite unter Beibehaltung der Topologie und Topographie in einem auditiven Interaktionsraum. Dazu wird die in einem grafischen Browser gerenderte Darstellung einer Webseite mit ihren Objekten ausgelesen und auf eine virtuelle auditive Wand vor dem Benutzer im auditiven Interaktionsraum übertragen. Unterschiedliche Kategorien von Typen wurden bestimmt und jedem Typ ein Hearcon zugeordnet. Der blinde Benutzer kann nun mit einem Eingabegerät die Webseite auditiv explorieren, wobei die sog. Fackelmetapher angewendet wird.

Die Umsetzung eines mobilen auditiven MP3-Players [5] verfolgt die Darstellung von

Hierarchiestrukturen, wie sie von typischen Menüs bekannt sind. Tragbare MP3-Player werden immer kleiner, wobei Grenzen hinsichtlich der Benutzbarkeit existieren. Häufig wird auf ein Display verzichtet, um den Formfaktor zu minimieren, wodurch als Nebeneffekt das System ohne Feedback-Mechanismen bedient werden muss. Dies widerspricht jedoch der Tendenz eine immer größere Titelauswahl anzubieten und dem Wunsch mehr Funktionalität in das System zu integrieren. Die Lösung ist eine auditive Steuerung, besonders weil die technischen Rahmenbedingungen schon existieren und akustische Inhalte verwendet werden.

### 3. GESTALTUNGSPROZESS

Die Lösung der oben angegebenen Probleme kann durch ein strukturiertes zielgerichtetes Vorgehen erreicht werden, indem die Designkomplexität minimiert wird. Entscheidend ist die frühzeitige Identifizierung und Eliminierung der vielfältigen Abhängigkeiten, um so eine geeignete Grundlage für die Gestaltung zu schaffen. Als Grundlage des Auditory Usability Engineering Process dient eine weiterentwickelte Form von Mayhew [6] und des ISO Human-Centred Design Processes for Interactive Systems [7]. Dies sieht einen iterativen, sowohl vertikal, als auch horizontal mehrschichtigen Prozess vor. Auf die schnelle und kostengünstige Entwicklung von Prototypen und deren Evaluation ist aufgrund der Lücken in den Designprinzipien dringend zu achten.

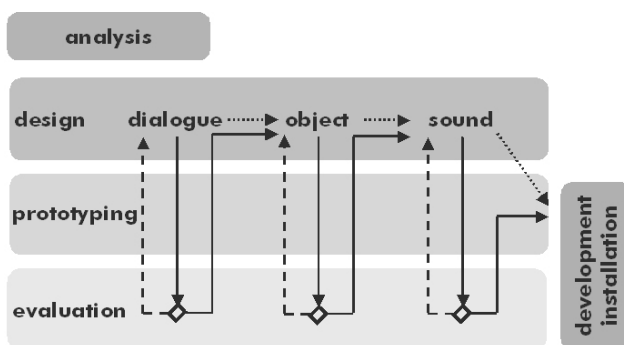


Abbildung 1: Entwicklungsphasen sind vertikal und horizontal getrennt

In der Anforderungsanalyse werden erste Unterschiede deutlich. Es sind die Benutzercharakteristika (z.B. Hörvermögen des Benutzers), der Kontext der Bearbeitung (z.B. arbeitet der Benutzer allein oder ist er auf die Kommunikation mit anderen angewiesen), die Umgebung (z.B. befindet er sich in einem lauten Umfeld) sowie die Eigenschaften des zur Verfügung stehenden Systems (z.B. vorhandene technische Ausstattung, Kopfhörer) die entscheidenden Aspekte. Die Analyse der zu bearbeitenden Aufgaben unterscheidet sich hingegen nicht von der Vorgehensweise bei anderen interaktiven Systemen. Das Hinzuziehen von Design-Prinzipien und Grundsätzen ist problematisch, da sie für die Interaktion in auditiven Be-

nutzungsoberflächen noch nicht ausreichend existieren. Erste verstreute Ansätze sind gemacht, aber es bedarf einer tieferen Auseinandersetzung mit der Materie um die wichtigsten Regeln aufzunehmen. Hier wird noch im Einzelfall entschieden und nicht regelbasiert die Suche auf einen bestimmten Aspekt gelenkt. Im Vorfeld eines Projekts sollten Designrichtlinien erstellt werden, welche weniger detailliert sind. Sie sollten nur die wichtigsten Designphilosophien festhalten (etwa Art der Interaktion oder zu verwendende Metapher).

Das iterative Entwerfen, Testen und Entwickeln gliedert sich bei Mayhew in drei Ebenen, in denen der Detaillierungsgrad stetig zunimmt. In dieser Phase hat es sich für die Entwicklung von auditiven Benutzungsoberflächen bewährt, eine Trennung vorzunehmen (vgl. Abb.1): Es gibt weiterhin in der Vertikalen die drei Phasen Design, Prototyping und Evaluation mit der Überprüfung, ob die Designrichtlinien eingehalten worden sind. In der Horizontalen findet eine Aufteilung zwischen dem dialogbezogenen, dem objektbezogenen und dem geräuschbezogenen Teil der Benutzungsoberfläche statt. Die Trennung ist notwendig, da die Interaktionsobjekte noch nicht vollständig entwickelt sind und für jedes Projekt neu adaptiert werden müssen. Sie können somit unabhängig von der Dialogstruktur ausgetauscht und einzeln entwickelt werden.

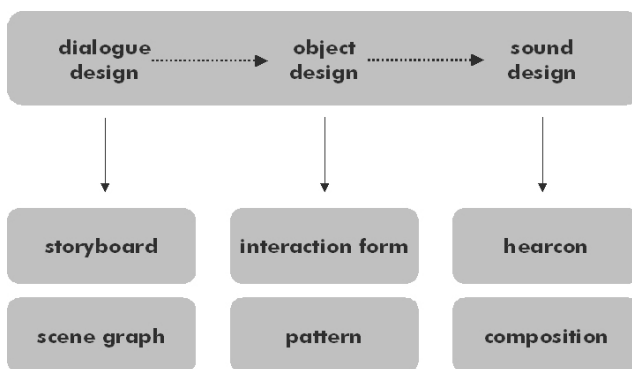
#### 3.1 Designphase

Ziel ist die schnelle Integration der Interaktionsobjekte in die Dialogstruktur, um die Entwicklung des Systems in mehreren Teams zu ermöglichen. Die einzelnen Komponenten (vgl. Abb.2): Dialogstruktur, Interaktionsobjekte und Sounddesign können unabhängig voneinander evaluiert werden und für die Erstellung von Mock-Ups oder Prototypen jederzeit zusammengefügt werden. Für diesen Schritt sollte ein Entwicklungstool wie VisualAID [8] verwendet werden, mit dem die am Prozess beteiligten Personen (Entwickler, Psychologe, Musiker, Komponist, Physiker, Interface Designer, Interaktionsspezialist) gemeinsam die Oberfläche erarbeiten können.

##### 3.1.1 Dialogdesign

Die Entwicklung der Dialogstruktur ist das federführende Element im Entwicklungsprozess. Sie orientiert sich am Storyboard und dem Szenenkonzept. Aus der Aufgabenanalyse heraus werden Hauptaufgaben identifiziert, die zu Teilaufgaben verfeinert werden. Diese Teilaufgaben werden in einem Storyboard exakt beschrieben und dabei ihr Zusammenspiel überprüft. Anschließend wird das Storyboard in einen Szenenbaum überführt. Szenen spiegeln entscheidend die Haupteigenschaft von Akustik durch ihre Dynamik wieder und unterstützen somit den zeitlichen Charakter der Akustik. Der Zustand der Benutzungsoberfläche verändert sich ständig. In ersten Versuchen wurde die Dialogstruktur noch mit Hilfe von Papierskizzen

entworfen, was bei häufigen Änderungen sehr mühsam ist. Zudem wird die Dynamik des Mediums dort nicht entsprechend dargestellt.



**Abbildung 2: Designebenen und Ergebnisdokumente**

Als Konzept wird die von Shneiderman postulierte Aufteilung von Informationen zur Visualisierung von grossen Datenmengen (Visual Information Seeking Mantra) [9] genutzt: Die Benutzungsoberfläche ermöglicht zunächst dem Benutzer sich einen Überblick über die angebotenen Objekte zu verschaffen. Anschließend wird automatisiert oder vom Benutzer eine Auswahl getroffen, die den darzustellenden oder interessanten Bereich weiter minimiert. Hierzu können Filter, Hierarchieinformationen oder Zooms genutzt werden. Schließlich kann ein Objekt ausgewählt werden und der Benutzer bekommt auf Anfrage weitere Informationen.

### 3.1.2 Objektdesign

Die Gestaltung der Interaktionsobjekte beschreibt auch die Ausgestaltung der vorher in der Dialogstruktur festgelegten Szenen. Für jede Szene (als eigenständiges Interaktionsobjekt) werden die äußeren Rahmenbedingungen beschrieben, etwa die akustischen Eigenschaften des zu verwendenden virtuellen Raumes. Der Benutzer interagiert nur mit den Interaktionsobjekten innerhalb einer Szene. Sie ermöglichen es Verarbeitungen anzustoßen oder eine Szene zu verlassen. Es sollte dabei versucht werden mögliche Standardaufgaben zu finden, um für die Wiederverwendbarkeit der Interaktionsobjekte zu sorgen.

Im Beispiel des AirClients ist dies etwa die Darstellung der Layoutstruktur in einer Szene. Der Benutzer bekommt Inhalts- und Navigationsbereiche angeboten, mit denen er interagieren kann. Im AirClient können diese Bereiche mit einem Zeigegerät selektiert werden und weitere Informationen dazu mit einer Sprachinteraktion abgefragt werden. Der Bereich kann aber auch aktiviert werden und die darin befindlichen Objekte werden präsentiert. Da sich die Form der Interaktion innerhalb eines ausgewählten Bereiches (die Objekte sind in einer Hierarchie strukturiert) von der Interaktion in der Hierarchiestufe darüber unter-

scheidet, wird eine neue Szene initiiert und der Inhalt darin angeboten.

Beim MP3-Player befindet sich das Hauptmenü in einer Szene. Dieses stellt mehrere Untermenüpunkte dar, die Funktionen des MP3-Players steuern. Der Benutzer kann über seine Cursortasten ein Untermenüpunkt auswählen, etwa zur Erzeugung von Playlisten oder zum Starten einer vorhandenen Playliste. Die Auswahl von Untermenüpunkten findet entsprechend in der gleichen Szene statt. Wird hingegen eine Funktion ausgelöst, wird eine neue Szene generiert.

### 3.1.3 Sounddesign

Die Problematik des Sounddesign steht im Vordergrund der Entwicklung auditiver Benutzungsoberfläche. Um die Komplexität zu verringern, erfolgt ein Sounddesign zunächst auf Basis der Interaktionsobjekte. Weitere anwendungsbezogene Sounds werden erst nach der Integration entworfen.

Die Kommunikation mit den Musikern und Komponisten erfolgt im Vorfeld deskriptiv. Es findet eine exakte Beschreibung der gewünschten Geräusche über Attribute statt. Die Deskriptoren sind leider nicht vereinheitlicht und jeder Mensch hat unterschiedliche Empfindungen beim Hören eines Geräusches oder nimmt es anders wahr. Nach dem Mapping der Geräusche auf die Interaktionsobjekte sollte das Ergebnis erneut vom Musiker auf die Einhaltung seiner Überlegungen und auf die nötige Synchronität der Geräusche überprüft werden.

Zudem konkurrieren die Soundattribute miteinander: Hat man gerade einen Sound gefunden, der eine besonders gute Frequenzaufteilung für eine Lokalisation hat, ist es möglich, dass er nach einiger Zeit für den Anwender unangenehm ist. Oder man findet ein Geräusch, welches auch über einen längeren Zeitraum von den Benutzern als angenehm empfunden wird und es stellt sich heraus, dass die tiefen Frequenzanteile in dem Geräusch dafür sorgen, dass es nur schlecht lokalisiert werden kann.

Die technischen Einflussfaktoren auf der Ausgabe-seite sind nicht zu vernachlässigen. Es konkurrieren Standards, die es nötig machen eine möglichst offene Architektur zu finden, in der auch verschiedene Endausgabegeräte berücksichtigt werden.

## 3.2 Evaluationsphase

Die Verwendung diverser Evaluationsmethoden muss auf die genutzten Modalitäten abgestimmt werden. So kann bspw. das „Laute Denken“ nur eingeschränkt verwendet werden, da der Versuchsteilnehmer nur sprechen kann, wenn keine Soundausgabe erfolgt. Die Kommunikation zwischen Versuchsteilnehmer und Versuchsleiter wird erschwert, wenn der Versuchsteilnehmer Kopfhörer verwendet, bzw. sich auf die akustischen Signale konzentrieren muss.

Dreidimensionale auditive Ausgaben können nicht direkt mit herkömmlichen Methoden, etwa der Videoaufzeichnung, gespeichert werden. Aus diesem Grund ist eine Abbildung der Informationen in einen grafischen Darstellungsraum notwendig. Zur Beantwortung der Frage, wie die Akustik adäquat über eine grafische Ausgabe dargestellt werden kann, konzentriert man sich auf die primären Codierungsattribute. Da wichtige Informationen über Lautstärke und Art des Geräusches codiert werden, müssen diese beiden Parameter in die grafische Ausgabe integriert werden. Zusätzlich müssen alle relevanten Informationen in einer Datenbank mitprotokolliert werden, um auditive Szenen nachstellen zu können. Typischerweise ist es notwendig, vorhandene Anwendungen um diese Funktionalität zu erweitern.

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Beschreibung typischer Probleme nach der Auswertung einer Evaluation zu auditiven Benutzungsoberflächen, ermöglicht einen Einblick in die erzielten Ergebnisse. Die Vielzahl kleinerer Probleme und deren Interdependenzen machen es notwendig, eine möglichst starke Trennung der Entwicklungsschritte vorzunehmen.

Bei der Entwicklung hat sich eine Trennung in Dialogstruktur, Entwicklung von Interaktionsobjekten und dem eigentlichen Sounddesign bewährt. Während der Entwicklungsphase können diese Komponenten regelmäßig zusammengeführt und einzeln, aber auch gemeinsam, evaluiert werden.

Auf dem Gebiet des zur Verfügung stehenden Basiswissens besteht noch deutlicher Forschungsbedarf. Hier fehlen vor allem wichtige Grundlagenexperimente. Aber auch Guidelines und Styleguides, die direkt für eine bestimmte Benutzergruppe für definierte auditive Benutzungsoberflächen in einem bestimmten Kontext und für bestimmte Aufgaben konzipiert werden und dem Entwickler in seiner aktuellen Gestaltungsaufgabe unterstützen.

Während der Entwicklung auditiver Benutzungsoberflächen ist ständig darauf zu achten, dass die theoretischen Überlegungen auch in kostengünstig erstellten Prototypen überprüft werden, um den Mangel an Erfahrungen auszugleichen.

#### 5. REFERENCES

- [1] Blattner, M.M., Sumikawa, D.A., und Greenberg, R.M. *Earcons and Icons: Their Structure and common design principles*. In Journal of HCI, Special Issue on Nonspeech Audio; V4, N1, Lawrence Erlbaum Associates. (1989).
- [2] Gaver, W.W., *The SonicFinder: An Interface that uses Auditory Icons* In Journal of HCI, Special Issue on Nonspeech Audio; V4, N1, Lawrence Erlbaum Associates. (1989).
- [3] Bölke, L. und Gorny, P., *Direkte Manipulation akustischer Objekte*. In D.Böcker (Hg): Proceedings Software-Ergonomie '95. Teubner Verlag, Stuttgart (1995).
- [4] Donker, H., Klante, P. und Gorny, P. *The Design of Auditory User Interfaces for Blind Users*. In Proceedings of the Second Nordic Conference on Human-Computer Interaction NordiCHI, Association for Computing Machinery (2002).
- [5] Klante, P. *Mobiler MP3-Player mit auditiven Interaktionsobjekten*. <http://www-cg-hci.informatik.uni-oldenburg.de/~klante/wabo> (2003)
- [6] Mayhew, D., *The usability engineering lifecycle: a practitioners handbook for user interface design*. Morgan Kaufmann, San Francisco, USA (1999).
- [7] ISO 13407. *Human-Centred Design Processes for Interactive Systems*. International Organization for Standardization (1999).
- [8] Klante, P. *Visually Supported Design of Auditory User Interfaces* In Human-Computer Interaction: Theory and Practice Volume 2 of the Proceedings of the 10<sup>th</sup> HCI International 2003, Crete, Greece, Lawrence Erlbaum Associates (2003).
- [9] Shneiderman, B., *Information visualization: Dynamic queries, starfield Displays, and Life Lines* <http://www.cs.umd.edu/hcil/members/bshneiderman/ivwp.html> (2003)

## Referent



**Palle Klante** arbeitet seit vier Jahren beim Oldenburger Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Informatik-Werkzeuge und -Systeme (OFFIS) im INVITE Teilprojekt „Zugang zum Internet für Blinde“. Seit 2000 arbeitet er an seiner Dissertation zur „Gestaltung auditiver Benutzungsoberflächen“ an der Universität Oldenburg. Er studierte Informatik in Oldenburg und machte 1999 sein Diplom in der Abteilung Software-Ergonomie & Computer Graphics.

Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung eines Usability Engineering Prozesses zur Erstellung von auditiven Benutzungsoberflächen. Dazu entwickelt er Methoden, Tools und Interaktionsobjekte, die in allen Prozessphasen das Entwicklungsteam unterstützen.