

re der International Union of Architects (UIA) in Berlin präsentiert. Beim diesjährigen »Deutschen Holzbaupreis« wurden die Arbeiten im Bereich »innovative Bauprodukte« in die engere Wahl genommen und Anfang Mai 2005 auf der Ligna + (Weltmesse für die Forst- und Holzwirtschaft) gezeigt. Thema und Inhalt der Dissertation sind eine für Architekten eher ungewöhnliche wissenschaftliche Vertiefung. Da aber die Arbeit an nachhaltigen baulichen Konzepten auch zu neuen architektonischen Lösungs-

ansätzen führen soll, sind auch Architekten stärker gefordert, sich mit materialspezifischen und gebäude-technologischen Fragen zu beschäftigen und das Repertoire für die technik-basierte Gestaltung zu erweitern.

Roland Krippner

Dr. Roland Krippner
Lehrstuhl für Gebäude-
technologie
Tel.: 089/289-286 99
krippner@lrz.tum.de

Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion

Wahrnehmung auf Distanz

Telepräsenz und Teleaktion sind ein derzeit hoch aktuelles Forschungsthema, das die Fachgebiete Robotik, Regelungstechnik, Kommunikationstechnik und Psychologie interdisziplinär behandeln. Seit sieben Jahren prägt der Sonderforschungsbereich 453, »Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion« der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Sprecher: Prof. Georg Färber, Ordinarius für Realzeit-Computersysteme der TUM) erfolgreich die Forschungen in diesem Bereich.

Systeme der Telepräsenz erlauben es, eine entfernte Umgebung wirklichkeitsgetreu zu sehen, zu hören und zu ertasten, ohne selbst dort zu sein. Der Aspekt der Teleaktion fügt dem hinzu, dass man in der entfernten Umgebung auch real interagieren und dort vorhandene Objekte handhaben kann. Beispiele für den Einsatz solcher Systeme sind die Tele-Diagnose und die Tele-Montage etwa bei Weltraummissionen, das Agieren in gefährlichen Umgebungen wie bei der Entschärfung von Landminen, oder auch Tele-Medizin und minimal-invasive Chirurgie, Tele-Ausbildung und -Training.

In einem Telepräsenz- und Teleaktionssystem steuert ein Operator durch Bewegen eines Eingabegeräts einen Roboter in der entfernten Umgebung, den »Teleoperator«. Der Operator wird durch eine wirklichkeitsnahe Immersion virtuell an den Ort des Geschehens versetzt. Dazu müssen visuelle und akustische Signale vom Roboter zum Operator transportiert und dort dargestellt werden. Um eine möglichst intuitive Bedienung des Roboters zu erreichen, müssen zudem Berührungseindrücke zwischen der entfernten Umgebung und dem Operator ausgetauscht werden. Auf diese Weise folgt der Tele-

operator genau den Bewegungen des Operators, der gleichzeitig die Krafteinwirkung auf die entfernte Umgebung am Eingabegerät spürt.

Neben Fragen der audio-visuellen Kommunikation bringt die Vermittlung von Berührungseindrücken, die sogenannte Haptik, eine Vielzahl neuer technischer Herausforderungen mit sich. Durch die Übertragung der Steuersignale zum Teleoperator auf der einen und der Rückführung von Berührungsinformation auf der anderen Seite schließt sich ein Regelkreis. Für den sicheren Betrieb ist die Stabilität dieses Regelkreises unerlässlich, da sonst der Operator und die Objekte in der entfernten Umgebung gefährdet werden. Steuer- und haptische Signale werden bevorzugt über das Internet übertragen. Durch den Einsatz geeigneter regelungstechnischer Maßnahmen ist sicherzustellen, dass trotz der bei der Internet-Kommunikation auftretenden Signallaufzeiten und des eventuellen Verlusts von Datenpaketen die Stabilität des Regelkreises erhalten bleibt. Darüber hinaus stehen im Internet nur beschränkte Ressourcen für die Kommunikation zur Verfügung. Bislang fehlen jedoch geeignete Verfahren zur Kompression haptischer Daten, um den Datenverkehr zu reduzieren.

Auf der größten internationalen Konferenz im Bereich der Regelungstechnik, dem 16. IFAC World Congress 2005 in Prag, wurde eine von den TUM-Lehrstühlen für Steuerungs- und Regelungstechnik (Prof. Martin Buss) und für Kommunikationsnetze (Prof. Jörg Eberspächer) im Rahmen des SFB 453 gemeinsam durchgeführte Forschungsarbeit aus über 2.500 eingereichten Publikationen ausgewählt und als beste Arbeit prämiert. Bei der Arbeit »Towards Deadband Control in Net-

worked Teleoperation Systems« der SFB-Mitglieder Dipl.-Ing. Sandra Hirche, Dipl.-Ing. Peter Hinterseer, Prof. Eckehard Steinbach und Prof. Martin Buss steht die Entwicklung von Methoden zum Umgang mit beschränkten Kommunikationsressourcen im Internet im Vordergrund. Die Anzahl der für die Kraft- und Bewegungsvermittlung notwendigen Datenpakete wird unter Ausnutzung der Unzulänglichkeiten der menschlichen haptischen Wahrnehmung reduziert. Der Mensch kann, so zeigen Erkenntnisse der Psychophysik, nicht beliebig kleine Änderungen der Kraft wahrnehmen. Der Ansatz der TUM-Wissenschaftler verwendet entsprechende Wahrnehmungsschwellen der haptischen Modalität: Wenn Änderungen in der Kraft unterhalb einer Wahrnehmungsschwelle liegen, werden die Daten nicht gesendet. Umfangreiche Untersuchungen im Rahmen psychophysischer Experimente zeigten, dass sich der erforderliche Datenverkehr um bis zu 90 Prozent reduzieren lässt, ohne dass die Wirklichkeitsnähe spürbar beeinträchtigt wird. Auch sichert das Verfahren die Stabilität des Systems, wie Analysen ergaben. Der Erfolg dieser Arbeit basiert vornehmlich auf einem interdisziplinären Ansatz, in dem sich die Kompetenzen der beteiligten Mitarbeiter hervorragend ergänzen. Damit ist ein weiterer Schritt in Richtung der Realisierung wirklichkeitsnaher Telepräsenz und Teleaktion gelungen.

*Klaus Diepold,
Sandra Hirche,
Peter Hinterseer*

Prof. Klaus Diepold
Lehrstuhl für
Datenverarbeitung
Tel.: 089/289-23602
kldi@tum.de

Neurobiologie: Schallortung

Wer Ohren hat zu hören...

Bereits zum vierten Mal wurde der Lehrstuhl für Zoologie der TUM in Garching (Prof. Geoffrey Manley) von einem Träger des renommierten Humboldt-Forschungspreises als Gastinstitution gewählt: Die international bekannte Neurobiologin Prof. Catherine Carr von der University of Maryland hat in den vergangenen Monaten gemeinsam mit der TUM-Zoologin Prof. Christine Köppl Experimente zur Verarbeitung von Schallreizen im Gehirn von Vögeln durchgeführt. Die Wissenschaftlerinnen möchten klären, wie die räumliche Ortung von Schallsignalen auf neuronaler Ebene funktioniert.

Umweltreize räumlich zu orten, ist eine der zentralen Aufgaben jedes Sinnessystems. Auch wir Menschen lokalisieren ständig unbewusst die auf uns einwirkenden Reize: Wir registrieren, dass im Baum vor dem Fenster ein Vogel singt, dass jemand hinter uns den Raum betritt und aus welcher Richtung ein Auto auf uns zukommt. Schallreize zu orten, ist besonders aufwendig und viel komplizierter, als uns bewusst wird. Sie lassen sich nur indirekt lokalisieren, da das zuständige Sinnesorgan, das Innenohr, anders als etwa die Retina im Auge keine räumliche Repräsentation der Außenwelt enthält.

Um ein Geräusch präzise zu orten, braucht man zwei Ohren. Ausgenutzt wird die physikalische Tatsache, dass der Schall an dem seiner Quelle zugewandten Ohr etwas früher und lauter ankommt als am abgewandten. Aus diesen kleinen interauralen Unterschieden kann die Position einer Schallquelle bestimmt werden. So gelangt das Gehirn zu einer Repräsentation des akustischen Raums auf neuronaler Ebene. Viele Details dieser Vorgänge, vor allem was die Ausnutzung der Zeitunterschiede zwischen beiden Ohren betrifft, wurden in den

vergangenen 20 Jahren durch Experimente an Schleiereulen aufgeklärt; Catherine Carr hat hierzu ganz entscheidend beigetragen.

Als nächtliche Jäger sind Schleiereulen besonders auf ihr Hörvermögen angewiesen. Sie können außerordentlich genau orten, in manchen Situationen sogar besser als der Mensch. In den beiden Innenohren wird ein Schallreiz in Nervenimpulse umgewandelt, wobei die zeitliche Abfolge der Impulse äußerst exakt (mit einer Präzision von weniger als einer zehntausendstel Sekunde!) die Ankunftszeit des Schalls widerspiegelt. Die Gehirnzellen, die diese Impulse - noch getrennt nach Ohren - empfangen, senden sie weiter, bauen aber geringe systematische Verzögerungen ein. Die nachgeschalteten Nervenzellen erhalten diese veränderten Signale von beiden Ohren und senden ihrerseits nur dann Impulse aus, wenn sie von beiden Seiten genau gleichzeitig Impulse erhalten. Sie melden quasi »kein Unterschied zwischen meinen Eingängen«. Das gilt für Schallsignale, die genau aus der Mitte des Gesichtsfelds kommen, also den gleichen Weg zu beiden Ohren haben. Bei seitlich gelegenen Schallquellen wird