

15 VR-gestützte Analyse von Nutzfahrzeugen und Bildschirmarbeitsplätzen

**Dietmar Gude, Eike Branahl, Philipp Kawalek, Holger Mescheder und
Andreas Prions-Dieckmann**

*Institut für Arbeitsphysiologie
Universität Dortmund*

Virtuelle Realität (VR) ist ein Sammelbegriff für neuartige Techniken, die eine realitätsnahe Wahrnehmung von und Interaktion mit rechnergestützten Simulationen in Echtzeit gestatten. Diese Techniken werden inzwischen in einem vielfältigen Spektrum von Anwendungsfeldern genutzt, wobei insbesondere der Bereich der Aus- und Weiterbildung hervorzuheben ist: „Virtual Environments embody many characteristics of an ideal training medium“ (Rose et al. 2000, S. 494). Deshalb wurde im Rahmen von INTEGRAL II das Lernmodul „ErgoScenes“ entwickelt, in dem diese Techniken zur Vermittlung von Kenntnissen auf dem Gebiet der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen eingesetzt werden.

Grundlage von VR-Anwendungen sind computersimulierte Umgebungen, in denen man sich analog zu realen Umwelten bewegen und Objekte manipulieren kann. Um die visuelle Wahrnehmung zu unterstützen, werden häufig stereoskopische Projektionssysteme eingesetzt, z. B. Shutter-Brillen, Head-Mounted-Displays oder autostereoskopische Bildschirme. Zur realitätsnahen Interaktion wurden neuartige Eingabegeräte entwickelt, wie Datenhandschuhe oder 3D-Navigationsinstrumente. Da diese speziellen Projektions- und Interaktionsgeräte nicht allgemein verfügbar sind, dominiert zurzeit noch der Einsatz im Rahmen von laborgestützten Anwendungen, so dass allenfalls ein kleiner Kreis von Personen auf diese Weise ausgebildet werden kann.

Andererseits sind seit längerem verschiedene Techniken zur Realisierung von internetgestützten VR-Anwendungen verfügbar (Hughes et al. 2002), so dass die Möglichkeit besteht, diesen Ansatz in angepasster Form auch für E-Learning-Angebote zu nutzen. Solche Anwendungen weisen zwar im Vergleich zu laborgestützten Applikationen einen geringeren Immersionsgrad auf, können aber zugleich sehr viel größere Zielgruppen erreichen. Erste positive Erfahrungen mit einem solchen VR-basierten E-Learning wurden im Vorläuferprojekt INTEGRAL (I) gesammelt (z. B. Gude et al. 2003), die den Ausgangspunkt für die Entwicklung von ErgoScenes bildeten.

Zunächst werden die konzeptionellen Grundlagen des Lernmoduls skizziert. Anschließend wird die Umsetzung dieser Konzepte dargestellt, zusammen mit einer statistischen Analyse verschiedener Kennwerte zur Nutzung von ErgoScenes. Der Beitrag schließt mit der Diskussion dieser Ergebnisse, wobei auch ein Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen gegeben wird, insbesondere im Hinblick auf eine Übertragung dieses Ansatzes auf andere Gegenstandsbereiche innerhalb der Arbeitswissenschaft und darüber hinaus.

15.1 Konzeption

15.1.1 Lernziele

Mit dem Lernmodul sollte Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, Kenntnisse auf dem Gebiet der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen zu erwerben. Insbesondere sollten sie in die Lage versetzt werden, eine fachlich fundierte Beurteilung von Arbeitsbedingungen durchzuführen, wie dies in §5 des Arbeitsschutzgesetzes (1996) gefordert wird.

Die Gegenstandsbereiche des Lernmoduls wurden auf der Grundlage einer Recherche eingegrenzt, in deren Rahmen die in den Lehrveranstaltungen der Projektpartner/innen behandelten Themen gesichtet und systematisiert wurden. Zudem war zu prüfen, welche dieser Themen sich für eine Darstellung in Form von dreidimensionalen, interaktiven Szenarien eignen. Diese Anforderungen erfüllten in besonderer Weise die Themen „Fahrzeuggestaltung“ und „Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen“, so dass in einer ersten Planung je zwei Szenarien zu diesen Bereichen projiziert wurden.

15.1.2 Didaktik

Bei der Formulierung des didaktischen Konzepts wurde auf die konstruktivistische Lerntheorie zurückgegriffen. Im Gegensatz zum instruktionstheoretischen Ansatz, der den Lernenden eine weitgehend passive Rolle zuweist, sollten nach der konstruktivistischen Lerntheorie aktive Erkenntnis- und Konstruktionsprozesse ermöglicht werden, um den Transfer des erworbenen Wissens in die Praxis zu fördern (Mandl et al. 1995).

Eine Methode zur Umsetzung dieser Forderung ist die Unterstützung des fallbasierten Schließens: Ein Großteil der Prozesse des Entscheidens bzw. Problemlösens findet über den Versuch statt, sich an Erfahrungen in der Vergangenheit zu erinnern, die in der Gegenwart als Vorbild dienen können (Norman 1989). Dieser Ansatz wurde in verschiedenen Projekten zum Förderprogramm „Neue Medien in der Bildung“ verfolgt (DLR 2004). Ein Beispiel ist CASEPORT, ein Portal für die fallbasierte Lehre in der Medizin, auf dem verschiedene Fallsammlungen unter einer einheitlichen Oberfläche integriert wurden. Aber auch im Rahmen von INTEGRAL II wurde dieser Ansatz realisiert, beispielsweise im „Lernmodul psychologische Arbeitsanalyse“ (LARA, vgl. Kapitel 11). Für die Gestaltung einer fallbasierten Lernumgebung ergeben sich aus der konstruktivistischen Lerntheorie folgende grundlegende Anforderungen:

- **Anregung der intrinsischen Motivation:** Die Fälle sollen die Lernenden dazu anregen, sich aktiv mit ihnen auseinander zusetzen.
- **Authentizität:** Mit einer realitätsnahen Darstellung und Behandlung der Fälle ist die Anwendbarkeit des Wissens in der Praxis sicherzustellen.
- **Bezug zu Vorwissen:** Die Fälle müssen an den Kenntnissen der Lernenden anknüpfen, so dass sie die Lerninhalte in ihren Erfahrungsschatz integrieren können.
- **Selbstgesteuertes Lernen:** Die Fälle sollten aus sich heraus nachvollziehbar sein, damit die Lernenden die Möglichkeit haben, sie eigenständig zu bearbeiten.

Aus diesen Anforderungen wurde das Konzept abgeleitet, in Fallbeispielen den in der Praxis üblichen Ablauf einer Beurteilung der Arbeitsbedingungen in einer möglichst realitätsnahen

Form nachzubilden, im Sinne eines computergestützten „Learning by Doing“. Die Fälle werden als dreidimensionale Szenarien dargestellt, in denen verschiedene Gestaltungsmängel „versteckt“ sind. Um die aktive Auseinandersetzung mit den Szenarien anzuregen, haben die Anwender/innen die Aufgabe, die Gestaltungsmängel durch geeignete Navigation und Interaktion selbst herauszufinden. Dabei werden sie durch eine Menge von Gestaltungskriterien angeleitet, zu denen sie jeweils angeben, ob sie in dem Szenario erfüllt sind oder nicht. Nach der Überprüfung eines Kriteriums erhalten sie eine Rückmeldung, ob ihre Einschätzung zutreffend war.

Nachdem die Bearbeitung eines Szenarios abgeschlossen wurde, meldet die Anwendung die Beurteilungsleistung in Form von verschiedenen Zeit- und Fehlerkennwerten zurück. Diese Kennwerte können bei späteren Besuchen wieder aufgerufen werden, um eine Rückmeldung über den Lernfortschritt zu erhalten. Zusätzlich werden die entsprechenden Werte der anderen Nutzer/innen angegeben, um eine Einordnung der individuellen Leistungsdaten zu ermöglichen.

15.1.3 Technik

Zunächst war zu entscheiden, wie die Lernumgebung strukturiert sein sollte, um die Orientierung innerhalb des Angebots zu erleichtern. Dabei wurde das auf der INTEGRAL-II-Lernplattform realisierte Prinzip eines Inhaltsverzeichnis übernommen, in dem die einzelnen Lernmodule aufgeführt sind. Analog werden in ErgoScenes die verfügbaren Szenarien auf einer Übersichtsseite aufgelistet und durch eine einheitlich gestaltete Menge von Metadaten beschrieben.

Die anderen Elemente der Lernumgebung werden um diese Übersicht herum organisiert. Wichtigstes vorgelagertes Element ist die Benutzeridentifikation, als Voraussetzung für eine besuchsübergreifende Rückmeldung der Beurteilungsleistung. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, die Lernumgebung mit einer Datenbank zu verknüpfen, in der die Benutzernamen, Kennwörter und Leistungskennwerte abgelegt sind. Aufgrund verschiedener Tests wurde entschieden, diese Datenbank mittels „PHP: Hypertext Preprocessor“ zu verwalten, einer weit verbreiteten Skriptsprache zur Gestaltung dynamischer Inhalte.

Der Übersicht nachgelagert ist die Darstellung der Szenarien und der Informationstexte zu den Gestaltungskriterien und Rückmeldungen. Zwischen grafischen und textuellen Informationen wird – in Form eines 2-elementigen Framesets – eine Trennung vorgenommen, damit sie unabhängig voneinander gewartet werden können.

Eine zentrale Frage war das Format, in dem die Szenarien realisiert werden sollten. Die derzeit gebräuchlichen Browser sind nicht in der Lage, von sich aus VR-Modelle darzustellen. Stattdessen müssen die Anwender/innen ein geeignetes Zusatzmodul (auch Player, Viewer oder Plug-in genannt) herunterladen und auf ihrem Rechner installieren. Insofern war zu untersuchen, welcher Player derzeit am weitesten verbreitet ist, damit eine möglichst große Zahl von Anwender/innen die Szenarien ohne Umwege nutzen kann.

Im Rahmen des Vorläuferprojekts INTEGRAL (I) war die Virtual Reality Modeling Language (VRML) verwendet worden, das Format mit der zum damaligen Zeitpunkt größten Verbreitung. Allerdings musste im Kontext dieses Projekts festgestellt werden, dass das VRML-Format verschiedene Nachteile aufweist, unter anderem, dass ein und dieselbe Datei von verschiedenen Playern unterschiedlich dargestellt wird. Aufgrund dieser Probleme haben inzwischen verschiedene proprietäre Alternativen an Bedeutung gewonnen, z. B. Adobe

Atmosphere, Cycore Cult3D oder Macromedia Shockwave. Von diesen Alternativen ist Shockwave derzeit am weitesten verbreitet, 61% der WWW-Nutzer/innen haben diesen Player bereits auf ihrem Rechner installiert (Macromedia 2004). Weitere Vorteile sind seine sehr gute Darstellungsqualität, vielfältige Interaktionsmöglichkeiten sowie die Supportsicherheit (d. h. die Sicherstellung von Weiterentwicklung und Pflege durch den Hersteller).

15.2 Umsetzung

Die oben dargestellten Konzepte wurden zunächst in Form einer lauffähigen und leicht administrierbaren Testumgebung umgesetzt. Dazu wurde ein dedizierter Server beschafft und mit Linux-Betriebssystem, Apache-Webserver und MySQL-Datenbank konfiguriert. Unabhängig von dem im Projektverbund praktizierten Open-Source-Ansatz der Content-Entwicklung wurde also auch bei der Auswahl der Server-Software auf Open-Source-Produkte zurückgegriffen, da auf diese Weise keine Lizenzkosten entstehen und das Gesamtsystem mit geringem Aufwand an anderer Stelle nachimplementiert werden kann.

Zu dieser Testumgebung wurde ein erstes Szenario entwickelt und von einer Gruppe von Pilotanwender/innen evaluiert, wobei der im Rahmen von INTEGRAL II entwickelte standardisierte Fragebogen für Studierende zum Einsatz kam. Aufgrund der dabei gewonnenen Ergebnisse wurden verschiedene Korrekturen vorgenommen, insbesondere im Hinblick auf eine verbesserte Handhabung und Lernförderlichkeit, und anschließend das Angebot verfügbar gemacht. In analoger Weise wurden im weiteren Projektverlauf die drei anderen geplanten Szenarien entwickelt, einer Evaluation unterzogen und anschließend in entsprechend überarbeiteter Form publiziert. Zudem wurde vom Computer Science Department der California State University in Northridge ein VRML-Modell eines Computer-Labors zur Verfügung gestellt, das nach Konvertierung in das Shockwave-Format als fünftes Szenario in das Angebot integriert wurde.

In Abbildung 15.1 ist die Struktur von ErgoScenes dargestellt. Der Zugang erfolgt entweder direkt über die INTEGRAL-II-Lernplattform oder über den Aufruf des Webservers, auf dem das Angebot implementiert ist. Damit wurde ein Zugang für Nutzer/innen geschaffen, die nicht der vom Projektverbund adressierten studentischen Zielgruppe angehören. Bei einem solchen externen Zugriff wird zunächst eine Index-Seite dargestellt, die in verschiedene Abschnitte unterteilt ist. Die Vorschau umfasst eine kurze Einführung in die Inhalte sowie die didaktische und technische Umsetzung. Hier werden die Nutzer/innen auch darüber informiert, ob auf ihrem Rechner bereits Shockwave installiert ist und wo sie diesen Player ggf. beziehen können.

Unter der Vorschau befinden sich Formulare für den Login-Vorgang sowie die Anmeldung zur Nutzung des Angebots. Bei der Anmeldung sind Angaben zu allgemeinen persönlichen Daten zu machen, etwa Alter, Geschlecht, Beruf oder die Vorerfahrungen im Bereich Ergonomie / Arbeitswissenschaft. Daraus können zu Evaluierungszwecken verschiedene statistische Aussagen zur Zusammensetzung der Nutzerpopulation abgeleitet werden. Darüber hinaus vereinbaren die Anwender/innen hier einen Benutzernamen und ein Kennwort, mit denen sie sich bei zukünftigen Besuchen einloggen, als Voraussetzung für eine besuchsübergreifende Rückmeldung des Lernfortschritts.

Im Abschnitt „Kontakt“ werden Angaben zum Projekthintergrund und zu den Autoren gemacht. Um die Navigation zwischen den verschiedenen Abschnitten zu erleichtern, sind im Kopf der Seite entsprechende Sprungmarken als Hyperlink aufgeführt. Hier befindet sich auch ein Link, mit dem man auf die englischsprachige Version von ErgoScenes umschaltet, die ansonsten mit der deutschen Fassung identisch ist. Am Ende eines jeden Abschnitts befindet sich ein Hyperlink, mit dem zum Kopf der Seite zurückgesprungen werden kann.

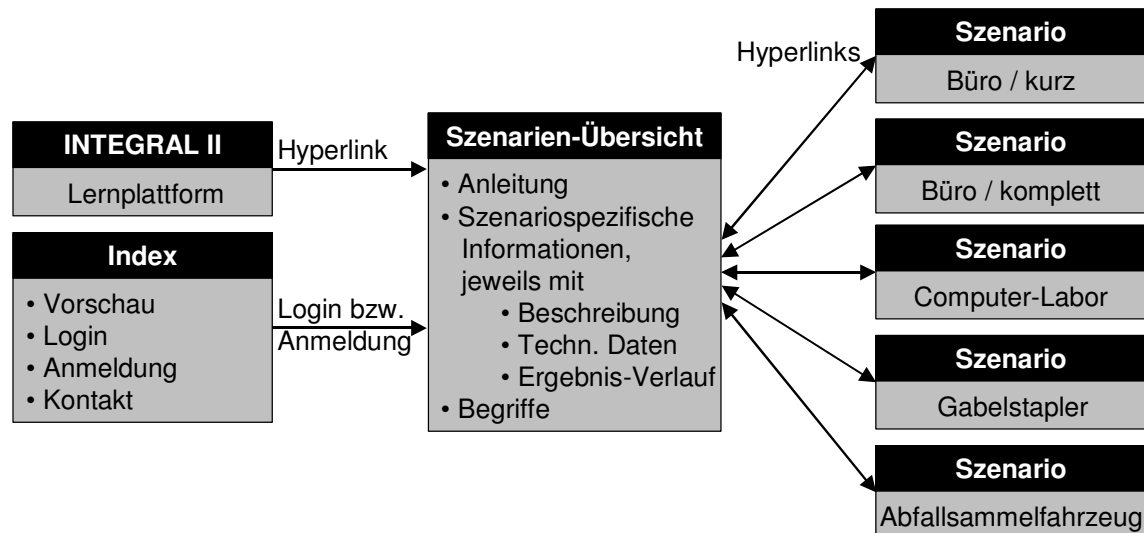


Abbildung 15.1: Übersicht über die Struktur von ErgoScenes (Zugang über <http://www.integral2.iaw.rwth-aachen.de/integral2/> bzw. <http://www.ergonetz.de/>)

Nach Eingabe der Login- bzw. Anmeldungsdaten wird eine Übersicht der verfügbaren Szenarien dargestellt. Diese Seite beginnt mit einer Anleitung, in der beschrieben wird, nach welchem Prinzip die Szenarien aufgebaut und wie sie zu bearbeiten sind. Darunter befinden sich fünf Abschnitte, in denen szenariospezifische Informationen dargestellt werden. Der letzte Abschnitt enthält Erläuterungen zu den Begriffen, die in diesem Kontext verwendet werden. Die Navigation innerhalb der Seite erfolgt – wie auf der Index-Seite – über Sprungmarken.

In Abbildung 15.2 ist die Struktur der szenariospezifischen Informationen anhand eines Beispiels dargestellt. Neben der Beschreibung befinden sich verschiedene technische Daten, mit denen zum einen die Popularität des Szenarios dargestellt wird. Zum anderen sollen sie dazu dienen, dass die Anwender/innen den mit der Bearbeitung verbundenen Aufwand abschätzen können, im Hinblick auf den Umfang des erforderlichen Datentransfers und den Zeitbedarf zur Beantwortung der Fragen.

In der Tabelle zum Ergebnis-Verlauf wird für jeden individuellen Abruf des Szenarios angegeben, ob es vollständig bearbeitet wurde oder nicht. Bei einer vollständigen Bearbeitung werden verschiedene Leistungskennwerte zurückgemeldet. Die Kennwerte „Treffer“ und „falsche Alarmer“ beruhen auf den Prinzipien der Signalentdeckungstheorie zur Quantifizierung von Beurteilungsleistungen (z. B. Velden 1982). Der Wert für die Treffer beschreibt denjenigen Prozentsatz der Antworten, in denen ein tatsächlich vorhandener Gestaltungsmangel entdeckt wurde, bei falschen Alarmen wurden geeignet gestaltete Aspekte irrtümlich als mangelhaft eingeschätzt. Alternativ hätten auch die – aus diesen Daten ableitbaren – aussagekräftigeren Werte für die Indizes der Signalentdeckungstheorie

(Diskriminationsleistung und Reaktionsneigung) zurückgemeldet werden können. Eine angemessene Interpretation dieser Informationen erfordert aber beträchtliche Vorkenntnisse, weshalb darauf verzichtet wurde.



Szenario starten...

Beschreibung

Diese Szenario behandelt die **vollständige Beurteilung eines Bildschirmarbeitsplatzes**. Vorbild ist die Beurteilung der Arbeitsbedingungen, wie sie im Arbeitsschutzgesetz von den Betrieben gefordert wird. Die zu berücksichtigenden Gestaltungskriterien beruhen auf den rechtlichen Grundlagen der Bildschirmarbeitsverordnung und den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen.

Technische Daten

- Online seit 29.11.2002
- Anzahl Abrufe: 347 (= 22.8 / Monat)
- Modellgröße: 1410 KB
- Anzahl Fragen: 38
- Mittlere Bearbeitungszeit: 35.2 min

Ergebnis-Verlauf

Datum	Status	Treffer (%)	Falsche Alarmer (%)	Antwortzeit (min)	Gesamtzeit (min)
25.02.2004 15:24:12	abgebrochen nach 3 Fragen				
25.02.2004 15:25:14	abgeschlossen	67	29	4.4	7.1
25.02.2004 15:33:35	abgeschlossen	81	12	6.7	11.4
Andere Anwender/innen	abgeschlossen	63	22	28.1	36.9

↑ [zum Anfang](#)

Abbildung 15.2: Informationen zum Szenario „Büro / komplett“ (Die individuellen Daten in der Tabelle des Ergebnis-Verlaufs sind fiktiv.)

In der Tabelle werden zudem zwei Zeitdaten angegeben, für die Beantwortung der Fragen und den Gesamtaufwand zur Bearbeitung des Szenarios, der die Zeit einschließt, während der die Rückmeldungen zu den Antworten studiert wurden. Um eine Einordnung dieser individuellen Leistungsdaten zu ermöglichen, werden schließlich die Mittelwerte aller anderen Anwender/innen bei der vollständigen Bearbeitung dieses Szenarios aufgeführt.

Derzeit stehen fünf Szenarien zur Verfügung, zwei zur Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen und drei zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen. Die Szenarien zu den Fahrerarbeitsplätzen behandeln real existierende Nutzfahrzeuge, einen Gabelstapler sowie ein Abfallsammelfahrzeug, bei dem über einen seitlich angebrachten Auslegerarm die Entleerung der Abfallgefäße vorgenommen wird. Die Szenarien zu den Bildschirmarbeitsplätzen befassen sich mit Einzelbüros („Büro / kurz“ und „Büro / komplett“) und Großraumbüros („Computer-Labor“). Die beiden Szenarien zu Einzelbüros unterschieden sich in ihrer Komplexität, „Büro / kurz“ dient der Einführung in die Thematik, im Rahmen von „Büro / komplett“ wird eine vollständige Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach §5 des Arbeitsschutzgesetzes durchgeführt. Entsprechend ist hier mit 38 Gestaltungskriterien eine vergleichsweise große Menge von Aspekten zu überprüfen, während zu den anderen Szenarien zwischen 10 und 12 Fragen formuliert wurden. Aufgrund der in den Szenarien vorhandenen Gestaltungsmängel sind jeweils 50% der Kriterien nicht erfüllt.

Die Szenarien werden über den Hyperlink „Szenario starten...“ aufgerufen. Daraufhin öffnet sich eine Seite, auf der im oberen Bereich das Modell dargestellt ist, der untere Bereich dient

der Präsentation der Fragen bzw. Rückmeldungen mit entsprechenden Erläuterungstexten (Abbildung 15.3 und Abbildung 15.4). Jede Frage ist mit „ja“ oder „nein“ zu beantworten, wobei eine negative Antwort signalisiert, dass ein Gestaltungsmangel vorliegt.



Abbildung 15.3: Szenario „Abfallsammelfahrzeug“ zur Fahrzeuggestaltung mit aktuell bearbeitetem Gestaltungskriterium

Der Erläuterungstext zur Frage weist auf die verschiedenen Aspekte hin, die in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen sind. Im Erläuterungstext zur Rückmeldung wird eine Begründung für die Einordnung der Antwort als richtig oder falsch gegeben. Zudem wird dargestellt, wie man das Gestaltungskriterium im Modell überprüfen kann.

Die Szenarien beinhalten verschiedene Interaktionsmöglichkeiten, die beim Start auf einem Eingangsbildschirm dargestellt sind. Während der Bearbeitung können diese Informationen über den Hilfe-Hyperlink aufgerufen werden. In allen Szenarien kann man sich über die Maus und/oder die Tastatur bewegen (Abbildung 15.5). Das dabei realisierte Prinzip erlaubt eine Navigation in allen sechs Achsen, den drei Translations- und den drei Rotationsachsen.

Der Laufen-Modus entspricht der konventionellen Form der Bewegung in 3D-Umgebungen, wie sie etwa in Computerspielen verwendet wird. Mit dem Sliden-Modus werden die beiden verbleibenden Translationsachsen abgedeckt, wobei die Darstellung analog zu einem Bild nach oben und unten sowie rechts und links verschoben wird. Im Rotieren-Modus kann man sich in den beiden verbleibenden Rotationsachsen bewegen, die dem Nicken und Rollen eines Flugzeugs entsprechen.

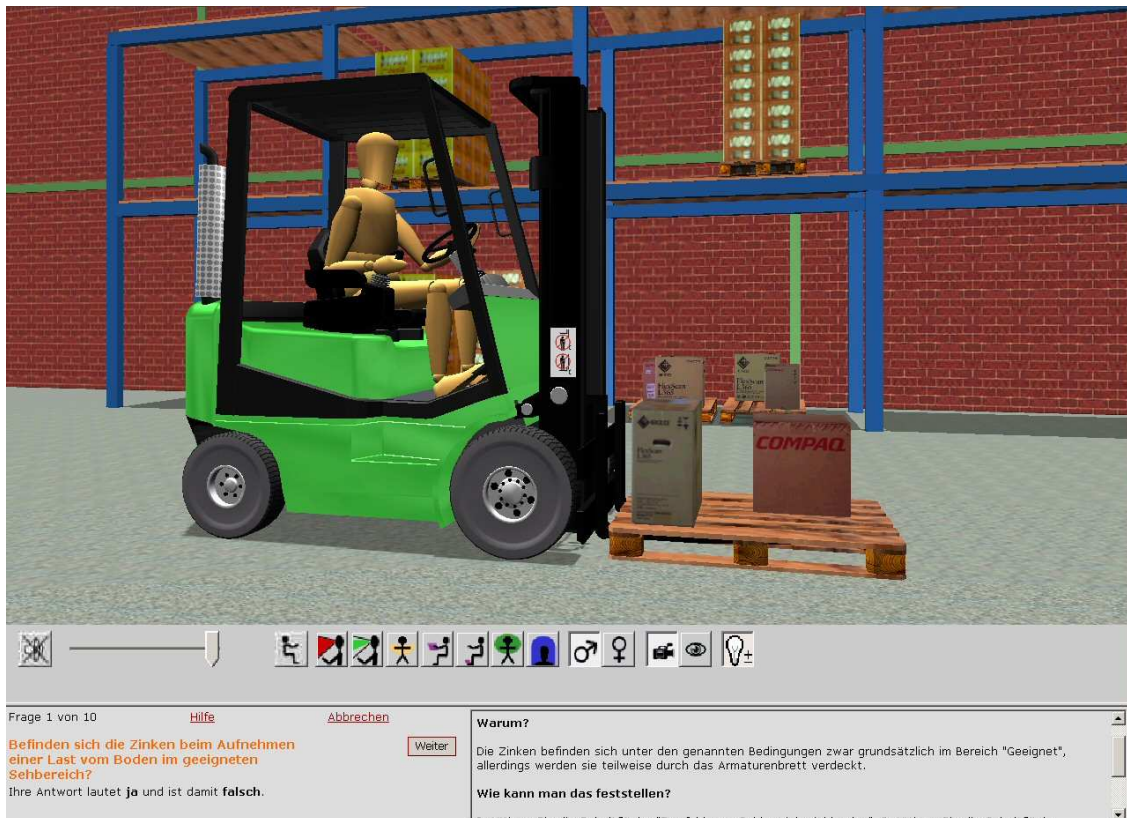


Abbildung 15.4: Szenario „Gabelstapler“ zur Fahrzeuggestaltung mit Rückmeldung zum bearbeiteten Gestaltungskriterium

Die weiteren Interaktionsmöglichkeiten wurden in Abhängigkeit vom jeweiligen Gegenstandsbereich und den zu überprüfenden Gestaltungskriterien festgelegt. In den Szenarien zu Bildschirmarbeitsplätzen (Abbildung 15.6 bis Abbildung 15.8) bestehen die folgenden Möglichkeiten:

- Öffnen und Schließen von z. B. Türen, Schubläden, Schranktüren und Fenstern, zur Beurteilung von Freiräumen und Möbelfunktionsflächen.
- Variation der Lichtverhältnisse – z.B. durch Ein- und Ausschalten von Raumbeleuchtung oder Schreibtischlampe sowie Öffnen und Schließen der Jalousien – zur Beurteilung der Sehbedingungen.
- Ein- und Ausblenden eines virtuellen Zollstocks, der sich nach dem Prinzip von Head Up-Displays mitbewegt (siehe hierzu Szenario „Computer-Labor“ in Abbildung 15.7); dieser dient der genauen Bestimmung der räumlichen Anordnung, z.B. der Breite von Verkehrswegen oder des Abstands von Auge und Bildschirm.



Abbildung 15.5: Navigation in den Szenarien



Abbildung 15.6: Szenario „Büro / kurz“ zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen



Abbildung 15.7: Szenario „Computer-Labor“ zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen



Abbildung 15.8: Szenario „Büro / komplett“ zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen

In der normalen Ansicht werden die interaktiven Elemente dadurch hervorgehoben, dass sich die Darstellung des Mauszeigers beim Überfahren der Objekte ändert, wie dies beispielsweise auch in VRML-Viewern realisiert ist. Zusätzlich besteht die Option, durch Betätigung einer Taste alle entsprechenden Objekte farblich hervorheben zu lassen, womit die

Interaktionsmöglichkeiten salienter und unabhängig von der aktuellen Mausposition dargestellt werden.

In den Szenarien zur Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen ist die Beurteilung durch eine vergleichsweise große Zahl von Interaktionsmöglichkeiten zu unterstützen. Um die Handhabung dieser Optionen zu erleichtern, werden sie in Form einer Schaltflächenleiste zur Verfügung gestellt (siehe Abbildung 15.3 und Abbildung 15.4), deren Elemente im folgenden skizziert werden:

- Ein- und Ausblenden von Hilfsgeometrien: Schablone mit Darstellung der empfohlenen Körperhaltung, geeignete und empfohlene Sehbereiche, physiologisch maximaler Greifraum, Bequemlichkeitsbereiche für Hand- und Fußstellteile etc.
- Variation der Fahreigenschaften: Umschalten zwischen kleiner Frau (5. Perzentil) und großem Mann (95. Perzentil), Einstellen verschiedener Körperhaltungen
- Manipulation des Fahrzeugs: Bewegen einzelner Elemente (Hubeinrichtung bzw. Auslegerarm) oder des gesamten Fahrzeugs
- Änderung der Ansicht: Stufenlose Regulierung der Transparenz der Fahrerkabine; Wechsel in die Fahrerperspektive, in der die Kamera nur noch innerhalb der physiologischen Grenzen für Kopf- und Augenbewegungen rotiert werden kann

15.3 Nutzung des Lernmoduls

Mit der Aufnahme in „hochschuldidaktik-on-line“, einer Datenbank zu E-Learning-Angeboten der Universität Dortmund, ist ErgoScenes in das hochschulweite Konzept zur multimedialen Unterstützung der Lehre integriert. Die Nutzung von ErgoScenes wurde durch die Aufnahme in verschiedene Online-Verzeichnisse befördert, in die „Web Experiment List“ der Universität Zürich und in „Psychological Research on the Net“ des Hanover College in Indiana, U.S.A. Und schließlich wurde in verschiedenen Newslettern auf das Angebot hingewiesen, beispielsweise von der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (Ausgabe 04 vom 27. Februar 2003).

Im Folgenden wird die Zusammensetzung der Nutzerpopulation beschrieben. Bei dieser Analyse wurden die allgemeinen persönlichen Daten zugrunde gelegt, die im Rahmen der Anmeldungen in 2003 erfasst wurden. Anschließend werden die Abrufhäufigkeiten der Szenarien und die jeweiligen Leistungsdaten der Nutzer/innen vorgestellt.

Im Verlauf des Jahres 2003 wurden 562 Anmeldungen registriert. Das Alter dieser Nutzer/innen betrug im Mittel 33,0 Jahre, mit einer Standardabweichung von 13,8 Jahren. Dabei überwog der Anteil der männlichen gegenüber den weiblichen Personen (63% vs. 37%). Als Nationalität gaben 65% „Deutsch“ an, 35% stammten aus anderen Ländern. Über Vorkenntnisse im Bereich Ergonomie / Arbeitswissenschaft verfügten 41%, Vorerfahrungen mit VR-Anwendungen waren bei 19% vorhanden.

Die Zusammensetzung der Nutzerpopulation wurde nicht – wie ursprünglich erwartet – von den Studierenden dominiert (Abbildung 15.9). Statt dessen war die größte Gruppe dem Arbeits- und Gesundheitsschutz zuzuordnen, umfasste also Sicherheitsfachkräfte, Sicherheitsingenieur/innen und Mediziner/innen. Der Anteil der Studierenden wurde auch von dem der Schüler/innen und Auszubildenden übertroffen. Relativ stark waren zudem Personen aus dem Lehr- und Ausbildungsbereich vertreten, beispielsweise Dozent/innen, Lehrer/innen

und Trainer/innen. Die Kategorie der sonstigen Berufe ist sehr heterogen zusammengesetzt und umfasst Arbeiter und Angestellte aus den verschiedensten Tätigkeitsbereichen.

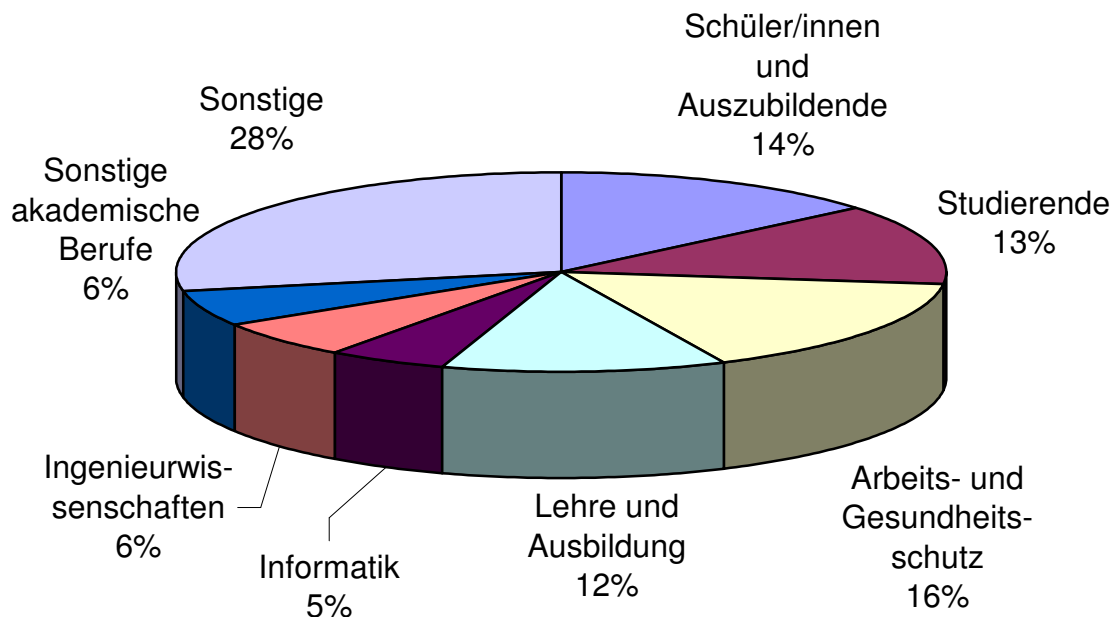


Abbildung 15.9: Beruflicher Hintergrund der ErgoScenes-Anwender/innen.

Tabelle 15.1 gibt eine Übersicht über die Abruf- und Leistungsdaten für die einzelnen Szenarien. Am häufigsten wurde das Szenario abgerufen, mit dem eine kurze Einführung in die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen vermittelt wurde, gefolgt von den beiden anderen Szenarien zu diesem Thema. Die Szenarien zur Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen haben im Vergleich dazu eine deutlich geringere Abrufhäufigkeit.

Die Werte für die Treffer besagen, dass über alle Szenarien hinweg etwa die Hälfte der Gestaltungsmängel gefunden wurde (47%). Gleichzeitig wurden im Mittel relativ selten korrekt gestaltete Aspekte irrtümlich als mangelhaft beurteilt (16%). In Begriffen der nichtparametrischen Signalentdeckungstheorie (See et al. 1997) bedeutet dies, dass die Nutzer/innen eine mittlere Beurteilungsleistung erzielten (Diskriminationsindex $A' = 0,76$) und ein relativ konservatives Entscheidungskriterium verwendeten, also davon ausgingen, dass Gestaltungsmängel eher unwahrscheinlich sind (Reaktionsneigung $B''_D = 0,71$). Die beiden Themen weisen unter diesen Gesichtspunkten keine systematischen Unterschiede auf, die Treffer waren bei den Bildschirmarbeitsplätzen etwas weniger häufig als bei den Nutzfahrzeugen (46% vs. 50%), dafür waren die Werte für die falschen Alarme etwas günstiger (13% vs. 19%).

Die Zeiten für die Beantwortung einer Frage sind über die Szenarien hinweg relativ homogen, mit Ausnahme des Wertes für das Gabelstapler-Szenario. Dieser Unterschied ist auf eine Person zurückzuführen, die sich mit diesem Szenario 205 min beschäftigte. Lässt man diesen Wert unberücksichtigt, ergibt sich eine mittlere Antwortzeit von 25 s, die sich gut in die Werte für die anderen Szenarien einordnet. Die Zeiten für die Verarbeitung der Rückmeldung sind im Vergleich dazu geringer, es wurde relativ schnell zur nächsten Frage weitergegangen. Diese Daten implizieren, dass die Erläuterungstexte zu den Fragen und insbesondere die zu den Rückmeldungen häufig „überflogen“ wurden.

Tabelle 15.1: Abruf- und Leistungsdaten zu den Szenarien

<i>Szenario</i>	<i>Abrufe / Monat</i>	<i>Treffer (%)</i>	<i>Falsche Alarmer (%)</i>	<i>Zeit Frage (s)</i>	<i>Zeit Rück- meldung (s)</i>
Büro / kurz	67.2	41	18	42	22
Büro / komplett	22.8	63	22	44	14
Computer-Labor	17.4	33	0	30	18
Gabelstapler	6.2	53	13	427	9
Abfallsammelfahrzeug	8.9	46	25	30	16

15.4 Diskussion und Ausblick

Insgesamt lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass die mit dem VR-Einsatz verfolgten Ziele realisiert werden konnten. Das Lernmodul wird von einem international zusammengesetzten Personenkreis genutzt, der weit über die ursprünglich anvisierte Zielgruppe der Studierenden hinausreicht. Statt dessen besteht offensichtlich auch in der betrieblichen Praxis ein erheblicher Informationsbedarf zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen, was unter anderem durch den großen Anteil von Nutzer/innen aus dem Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes belegt wird. Die Ergebnisse zu den Abrufhäufigkeiten der verschiedenen Szenarien zeigen, dass insbesondere die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen von allgemeinerem Interesse ist, wobei eine kurze und prägnante Form der Informationsvermittlung bevorzugt wird.

Berücksichtigt man die Vorkenntnisse der Nutzer/innen, insbesondere im Hinblick auf ihre geringe Vertrautheit mit VR-Anwendungen, so ist das Ergebnis zur Diskriminationsleistung als überraschend gut einzustufen. Dies weist darauf hin, dass die selbstständige Beurteilung der Arbeitsbedingungen durch die Gestaltung der Lernumgebung und der Szenarien in angemessener Weise unterstützt wird.

Der Wert für die Reaktionsneigung bedeutet, dass die Nutzer/innen davon ausgingen, dass das Vorliegen von Gestaltungsmängeln eher unwahrscheinlich ist. Ähnliche Ausprägungen der Reaktionsneigung wurden im Rahmen des Vorläuferprojekts INTEGRAL (I) ermittelt (Gude et al. 2003), was darauf hindeutet, dass es sich dabei um ein von den spezifischen Rahmenbedingungen relativ unabhängiges Phänomen der Beurteilung von simulierten Arbeitssystemen handelt. Möglicherweise ist dieses Phänomen auf eine im Vergleich zu realen Arbeitssystemen idealisierende Form der Darstellung zurückzuführen, z. B. im Hinblick auf für die Beurteilung irrelevante Merkmale wie Sauberkeit und Ordnung. Dies würde im gegebenen Kontext allerdings keinen Schwachpunkt, sondern eher einen didaktischen Gewinn darstellen, indem den Nutzer/innen durch die Rückmeldungen deutlich gemacht wird, dass auch oberflächlich „makellos“ erscheinenden Arbeitssystemen eine kritische Grundhaltung entgegengebracht werden sollte.

Die Zeitdaten legen nahe, dass die Erläuterungstexte eher flüchtig gelesen wurden, also die VR-Darstellung die Informationsverarbeitung der Nutzer/innen dominierte. Eine solche Verschiebung der Aufmerksamkeit wurde bereits für statische und insbesondere animierte Grafiken nachgewiesen (Wright 1998) und unterstreicht die hohe Anziehungskraft von

bildhaften im Vergleich zu textuellen Informationen. Deshalb sind Texte in hybriden Anwendungen von eher untergeordneter Bedeutung, was bei deren Konzipierung zu berücksichtigen ist.

Im Hinblick auf eine inhaltliche Weiterentwicklung von ErgoScenes ist es naheliegend, die zurzeit verfügbare Menge von Szenarien auszubauen, wie dies bereits mit dem von der California State University bereitgestellten Modell eines Computer-Labors geschehen ist. Eine Übertragung des Ansatzes auf andere Gegenstandsbereiche innerhalb der Arbeitswissenschaft setzt voraus, dass eine Menge von – nach Möglichkeit quantitativ definierten – Gestaltungskriterien verfügbar ist und die entsprechenden Ist-Zustände in anschaulicher Weise dargestellt werden können. Insofern eignet sich der Ansatz primär für Fragestellungen aus der Mikroergonomie, in der Regeln für die Gestaltung von Arbeitsmitteln und Arbeitsplätzen formuliert werden, und weniger für den Bereich der Makroergonomie, in dem die Gestaltung von z. B. Arbeitsgruppen und Organisationen behandelt wird.

Zudem bietet es sich an, diesen Ansatz über die Arbeitswissenschaft hinaus auf andere Disziplinen zu übertragen. So wurden in der Medizin in der Vergangenheit umfangreiche Fallsammlungen aufgebaut und inzwischen als E-Learning-Anwendungen umgesetzt (z. B. DLR 2004). Mit der Nutzung von VR-Techniken könnten diese Fälle in einer wesentlich realitätsnäheren Form dargestellt werden, was den Transfer des erworbenen Wissens in die Praxis unterstützen würde.

Vor dem Hintergrund der Dynamik der netzbasierten und VR-Technologien ist der Ansatz allerdings kontinuierlich weiterzuentwickeln und an den jeweiligen Stand der Möglichkeiten anzupassen. Beispielsweise hängt die Darstellungsqualität und Interaktivität von internetfähigen VR-Anwendungen von der Bandbreite der jeweiligen Netzwerkanbindung und der Grafikleistung der Endgeräte ab. Auf diesen Gebieten sind bereits in näherer Zukunft signifikante Fortschritte zu erwarten, was neue Gestaltungsoptionen und Anwendungsfelder eröffnet.

15.5 Literatur

Arbeitsschutzgesetz: Gesetz zur Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und weiterer Arbeitsschutz-Richtlinien. Bundesgesetzblatt Teil I/Nr. 43, 1996

DLR: Kursbuch eLearning 2004: Produkte aus dem Förderprogramm. Sankt Augustin: DLR-Projekträger – Neue Medien in der Bildung + Fachinformation, 2004, http://www.bmbf.de/pub/nmb_kursbuch.pdf

Gude, D.; Branahl, E.; Kawalek, P.; Prions, A.; Laurig, W.: Evaluation of a virtual reality-based ergonomics tutorial. In: de Waard, D.; Brookhuis, K. A.; Breker, S. M.; Verwey, W. B. (Hrsg.): Human Factors in the Age of Virtual Reality. Maastricht: Shaker, 2003, S. 117-128

Hughes, C. E.; Moshell, J. M.; Reed, D.: Internet-based virtual environments. In: Stanney, K. M.: Handbook of Virtual Environments. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum, 2002, S. 333-351

Macromedia: Shockwave Player Penetration, 2004, http://www.macromedia.com/software/player_census/shockwaveplayer/penetration.html

- Mandl, H.; Gruber, H.; Renkl, A.: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In: Issing, L. J.; Klimsa, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim: Beltz, 1995, S. 167-178
- Norman, D. A.: Dinge des Alltags – Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände. Frankfurt a.M.: Campus, 1989
- Rose, F. D.; Attree, E. A.; Brooks, B. M.; Parslow, D. M.; Penn, P. R.; Ambihapahan, N.: Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. In: Ergonomics 43 (2000), S. 494-511
- See, J. E.; Warm, J. S.; Dember, W. N.; Howe, S. R.: Vigilance and signal detection theory: an empirical evaluation of five measures of response bias. In: Human Factors 39 (1997), S. 14-29
- Velden, M.: Die Signalentdeckungstheorie in der Psychologie. Stuttgart: Kohlhammer, 1982
- Wright, P.: Designing information supported performance: the scope for graphics. In: Journal of Computer Documentation 22 (1998), S. 3-15