

# Räumliche Benutzerschnittstellen

Antonio Krüger

## Wie viel „Raum“ sollte eine Benutzerschnittstelle einnehmen?

Die Wahrnehmung und Interaktion des Menschen ist geprägt durch eine dreidimensionale Räumlichkeit. Wir bewegen uns durch den Raum wenn wir uns von der Wohnungsstätte zur Arbeit begeben, wir verschieben Objekte des täglichen Gebrauchs in der dritten Dimension, z. B. wenn wir die Kaffee- oder Teetasse zum Mund führen, und manipulieren Objekte in der dritten Dimension, z. B. beim Erstellen von schriftlichen Aufzeichnungen, indem wir einen Schreibgerät über eine Schreibunterlage in einer verhältnismäßig komplizierten Bewegung führen. Die meisten der verwendeten klassischen Benutzerschnittstellen zwischen Mensch und Computer sind hingegen zweidimensionaler Natur. Wir schreiben Texte mit einem Textverarbeitungsprogramm, manipulieren Symbole auf einem virtuellen Desktop, lesen Texte in einem Webbrowser – alles in zwei Dimensionen. Es drängt sich die Frage auf, aus welchen Gründen Benutzerschnittstellen mit der dritten Dimension geizen und welche Vorteile die Einbeziehung der Dritten Dimension bei der Interaktion überhaupt besitzt. Nun könnte man denken, dass unsere Familiarität mit zweidimensionalen Benutzerschnittstellen auch damit zusammenhängt, dass die ersten Rechner mit grafischen Benutzerschnittstellen (z. B. der Xerox Star) schlicht nicht genug Leistung besaßen, um die dritte Dimension in die Interaktion mit einzubeziehen. Tatsächlich ist es aber auch so, dass viele der Aufgaben durch die Abstraktion auf zwei Dimensionen einfacher werden und es ist bekannt, dass zweidimensionale Darstellungen in vielen Domänen den Vergleich mit der dreidimensionalen Darstellung nicht scheuen muss [9]. Heutzutage, mit mehr Rechenleistung im

Gepäck, ist der Entwickler einer Benutzerschnittstelle relativ frei in seiner Entscheidung, wie viel Räumlichkeit eine Benutzerschnittstelle unterstützen sollte. Umso mehr stellt sich die Frage, in welchen Situationen welche Aspekte von Räumlichkeit in der Benutzerschnittstelle berücksichtigt werden sollte.

Im Folgenden möchte ich das an drei unterschiedliche Typen von räumlichen Benutzerschnittstellen diskutieren. Zum einen an Benutzerschnittstellen, die eine Interaktion mit räumlichen Daten ermöglichen, wie z. B. bei klassischen Geoinformationssystemen. Zum anderen an Benutzerschnittstellen, die den Raum explizit modellieren, in dem die Interaktion stattfindet, wie dies z. B. bei Navigationssystemen der Fall ist und schließlich an Benutzerschnittstellen, die selbst räumlich sind, d. h. aus im Raum verteilten Komponenten besteht, wie dies bei instrumentierten Räumen zunehmend zu beobachten ist.

Eine Reihe von internationalen Tagungen und Zeitschriften beschäftigen sich mit diesen Fragestellungen, neben der CHI (<http://www.sigchi.org/>) sind hier insbesondere die Tagung 3DUI (<http://3dui.org/>), Intelligent User Interfaces (<http://iuiconf.org/>), COSIT (<http://www.cosit.info/>) sowie die Tagung „Spatial Cognition“ zu nennen. Deutsche Forscher haben insbesondere bei der Repräsentation von räumlichen Konzepten in Benutzerschnittstellen auf diesem Gebiet in der Vergangenheit Pionierarbeit

---

DOI 10.1007/s00287-014-0802-8  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Antonio Krüger  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
und Universität des Saarlandes,  
Stuhlsatzenhausweg 3, 66123 Saarbrücken  
E-Mail: [krueger@dfki.de](mailto:krueger@dfki.de)

## Zusammenfassung

Dieser Artikel beschäftigt sich mit verschiedenen Aspekten von räumlichen Benutzerschnittstellen. Darunter verstehen wir insbesondere Benutzerschnittstellen, die es erlauben räumliche Daten besser zu verstehen. Als Beispiel präsentieren wir unsere Arbeiten zu Virtuellen Globen, wie sie durch Google Earth populär geworden sind. Der zweite Fall, in dem räumliche Benutzerschnittstellen Vorteile besitzen, manifestiert sich bei mobilen Benutzerschnittstellen, die den Raum zur Interaktion benutzen. Schließlich wird diskutiert, wie Benutzerschnittstellen in instrumentierten Räumen gestaltet werden können, um Benutzern zu assistieren.

geleistet. So wurden im Sonderforschungsbereich 378 „Ressourcenadaptive Kognitive Prozesse“ die Grundlagen der maschinellen Repräsentation von kognitiven Raumkonzepten gelegt, die in den noch laufenden Transregios 8 „Spatial Cognition“ und 62 „Eine Computation-Technologie für kognitiv technische Systeme“ bis in die heutige Zeit weiterentwickelt werden. Darüber hinaus beschäftigen sich aktuell zahlreiche Gruppen in Deutschland mit verwandten Fragestellungen.

Im Nachfolgenden sollen drei Perspektiven von räumlichen Benutzerschnittstellen beleuchtet werden, in denen der „Raum“ eine gewichtige Rolle spielt. Dabei wird zunächst auf die Interaktion mit räumlichen Daten eingegangen. In diesem Fall muss eine Benutzerschnittstelle Aspekte der räumlichen Daten reflektieren, wie z. B. die Darstellung von Karten beherrschen. Im zweiten Fall, den wir betrachten, geht es um mobile Benutzerschnittstellen, die im Raum bewegt werden und so Interaktion ermöglichen. Hier wird der Raum um den Benutzer herum selbst Teil der Benutzerschnittstelle. Schließlich wird auf instrumentierte Räume eingegangen, die räumlich verteilte Benutzerschnittstellen zur Verfügung stellen. So diskutieren wir drei Sichten auf Benutzerschnittstellen: die Interaktion mit räumlichen Daten, die Interaktion im Raum und die Interaktion mit dem Raum.

## Interaktion mit räumlichen Daten: Geoinformationssysteme und virtuelle Globen

Geoinformationssysteme sind in der Regel komplexe Systeme zur Repräsentation und Verarbeitung räumlicher Daten, die vielfältige Aufgaben in Wirtschaft und Verwaltung unterstützen. Die Benutzerschnittstellen von Geoinformationssystemen sind in der Regel hochkomplex, erfordern eine lange Einarbeitungszeit und sind daher für Laien



*Abb. 1 Multitouch-Interaktion von räumlichen Daten mithilfe der „Virtual Globe“-Metapher*

## Abstract

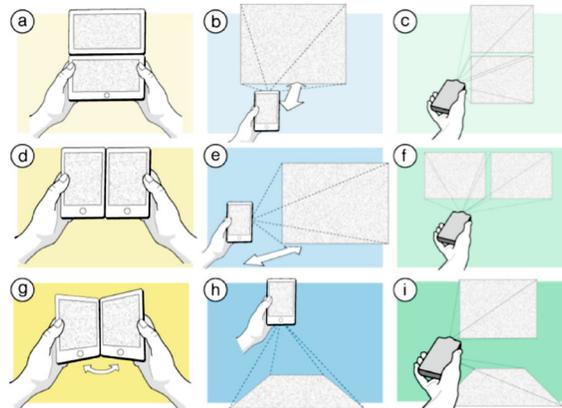
This article discusses various aspects of Spatial User Interfaces. The first aspect relates to user interfaces which help users to interact with spatial data, such as the interaction with virtual globes, for example introduced in Google Earth. Secondly we will present our work on mobile user interfaces, which use the space around us to improve interaction. Finally, we highlight how instrumented spaces can contribute to provide sophisticated assistance to users.

schwer verständlich. Webbasierte Geoinformationssysteme, die sich auf bestimmte einfache Teilaspekte der Interaktion mit räumlichen Daten beschränken, wie z. B. Google Maps auf den der Navigation, richten sich eher an Laien. Eine interessante Forschungsfrage in diesem Zusammenhang ist, wie Benutzerschnittstellen gestaltet werden sollten, um auch Laien die Beantwortung komplexer räumlicher Fragestellungen zu ermöglichen. Unsere eigene Arbeit hat in der Vergangenheit mehrere Beiträge in diese Richtung beigesteuert. So wurden von uns „Virtual Globe“-Konzepte entwickelt, die die Exploration von Geodaten an großen Multitouch-Wänden in einfacher Art und Weise ermöglichen und dabei nicht nur Fragen nach Örtlichkeiten beantworten, sondern auch räumliche Kausalzusammenhänge aufzudecken helfen (s. Abb. 1).

Weiterentwicklungen der Konzepte führten zu Systemen, die räumliche Daten auf Multitouch-Tischen explorierbar machen und zu Systemen, die multimodal gesteuert werden konnten, z. B. durch Handgesten und Körperbewegungen. Hierzu mussten u. a. neuartige Gestenkonzepte entworfen und implementiert sowie entsprechende Benutzertests validiert werden. In diesen Arbeiten wurde versucht, die Räumlichkeit der Interaktion mit der Räumlichkeit der Daten, mit denen interagiert wird, in Einklang zu bringen [3].

## Die Interaktion im Raum: mobile Benutzerschnittstellen

Die Repräsentation von räumlicher Information spielt bei mobilen Benutzerschnittstellen eine wichtige Rolle, da die Ortsinformation ein wichtiger Schlüssel zu weiteren Kontextfaktoren darstellt,



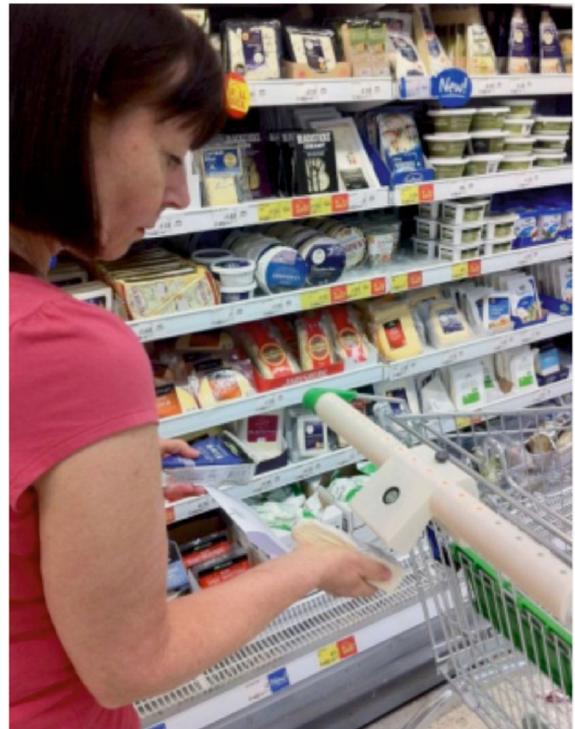
**Abb. 2 Konfiguration möglicher multipler Displays bei Mobilgeräten. Unserer Forschungen haben gezeigt, dass insbesondere die Kombination in (i) aus kognitiver Sicht besonderes erfolgsversprechend ist**

wie z. B. dem aktuellen Wetter oder der Bewegungsgeschwindigkeit. Heutige Navigationssysteme profitieren von der frühen Forschung an multimodalen mobilen Systemen, wie z. B. an einem der ersten 3D-Fußgängernavigationssystemen, welches nahtlos indoor- und outdoor-Navigationsaufgaben miteinander in Verbindung brachte [7]. Ein Schwerpunkt unserer Forschung lag dort auf der Adaptivität der mobilen Systeme, die sich auch in der Anpassung der Systeme widerspiegelt, die z. B. in Abhängigkeit von Kontextfaktoren wie der Bewegungsgeschwindigkeit an die grafische Darstellung anpasst. So greifen heutige Navigationssysteme diese Ergebnisse auf, wenn abhängig von der Geschwindigkeit bei Abbiegevorgängen der Maßstab der Darstellung verändert wird. Aktuelle Forschungsfragen befassen sich mit der Interaktion von stereoskopischen Darstellungen auf Mobilgeräten und untersuchen, in welchen Situation 3D-Displays von Vorteil sind, bzw. welche Vorteile sich aus der Kombination von mobilen und stationären Displays ergeben [8]. Untersucht werden auch Fragestellungen zur multimodale Interaktion mit mobilen Geräten, die neben Gestik und Sprache insbesondere die Blickbewegung des Benutzers mitberücksichtigen. Weitere interessante Forschungsfelder sind die der Repräsentation von Indoor-Umgebungen, die der nächsten Generation von Indoor-Navigationssystemen den Weg ebnen werden und die zu Methoden geführt haben, die es Laien erlauben, entsprechende Vermessungsdaten selbst zu erheben. In diesem Zusammenhang spielten auch Visualisierungen von Wegbeschrei-

bungen eine wichtige Rolle, da insbesondere für Indoor-Umgebungen keine allgemeinen kartografischen Konventionen existieren, die mit denen für Outdoor-Umgebungen (z. B. Straßenkarten) vergleichbar wären [1]. In mehreren Forschungsprojekten wurde darüber hinaus untersucht, wie räumliche kognitive Fähigkeiten und Prinzipien der menschlichen Wahrnehmung genutzt werden können, um Benutzerschnittstellen besser zu organisieren und adaptiver zu gestalten (s. Abb. 2). Dazu wurden Experimente durchgeführt und die Ergebnisse dann in Prototypen umgesetzt, z. B. um das Design von Mobiltelefonen mit mehreren Displays zu optimieren [2].

### Die Interaktion mit dem Raum: Assistenz durch instrumentierte Umgebungen

Immer mehr Rechenleistung und damit auch immer mehr Interaktionsoptionen werden in unsere Umgebung verlagert. Neben den mobilen Benutzerschnittstellen, die im Raum bewegt werden, gewinnen Benutzerschnittstellen, die räumlich verteilt sind, an Bedeutung. Eine weitgehend noch offene Forschungsfragestellung ist, wie solche Benutzerschnittstellen künftig grundsätzlich gestaltet werden sollten. Der Stanford Iroom [5] war eines der ersten Projekte, welches sich mit instrumentierten Räumen beschäftigt und erste Vorschläge für Softwareinfrastrukturen und Bedienkonzepte gemacht hat. Weitere prominente Beispiele sind das Georgiatech Aware Home (<http://www.awarehome.gatech.edu/>) und die Konzepte, die im Rahmen der Emmi-Nöther-Nachwuchsgruppe Fluidum (<http://www.fluidum.org/>) entwickelt wurden. Im Rahmen unserer eigenen Forschungen wurden schrittweise in ähnlicher Weise immer komplexere Umgebungen aufgebaut. Die zurzeit größte Installation wird von uns in Kooperation mit dem Einzelhändler Globus betrieben. In der Globus-Zentrale in St. Wendel wurde mit dem „Innovative Retail Laboratory“ ([www.innovative-retail.de](http://www.innovative-retail.de)) eine der weltweit umfangreichsten instrumentierten Handelsumgebungen geschaffen. Wichtige Forschungsergebnisse umfassen nicht nur die Weiterentwicklung der Event-basierten Softwareinfrastruktur, sondern auch neue implizite Interaktionskonzepte, wie z. B. die ambiente Unterstützung durch einen intelligenten Einkaufswagen (siehe Abb. 3 und [6]).



**Abb. 3 Ein Kunde verwendet ein neuartiges, am Einkaufswagen zu befestigendes Gerät, welches Unterstützung zur nachhaltigen Produktwahl durch eine einfache Benutzerschnittstelle leistet**

Weitere Forschungsschwerpunkte des „Innovative Retail Laboratory“ sind die Analyse von großen Datenmengen, die Weiterentwicklung des Konzepts eines digitalen Produktgedächtnisses. Relevant sind auch die Erforschung neuer Interaktionskonzepte mit Alltagsgegenständen. So sind im IRL mehr als 1000 Produkte mit Sensorik versehen, die eine individuelle Betrachtung jedes einzelnen Produktes und seiner Produkthistorie in einem digitalen Produktgedächtnis und in seiner Interaktion erlauben. Eine wichtige Rolle spielt auch die Weiterentwicklung von Indoorpositionierungssystemen in diesem Zusammenhang. Ergebnisse dieser Forschung führten u. a. im Rahmen eines interdisziplinären Projekt mit Verhaltensforschern aus Münster, Dresden und Berlin zu neuen Erkenntnissen in der Hirnforschung [4].

### Literatur

1. Baus J, Kray C, Krüger A (2001) Visualization of route descriptions in a resource-adaptive navigation aid. *Cognitive Process* 2(2–3):323–345
2. Cauchard JR, Löchtfefeld M, Irani P, Schoening J, Krüger A, Fraser M, Subramanian S (2011) Visual separation in mobile multi-display environments. In: *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology*. ACM, pp 451–460

3. Daiber F, Schöning J, Krüger A (2009) Whole body interaction with geospatial data. In: *Smart Graphics*, Springer, pp 81–92
4. Freund J, Brandmaier A, Lewejohann L, Kirste I, Kritzler M, Krüger A, Sachser N, Lindenberger U, Kempermann G (2013) Emergence of individuality in genetically identical mice. *Science* 340(6133):756–759
5. Johanson B, Fox A, Winograd T (2001) The Stanford iRoom and Interactive Workspaces Project. In: *Proc. IEEE Pervasive Computing*, pp 67–75
6. Kalnikaite V, Rogers Y, Bird J, Villar N, Bachour K, Payne S, Krüger A, Schöning J, Kreitmayer S (2011) How to nudge in situ: designing lambent devices to deliver salient information in supermarkets. In: *Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing*, ACM, pp 11–20
7. Krüger A, Butz A, Müller C, Stahl C, Wasinger R, Steinberg KE, Dirschl A (2004) The connected user interface: realizing a personal situated navigation service. In: *Proceedings of the 9th international conference on Intelligent user interfaces*, ACM, pp 161–168
8. Müller J, Jentsch M, Kray C, Krüger A (2008) Exploring factors that influence the combined use of mobile devices and public displays for pedestrian navigation. In: *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*, ACM, pp 308–317
9. Tversky B (2001) Spatial schemas in depictions. In: *Spatial Schemas and Abstract Thought*, Chicago, pp 79–111