

Simulation und Interaktion in Real-Time-3D-Lernumgebung für akustische Lehrinhalte

Fanny Klett

Institut für Medientechnik, Technische Universität Ilmenau
PF 10 05 65, 98684 Ilmenau, Deutschland
Tel.: ++49(0)3677/ 69 26 71, Fax: ++49(0)3677/ 69 12 55
E-mail: Fanny.Klett@RZ.TU-Ilmenau.DE

Kurzfassung

Unter Berücksichtigung methodischer Aspekte des Lernens mit 3D-Umgebungen und mannigfaltiger Richtlinien zur Entwicklung eines akzeptablen und intuitiven Graphical User Interface werden Lehrinhalte wie akustische Wahrnehmung und akustische Phänomene als unzertrennlicher Bestandteil der akustischen Lehre, Schallausbreitung, Schallwandler u.a. mit Hilfe von Simulationsmodulen und VR-Visualisierungen in einer hoch interaktiven 3D-Lernumgebung dem Lernenden nahegebracht. Der hypermediale Charakter der Anwendung erlaubt den hierarchischen Zugang zu Struktureinheiten (Text, Bild, Ton, 2D- und 3D-Animation, VR-Welt) in unterschiedlicher Tiefe und in multiplen Dimensionen (Raum und Zeit). Die Informationsaufnahme wird dabei durch die logische Strukturierung der einzelnen Wissensgebiete unterstützt.

1 Real-Time-3D-Lernangebote

Der rapide Ausbau von Wide Area Networks und Local Area Networks im universitären Umfeld richtet verstärkt die Plattform für moderne Lehr- und Lernangebote im Netz ein. Die Verfügbarkeit von Multimedia und VR-Techniken in Verbindung mit Simulation erlaubt neue Formen der Gestaltung von Lehr- und Trainingsumgebungen. Dabei werden Lehrende und Studierende mit neuen Chancen und Forderungen der realitätsnahen Verarbeitung und Darbietung komplexer Wissensgebiete konfrontiert. Simulation und Real-Time-Präsentation von 3D-Daten stellen zwar einen großen Anspruch an Hard- und Software einer Rechnerplattform, gewinnen jedoch bei Lernumgebungen zunehmend an Bedeutung. Den Anlaß bildet das Nutzerbedürfnis nach einer möglichst authentischen Erfahrbarkeit von Ereignissen und einer hochgradig realen Bewegung im Lernraum. Soziologische Untersuchungen zeigen, daß der Echtzeitaspekt dem Qualitätsaspekt vorgezogen wird. Lange Ladezeiten und mangelnde Interaktivität wirken sich negativ auf die Nutzerakzeptanz aus.

Visualisierung und Simulation als graphische Repräsentation modellierter oder realer Prozesse entwickeln sich somit zu notwendigen Bestandteilen von Lernaktivitäten. Das Internet eröffnet der 3D-Präsentation und der Simulation neue Möglichkeiten zu orts-, zeit- und plattformunabhängiger Unterstützung der Lehre.

Die realisierte Lernumgebung ist für einen Browser konzipiert, wodurch weitestgehend eine Plattformunabhängigkeit gewährleistet wird. Dieser Browser unterstützt VRML, da die Visualisierungsdaten sowohl konventionelle dynamische Illustrationsformen (2D- und 3D-Animationen) als auch eine VR-Welt, aufbauend auf der Sprache VRML, als erweiterte Möglichkeit zur Visualisierung komplexer Strukturen enthalten. In Abhängigkeit von dem Themenkomplex und den Netzübertragungsraten wird ein Online- sowie ein Offline-Datentransport vorgesehen. Da Aufbereitung und Darbietung der Daten dabei stark differieren, wird die Flexibilität der Vorgehensweise durch die zu Beginn festgelegte Erzeugung der relevanten Daten in verschiedenen Qualitäts- bzw. Quantitätsarten unterstützt.

Das Hauptziel der Lernanwendung besteht in der Vermittlung und Visualisierung von akustischen Lehrinhalten durch Aufdeckung verborgener Strukturen und Prozesse. Eine Forcierung der Lernaktivitäten wird durch die adäquate Wissenspräsentation erreicht.

2. Dreidimensionale Präsentation

Dynamische Illustrationen (2D- und 3D-Animationen) stellen eine prägnante Visualisierungsform vielschichtiger Strukturen dar. Besonders bei einem geringen räumlichen Vorstellungsvermögen des Lernenden verringert die virtuelle Umgebung in Form einer 3D-Animation diese Fähigkeitsdefizite. Dabei unterstützen 3D-Modelle

relevant das Erkennen von Formen, Größenverhältnissen, Lage einzelner Teile zueinander. Die freie Wahl der Kameraperspektive bzw. des Betrachtungspunkts erlaubt bei 3D-Visualisierungstechniken eine effiziente Aufmerksamkeitsfokussierung auf relevante Beobachtungsaspekte. Ferner erscheinen Animationen als ausgeprägtes Mittel zur Veranschaulichung von Funktionen (z.B. Lokalisation der frequenzempfindlichen Zonen). [1]

Eine hervorragende Visualisierungsform für Lehrinhalte bietet die 3D-Umgebung mit VR-Komponenten, die gegenüber der konventionellen 3D-Animation entscheidende Vorteile hinsichtlich des Lernerfolgs bewirkt. Indem die freie Kamerawahl bei 3D-Animationen nur dem Entwickler zur Verfügung steht, kann die Aufmerksamkeit des Lernenden nur auf subjektiv wichtige Details gelenkt werden, wobei diese tutorielle Komponente für Novizen sehr geeignet ist. Für erfahrene oder explorative Nutzer gestattet die VR-Komponente eine unabhängige, autonome Erforschung des Lernraums. Somit wird bei Integration von Animationen mit festen Visualisierungspfaden und von VR-Welt mit freier Bewegung eine individuelle Anpassung des Lernvorgangs an Bedürfnisse des Lernenden gewährleistet. Dieser Faktor trägt erheblich zur Steigerung von Motivation und Neugierde und damit der Effizienz im Lernprozeß bei.

Die Hauptstärke der Struktureinheit VR-Welt liegt im klaren Zugang zu komplizierten Objekten und in der Fokussierungsmöglichkeit auf deren Bestandteile sowie auf Vorgänge oder Veränderungen an diesen Objekten. Maßgebend dabei ist der Erhalt von Objekt- und Unterobjektzusammenhängen. Eine weitere lernwirksame Unterstützung besteht in der räumlichen Repräsentation der Beziehung einzelner Objekte zueinander.

Der lernfördernde Effekt der raumbeschreibenden Datenpräsentation der virtuellen Realität wird in der hypermedialen Umgebung durch die Integration weiterer konformer Struktureinheiten (Text, 2D- und 3D-Animation, Audio) intensiviert. Die gleichzeitige Koexistenz heterogener Struktureinheiten verlangt im Hinblick auf Interaktivität und Benutzungsführung einige Gestaltungsüberlegungen, bevor 3D-Datenräume entstehen können, die unsere natürliche Wahrnehmung nachbilden kann.

3 Interaktions- und Navigationsmöglichkeiten

Bei der Gestaltung von 3D-Lernumgebungen mit VR-Komponenten liegen die Akzente in der Konzipierung der 3D-Benutzerschnittstelle, da sie zur Förderung des Realitätseindrucks beim Lernenden beiträgt. Die Bereitstellung vielfältiger Interaktionsmechanismen bzw. Metaphern, eingeteilt nach Kloss et. al. [2] in Navigation (freie Änderung der Position in der VR-Welt), Manipulation (direkte Beeinflussung der Objekte), Aktivierung, Abfrage (Abruf von Information über einzelne Objekte oder deren Verknüpfungen) und Präsentation (Dynamisierung der VR-Welt), ermöglicht dem Lernenden die jeweils situationsgerechte Auswahl von Informationen und die autonome Bewegung im Lernraum.

Das Navigations- und Menükonstrukt läßt sich im Vergleich zu den gewohnten 2D-Lernangeboten effektiver ausführen. So fungieren in der realisierten Lernanwendung die visualisierten komplexen 3D-Objekte zugleich als Menü. Dadurch wird dem Lernenden die Handhabung, Ansteuerung und Erkundung der einzelnen Menüs, die zu den Teilbereichen des Gesamtkomplexes hinführen, erleichtert. Bei Abbildung des gleichen Komplexes in einer 2D-Umgebung würde sich die Darbietung einer ähnlichen Menüstruktur bis in alle Teilbereiche hinein als schwierige Aufgabe erweisen, da eine Dimension weniger vorhanden ist. Darüber hinaus beeinflussen die integrierten hypermedialen Benutzungsstrategien (flexibler Zugang zu weiterführenden Informationen, zu statischen und dynamischen Illustrationen und VR-Animationen) [3] vorteilhaft die Handhabung und die Orientierung in-

nerhalb der Lernumgebung, steigern den Grad an Interaktivität und tragen damit zur Gewährleistung einer aktiven Lernsituation bei.

Abbildung 1 zeigt einen Screenshot aus dem 3D-Lernraum mit der virtuellen Umgebung des menschlichen Hörorgans, dessen Unterobjekte ein Menü zum Abruf hierarchischer statischer und dynamischer Informationen verkörpern.

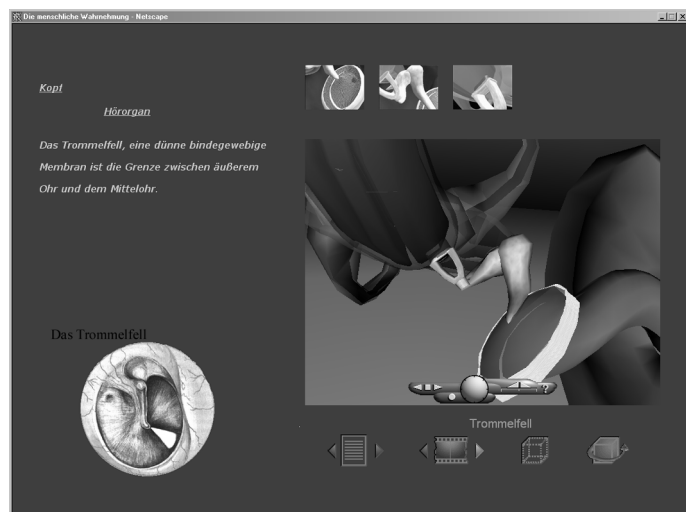


Abb. 1: Screenshot aus dem 3D-Lernraum mit der virtuellen Umgebung des menschlichen Hörorgans.

4 Simulation

Mit der zunehmenden Akzeptanz von Simulationen sind Fragestellungen nach Methoden und Techniken zu deren Entwicklung und Integration als dynamische Medien in akustischen Lernräumen verbunden. In der Lernumgebung wurde mit Hilfe von Simulationsmodulen ein Mittel realisiert, akustische Wahrnehmungsvorgänge mit Hilfe von erweiterten Interaktionsmöglichkeiten plausibel zu machen, Wechselbeziehungen aus verschiedenen Wissensgebieten zu durchleuchten und interaktiv zu verknüpfen. Die Betrachtung einzelner akustischer Wahrnehmungsphänomene ist fördernd für das Erforschen des Wahrnehmungsapparates, woraus Schlußfolgerungen über die effektive Erfassung, Verarbeitung und Darstellung von Informationen und damit über die zweckmäßige Gestaltung von Kommunikation gezogen werden können.

Zur Visualisierung der Phänomene, die bei kombiniertem Auftreten zweier Schallsignale wahrgenommen werden können (akustische Auflösung) wird eine Funktionsdarstellung mit den Parametern Frequenz und Lautstärke vorgenommen. Wie in **Abbildung 2** verdeutlicht, können zwei Schallsignale getrennt voneinander in Frequenz und Lautstärke eingestellt werden. Je nach Kombination der Schallsignale sind bestimmte Hörphänomene wahrnehmbar: Differenztöne, Schwebung, Rauigkeit, Periodizitätstönhöhe. Des weiteren lassen sich auch Maskierungseffekte der Simultanverdeckung verdeutlichen.

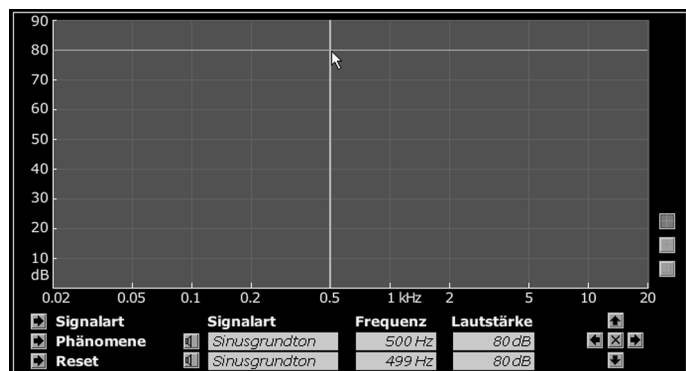


Abb. 2: Screenshot aus dem Simulationsmodul zur akustischen Auflösung (Untersuchung des Hörphänomens Schwebung).

Mit einer zweiten Lerneinheit kann zusätzlich die Wahrnehmbarkeit der Vor- und Nachverdeckung gezeigt werden. Verdeckendes und verdecktes Signal sind grafisch repräsentiert und werden entsprechend in zeitlich versetzten Intervallen akustisch dargeboten. Dabei sind die beiden Signale jeweils auf die Stereokanäle verteilt, so daß eine Balanceregulierung den jeweiligen Signalpegel variieren kann. Dadurch läßt sich die Wirksamkeit des Effekts bei der Wahrnehmung an die akustische Umgebung anpassen. Weiterhin werden auch Effekte der Lokalisation von Schallquellen auralisiert.

Die Darbietungen erfolgen je nach Phänomen über Lautsprecherboxen und Stereokopfhörer. Mit Hilfe von Szenarienschaltern können Voreinstellungen als Hilfestellung zum Auffinden der Schallsignal-Kombinationen für bestimmte Hörphänomene aktiviert werden. Eine weitere Option ist das Markieren von Parameterwerten, die zur optischen Verfolgung zeitlicher Abläufe dienen. Somit können beispielsweise Hörschwellen gekennzeichnet werden.

5 Zusammenfassung

Die neuen Möglichkeiten zur Integration von Interaktivität sowie der flexible Medienzugriff verändern die etablierte Erfahrung in der Gestaltung von Lernanwendungen. Neue Techniken für plausible Visualisierung vorzugsweise in drei räumlichen Koordinaten steigern das Bedürfnis nach effizienten hypermedialen Lernanwendungen. In dem vorgestellten Beitrag wurde zunächst erörtert, welche Kernaspekte bei der Entwicklung von 3D-Lernanwendungen zu beachten sind. Der weitere Gegenstand war deren gezielte Umsetzung in einem hypermedialen Lernraum mit VR-Welt und Simulationskomponenten.

Die vorgestellte Lernumgebung zeigt eine Nähe zum lernerzentrierten Design. Das Design der integrierten Medientypen und Struktureinheiten unterstützt die Entstehung eines korrespondierenden und konsistenten Raums für Lernaktivitäten, der die individuelle Motivation steigert und dadurch vorteilhaft den Lernprozeß fördert.

Neben einer Unterstützung des selbständigen Lernens und des Lehrens am Institut für Medientechnik bietet die hypermediale Lernumgebung eine flexible Grundlage zur Realisierung einer weiteren Dimension des e-learning - als Web-Version zur Visualisierung analoger Lehrinhalte an verteilten universitären Einrichtungen im Rahmen des Thematischen Netzwerkes Thematic Harmonisation in Electrical and Information Engineering in Europe.

Literatur

- [1] F. Klett, S. Hoene, D. Mayer-Ullmann, *Multiple Darstellung der akustischen Wahrnehmung in der universitären Akustik-Lehre*, 26. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Akustik, Tagungsband, 2000, S. 734-735.
- [2] J. Kloss, R. Rockwell, K. Szabo, M. Duchrow, *VRML97 Der neue Standard für interaktive 3D-Welten im World Wide Web*, Bonn: Addison-Wesley-Longman, 1998.
- [3] F. Klett, D. Repschlaeger, *Hypermedia Prospects of Engineering Education: Learning while Interacting*, 11th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering, Proc., 2000, pp. 142-147.
- [4] Ch. V. Campenhausen, *Die Sinne des Menschen. Einführung in die Psychophysik der Wahrnehmung*, Stuttgart: Georg Thieme, 1993.
- [5] R. O. Duda, *Auditory Localization Demonstrations*, Acustica and acta acustica, Vol.82, Stuttgart: Hirzel, 1996.
- [6] H. Fastl, *Mithörschwellen als Maß für das zeitliche und spektrale Auflösungsvermögen des Gehörs*, Diss., TU München, 1974.
- [7] W. Gaik, *Untersuchungen zur binauralen Verarbeitung kopfbezogener Signale*, Düsseldorf: VDI, 1990.
- [8] B.E. Goldstein, *Wahrnehmungspsychologie: Eine Einführung*, Heidelberg: Spektrum, 1997.
- [9] A. Houtstma, T. Rossing, W. Wagenaars, *Auditory Demonstrations*, IPO, NIU, ASA, CD 1126-061: Philips, 1978.
- [10] A. Huckauf, *Zur Bedingungsanalyse lateraler Maskierungseffekte*, Aachen: Shaker, 1995.
- [11] Th. Sporer, *Qualitätsbeurteilung von Audiosignalen mittels gehörangepaßter Messverfahren*, Diss., Univ. Erlangen, 1998.
- [12] E. Zwicker, *Psychoakustik*, Berlin: Springer, 1982.