

Berührungslose und be-greifbare Interaktionen des 3D-Skizzierens

Johann Habakuk Israel¹, Erik Sniegula²

Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung, Fraunhofer IPK Berlin¹
Freie Universität Berlin²

Zusammenfassung

Entwickler immersiver Anwendungssysteme, in diesem Beitrag insbesondere immersiver Skizziersysteme, sind seit der breiten Verfügbarkeit von Tiefenkameras vor die Frage gestellt, Interaktionstechniken be-greifbar oder berührungslos zu realisieren. In diesem Beitrag werden jeweils ein auf be-greifbaren und ein auf berührungslosen Interaktionstechniken basierendes immersives Skizziersystem vorgestellt und miteinander verglichen. Abschließend werden erste Vorschläge für eine Funktionsallokation zwischen be-greifbaren und berührungslosen Interaktionstechniken im Kontext des immersiven Skizzierens benannt.

1 Einleitung

Mit der Verfügbarkeit tiefenbildbasierter Interaktionsgeräte wie der Microsoft Kinect oder der ASUS Xtion wurde es möglich, berührungslose Interaktionstechniken auf einfache Art und Weise zu realisieren. Diese erlauben dem Benutzer, durch die Bewegung seines Körpers mit dem Computer zu interagieren, beispielsweise durch Winken mit den Händen oder Bewegen der Arme. Physische Interaktionsgeräte sind dazu nicht notwendig. Solche berührungslosen Interaktionstechniken, oft auch gestenbasierte Interaktionstechniken genannt, werden häufig als Möglichkeit zur Entwicklung „natürlicher“ oder „intuitiver“ Benutzungsschnittstellen beschrieben (vgl. u. a. Ren et al. 2011; Wachs et al. 2011). Zwar sind solche Aussagen oft kaum empirische unterlegt und unterscheiden begrifflich nicht zwischen Gesten, physischer Manipulation und Metaphern (vgl. u. a. Quek 2004; Naumann et al. 2007; Israel, Hurtienne, et al. 2009). Trotzdem stellt sich Designern be-greifbarer und anderer Benutzungsschnittstellen die Frage, welche Vor- und Nachteile be-greifbare und berührungslose Interaktionstechniken im gegenseitigen Vergleich aufweisen und ob sie im konkreten Fall Systemfunktionen berührungslos oder be-greifbar anbinden sollten.

Dieser Beitrag widmet sich dieser Frage insbesondere aus der Anwendungsperspektive immersives Skizzieren in virtuellen Umgebungen. Zunächst wird kurz ein bestehendes, auf be-

greifbaren Interaktionstechniken basierendes immersives Skizziersystem beschrieben, anschließend ein funktional ähnliches experimentelles System, welches die berührungslose Steuerung der Skizzierfunktionen ermöglicht. Abschließend werden beide Ansätze verglichen und ein erstes Fazit zur Funktionsallokation spezifischer Interaktionsaufgaben zwischen be-greifbaren und berührungslosen Interaktionstechniken vorgestellt. Unter be-greifbaren Interaktionstechniken wird hier der Gebrauch physisch repräsentierter Interaktionswerkzeuge während des immersiven Skizzierens verstanden; eine Betrachtung weiterer Aspekte be-greifbarer Interaktion erfolgt im Abschnitt 4.

2 Immersives Skizzieren mit be-greifbaren Interaktionswerkzeugen

Die Entwicklung und Untersuchung multimedialer Werkzeuge zur Unterstützung kreativer Produktentwicklungsprozesse ist ein wichtiger Gegenstand des Design Research. Hierzu zählen auch Virtual-Reality-Technologien und insbesondere immersive Modellier- und Skizziersysteme, mit denen Designer in die Lage versetzt werden, direkt im immersiven dreidimensionalen Raum zu modellieren und skizzieren (vgl. u. a. Fiorentino et al. 2002; Keefe et al. 2001). Das hier vorgestellte immersive Skizziersystem wurde am Fraunhofer IPK entwickelt (Israel, Wiese, et al. 2009) und ermöglicht es dem Benutzer, Skizzen und Modelle direkt im dreidimensionalen Raum zu erstellen, sich um sie zu bewegen und sie aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten (Abbildung 1). Das System nutzt eine VR-Cave, ein stereoskopisches Projektionssystem mit fünf quadratischen Projektionsflächen mit je 2,5 m Kantenlänge (Cruz-Neira et al. 1992). Unter den Interaktionswerkzeugen des Skizzierungssystems befindet sich ein Stift der es erlaubt, Linien zu zeichnen, Objekte zu löschen („Radiergummi“-Funktion) und Linien zu extrudieren, eine Zange zum Verschieben und Rotieren virtueller Objekte sowie ein beidhändiges Modellier-Werkzeug, mit dem Bézier-Kurven zu Flächen aufgezo-gen werden können (Abbildung 2). Alle Werkzeuge können mit den Händen geführt und entweder im Präzisionsgriff oder im Kraftgriff gehalten werden (precision grip, power grip, vgl. Napier 1956; Wilson 1998). Das System wurde bereits mehrfach empirisch im Kontext des Product Design untersucht, wobei die Möglichkeiten im Maßstab eins-zu-eins und dreidimensional zu arbeiten und direkt mit den Skizzen im Moment ihrer Entstehung interagieren zu können als Alleinstellungsmerkmale dieser Entwurfsmethode identifiziert wurden (Israel, Wiese, et al. 2009). Schwierigkeiten ergaben sich beim detaillierten und präzisen Skizzieren, jedoch konnten die entsprechenden Fertigkeiten relativ schnell verbessert und eine steile Lernkurve beobachtet werden (Wiese et al. 2010).

3 Berührungsloses freihändiges Skizzieren

Zur vergleichenden Untersuchung mit der be-greifbaren Variante wurde ein experimentelles berührungslosen Skizziersystems entwickelt. Dieses setzt eine Microsoft Kinect Kamera ein, welche unter anderem die vor der Kamera befindlichen Personen erfassen und Skelettmodel-

le von ihnen erstellen kann. Für diese Anwendung wurden die von der Kinect ermittelten Positionen der Unterarme genutzt und auf die Positionen der oben genannten virtuellen Werkzeuge abgebildet (Abbildung 3, Abbildung 4).



Abbildung 1: Immersives Modellersystem des Fraunhofer IPK Berlin (Israel 2011).



Abbildung 2: Be-greifbare Interaktions- und Modellierwerkzeuge.



Abbildung 3, Abbildung 4: Berührungslose Steuerung des Beziér-Flächenwerkzeugs.

Mit dem geschilderten experimentellen Aufbau konnten erste Interaktionstechniken des bestehenden Modellersystems wie das Zeichnen von Linien und Beziér-Kurven und das beidhändige Greifen von Objekten berührungslos umgesetzt werden. Es zeigte sich dabei, dass ein direkter funktionaler Vergleich zwischen dem berührungslosen und dem be-greifbaren Ansatz nur begrenzt möglich ist, da sich beide im Reifegrad sehr unterscheiden. So liegt die Qualität der von der Kinect ermittelten Trackingdaten hinsichtlich Auflösung, Genauigkeit, Rauschens und Stabilität weit unter denen des bisher verwendeten optischen Trackingsystems. Ein einhändiges Greifen von Objekten ist beispielsweise nicht möglich, da die Finger der Hand vom Trackingsystem nicht aufgelöst werden können. Im Beispielsystem mussten Objekte daher immer gleichzeitig mit beiden Händen gegriffen werden. Weiterhin ist der

durch die Kinect erfasste Interaktionsraum beschränkt und erfasst nur einen pyramidenartig zulaufenden Teilbereich der Cave. Der Benutzer kann außerdem nur in Richtung der Kinect interagieren und sich nicht beliebig drehen, da seine Arme sonst gegenüber der Kinect vom eigenen Körper verdeckt werden.

4 Vergleich be-greifbarer und berührungsloser Interaktionen am Beispiel immersives Skizzieren

Der Vergleich be-greifbarer und berührungsloser Interaktionstechniken des immersiven Skizzierens soll hier basierend auf den vier Themen *greifbare Manipulation (tangible manipulation)*, *räumliche Interaktion (spatial interaction)*, *verkörperte Interaktion (embodied facilitation)* und *ausdruckstarke Repräsentationen (expressive representation)* des Tangible-Interaction-Frameworks von Hornecker und Buur (2006) geführt werden. Die geschilderten Einschätzungen gründen auf Erfahrungen aus eigenen Benutzerstudien und sporadische Nutzerbeobachtungen während informeller Demonstrationen.

Bezogen auf das Thema *greifbare Manipulation* unterscheiden sich beide Interaktionstechniken grundlegend. Dieses Thema beschreibt die Möglichkeiten zur direkten haptischen Interaktion mit materiellen Objekten, den damit verbundenen physischen Effekten und der Unterstützung durch physische Affordances und Constraints. In der be-greifbaren Variante führt der Benutzer das physische Werkzeug mit den Händen, die Wirkrichtung des Werkzeugs ist das Ergebnis des Zusammenspiels der Finger (precision grip) und wird in der räumlichen Ausrichtung des physischen Werkzeuges als auch seines virtuellen Cursors eindeutig repräsentiert. Sensoren und Schalter, die am Werkzeug untergebracht sind, können schnell gefunden und ausgelöst werden. Über das Auslösen erhält der Benutzer eindeutiges Feedback durch die Gegenkraft am Objekt oder das Klicken eines Schalters. Es besteht daher nur wenig Unsicherheit darüber, ob das System die Auslösung einer Funktion erfasst hat. Die Wirkung des Werkzeugs wird jedoch auf einen räumlichen Freiheitsgrad reduziert, anders als beim Formen eines plastischen Objekts mit den Händen, bei dem jeder Kontaktpunkt der Hände mit dem Material eine Wirkung erzielen kann (vgl. u. a. Piper and Ratti 2002).

Mit berührungslosen Interaktionstechniken steuert der Benutzer die Wirkrichtung der Werkzeuge mit den Unterarmen, eine Abstimmung durch mehrere Finger ist derzeit technisch nicht möglich. Selbst wenn es technisch möglich wäre, die Finger der Hand einzeln zu erfassen - was in absehbarer Zeit zu erwarten ist -, wäre das Austarieren einer Wirkrichtung schwierig, da ein zwischen den Fingern vermittelndes Element fehlte. Ob sich mit berührungslosen Interaktionstechniken Präzisionsgriffe überhaupt realisieren lassen, erscheint daher fraglich. Ein besonderes Problem der Verwendung berührungsloser Interaktionstechniken stellen Auswahloperationen bzw. Statusänderungen dar, hier insbesondere das Beginnen und Beenden des Linien- oder Flächenzeichnens, das Greifen und Loslassen eines virtuellen Objektes oder die Auswahl einer Subfunktion in einem 3D-Menü. Bisher wird dies durch Gesten gelöst, die im Vergleich zur begreifbaren Interaktionstechniken unzuverlässig sind und den Benutzer oft im Unklaren lassen, ob die Geste vom System erkannt und die Funkti-

on ausgewählt wurde. Da Greifen, Auslösen und Beenden oft ausgeführt werden, wirken sich diese Verzögerungen erheblich auf die Gesamteffizienz aus. Ein wesentlicher Vorteil berührungsloser Interaktion ist natürlich, dass Benutzer keine physischen Interaktionsgeräte tragen müssen und alle Interaktionsmöglichkeiten – so sie entsprechend implementiert sind – in den bloßen Händen tragen.

Bezogen auf das Thema *räumliche Interaktion*, also der Möglichkeit den Raum zu nutzen und in ihm präsent zu sein, unterscheiden sich berührungslose und be-greifbare Interaktion wenig. Benutzer können sich in beiden Fällen im Rahmen des vom Trackingsystem erfassten Bereichs bewegen, die Bedeutung der Interaktionsorte unterscheidet sich nicht. Berührungslose Interaktionstechniken erlauben es jedoch, potentiell mit dem gesamten Körper im Interaktionsraum zu interagieren und somit mehr räumliche Freiheitsgrade als be-greifbare Interaktionswerkzeuge zu nutzen (s. o.).

Hinsichtlich der *verkörperten Interaktion* konnten wir beobachten, dass mit be-greifbaren Interaktionstechniken die konzentrierte Arbeit am Objekt im Vordergrund stand. Einige Nutzer hoben den Prozess hervor und dass ihnen die Formen aus den Händen fließen. Öfter wurde jedoch das Resultat der Arbeit, das skizzierte Objekt thematisiert und der Wunsch, die Bewegungen zu dessen Erschaffung möglichst präzise ausführen zu können. Nutzer des berührungslosen Systems legten dagegen weniger Wert auf das zu erschaffende Objekt sondern sahen die Qualität des Systems zuerst in der Stimulation, die Hände zu bewegen und das System damit zu steuern. Viele beschrieben dies als faszinierend oder sogar meditativ und führten repetitive Bewegungen teilweise minutenlang aus.

Ausdruckstarke Repräsentationen zu erzeugen, eine Verbindung zwischen den eigenen Aktionen und der Reaktion des Systems wahrzunehmen und innere Bilder externalisieren zu können ist mit beiden Interaktionstechniken möglich. Gerade hier haben immersive Skizziersysteme ihre größte Stärke. Die erzeugten Bilder unterscheiden sich zwar aufgrund des verschieden starken experimentellen Charakters der Systeme in ihrem Detailreichtum und in ihrer Präzision. Grundsätzliche Unterschiede lassen sich jedoch auch in anderen Systemen nicht erkennen (vgl. u. a. Keefe et al. 2001; Schkolne 2006).

5 Zusammenfassung

Die Erfahrungen mit be-greifbaren und berührungslosen Interaktionstechniken des immersiven Skizzierens legen nahe, dass konkrete Systementwürfe, abhängig vom Anwendungsfall, Anleihen in beiden Konzepten nehmen sollten. Ein Entweder-oder zwischen beiden Konzepten, das heißt entweder alle Interaktionstechniken berührungslos anzubinden oder nur vermittelt über physische Interaktionswerkzeuge, würde Möglichkeiten verschenken. Basierend auf dem Vergleich beider Interaktionstechniken lässt sich – bei aller Begrenztheit der empirischen Basis und Methode – für den Anwendungsfall immersives Skizzieren eine erste Funktionsallokation zwischen be-greifbaren und berührungslosen Interaktionstechniken vornehmen.

Begreifbare Interaktion kann für solche Interaktionstechniken zum Tragen kommen, für die folgende Anforderungen gelten:

- präzise freihändige Interaktion (precision grip) um Informationen zu generieren,
- häufige und schnelle Statusänderungen durchführen,
- eindeutiges Systemfeedback (passives Feedback, physische Affordances und Constraints) für effiziente und schnelle Interaktionen vermitteln,
- das zu generierende Objekt steht im Vordergrund, nicht die Interaktionstechnik.

Dagegen kann berührungslose Interaktion für solche Interaktionstechniken in Betracht gezogen werden, für die diese Anforderungen bestehen:

- die Aktivität der Benutzer steht im Vordergrund, nicht das zu generierende Objekt,
- die Manipulation virtueller Objekte soll flächig und nicht punktuell erfolgen,
- Genauigkeit der Interaktion spielt eine untergeordnete Rolle,
- auf physische Interaktionsgeräte soll verzichtet werden.

Umgebrochen auf Systemfunktionen bedeutet dies, dass generierende Funktionen wie das Erzeugen von Linien und Flächen wegen ihres höheren Präzisionsanspruches, der schnellen Zustandswechsel und der Notwendigkeit des Zusammenspiels mehrere Finger (Präzisionsgriff) be-greifbar realisiert werden sollten. Transformierende Operationen wie das Greifen, Verschieben und Skalieren von Objekten lassen sich dagegen zukünftig möglicherweise berührungslos umsetzen. Hierdurch ergäbe sich auch eine Reduktion der Anzahl benötigter Interaktionsgeräte, wodurch sich das Problem des physical clutter (vgl. Ullmer and Ishii 2001) ebenfalls verringerte.

Die gleichzeitige Verwendung des be-greifbaren und des berührungslosen Ansatzes erscheint zusammenfassend als vielversprechender Weg hin zu ganzheitlichen Interaktionskonzepten des immersiven Skizzierens, von 3D-Benutzungsschnittstellen und darüber hinaus. Es sollten daher technische Infrastrukturen geschaffen werden, diese Kombination von Interaktionstechniken zu realisieren und innerhalb des gleichen Szenarios berührungslose und be-greifbare Interaktionstechniken zu interagieren.

Literaturverzeichnis

- Cruz-Neira, C et al. 1992. "The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment." *Communications of the ACM* 35(6): 64-72.
- Florentino, Michele et al. 2002. "Surface Design In Virtual Reality As Industrial Application." In *DESIGN Conference*, Dubrovnik, Croatia, p. 477-482.
- Hornecker, Eva, and Jacob Buur. 2006. "Getting a Grip on Tangible Interaction: A Framework on Physical Space and Social Interaction." In *CHI 2006*, ACM Press, p. 437-446.

- Israel, Johann Habakuk, Eva Wiese, et al. 2009. "Investigating three-dimensional sketching for early conceptual design—Results from expert discussions and user studies." *Computers & Graphics* 33(4): 462-473. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2009.05.005>.
- Israel, Johann Habakuk, Jörn Hurtienne, et al. 2009. "On intuitive use, physicality and tangible user interfaces." *Int. Journal Arts and Technology* 2(4): 348-366.
- Israel, Johann Habakuk. 2011. "Sketching In Space – Freihändiges Modellieren in Virtuellen Umgebungen." *Futur. Mitteilungen aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin* (3): 18-19.
- Keefe, Daniel F et al. 2001. "CavePainting: A Fully Immersive 3D Artistic Medium and Interactive Experience." In *ACM Symposium on Interactive 3D Graphics (SI3D'01)*, ACM Press, p. 85-93.
- Napier, John. 1956. "The prehensile Movements of the human Hand." *Journal of Bone and Joint Surgery* 38-B(4): 902-913.
- Naumann, Anja et al. 2007. "Intuitive Use of User Interfaces: Defining a Vague Concept." In *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, HCI 2007*, Heidelberg: Springer, p. 128-136.
- Piper, Ben, and Carlo Ratti. 2002. "Illuminating clay: a 3-D tangible interface for landscape analysis." In *SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves (CHI'02)*, Minneapolis, Minnesota, USA , p. 355-362.
- Quek, Francis. 2004. "The catchment feature model: a device for multimodal fusion and a bridge between signal and sense." *EURASIP Journal of Applied Signal Processing* 2004(1): 1619-1636. <http://dx.doi.org/10.1155/S1110865704405101>.
- Ren, Zhou et al. 2011. "Robust hand gesture recognition with kinect sensor." In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia - MM '11*, New York, New York, USA: ACM Press, p. 759. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2072298.2072443> (Accessed March 13, 2012).
- Schkolne, Steven. 2006. "Making Digital Shapes by Hand." In *Interactive Shape Editing, ACM SIGGRAPH Courses 2006*, ACM Press, p. 84-93.
- Ullmer, Brygg, and Hiroshi Ishii. 2001. "Emerging frameworks for tangible user interfaces." In *Human-computer interaction in the new millennium*, ed. J M Carroll. Reading, Massachusetts, USA: Addison-Wesley, p. 579–601.
- Wachs, Juan Pablo et al. 2011. "Vision-based hand-gesture applications." *Communications of the ACM* 54(2): 60. http://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1897838&type=html (Accessed March 9, 2012).
- Wiese, Eva et al. 2010. "Investigating the Learnability of Immersive Free-Hand Sketching." In *ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling SBIM'10*, eds. Ellen Yi-Luen Do and Marc Alexa. Annecy, France: ACM SIGGRAPH and the Eurographics Association, p. 135-142.
- Wilson, Frank R. 1998. *The hand. How it use shapes the brain, language, and human culture*. New York: Pantheon Books.