

# **Hybride Interaktionstechniken des immersiven Skizzierens in frühen Phasen der Produktentwicklung**

vorgelegt von

Dipl.-Inform. Johann Habakuk Israel

aus Leipzig

von der Fakultät V - Verkehrs- und Maschinensysteme

der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Matthias Rötting

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 27. November 2009

Berlin, 2010



## Summary

As immersive 3D user interfaces reach broader acceptance, their use for creative, conceptual design attracts both academic and industrial interests. So far, little is known about the user requirements and cognitive aspects of immersive 3D design, e.g. sketching and modelling. The integration of the latter into the workflow of virtual product creation is also far from being achieved.

The aim of this thesis is to open up support for creative design by integrating virtual reality technology, tangible user interfaces and the methodology of sketching into the processes of virtual product creation. This thesis follows a user-centered approach and investigates the usability of immersive sketching in various studies: a focus group expert discussion, two comparative user studies on immersive 3D sketching conducted among professional furniture designers, and a comparative study on interacting with hybrid tools in virtual environments.

The results of the focus group discussions show a strong interest in using the three-dimensional space as a medium for conceptual design. Users expect it to provide new means for the sketching process, namely spatiality, one-to-one proportions, associations, and formability.

A comparative study was initiated in order to find and investigate advantages of immersive three-dimensional space and its additional degrees-of-freedom for creative/reflective externalization processes. A 3D and a 2D baseline condition were compared in the same technical environment, an immersive VR-Cave system. The user study was conducted among 24 professional designers and engineers. The results show significant effects in favour of the supporting potential of immersive sketching, in particular the interactive engagement with the sketch already during the first design phase, the one-to-one proportionality and stimulating hedonic factors. A qualitative analysis of user statements further revealed the necessity for technical improvements and enhancements.

Another two comparative user studies investigated the design of both interaction tools and techniques for basic manipulation tasks and sketching in virtual environments. It was found that hybrid tools which consist of physical, tangible parts and virtual parts are currently the optimal solution for immersive sketching tasks.

This thesis argues that as we progress towards novel digital product development processes, immersive sketching along with new tangible interaction techniques will reach a significant position in conceptual product design. The thesis provides a strong empirical fundament in favour of the industrial application of immersive sketching and the use of immersive sketching techniques as a complementary function in tasks such as interactive design reviews and CAD-modelling.

## Zusammenfassung

Mit der wachsenden Verbreitung dreidimensionaler Benutzungsschnittstellen wächst auch das Interesse, diese für kreative, konzeptionelle Entwurfstätigkeiten einzusetzen. Benutzeranforderungen und kognitive Aspekte des immersiven Designs, insbesondere des Skizzierens und Modellierens, sind bisher jedoch kaum bekannt. Eine technische Integration in die Systeme der Virtuellen Produktentstehung wurde bisher ebenfalls nicht vollzogen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Unterstützungsmöglichkeiten für kreative Entwurfstätigkeiten durch die Verknüpfung von Virtual Reality-Technologie, fühlbaren Benutzungsschnittstellen und der Methodik des Skizzierens zu erschließen und im Rahmen der Virtuellen Produktentwicklung zu verankern. Diese Arbeit verfolgte dazu einen benutzerzentrierten Ansatz und untersuchte die Gebrauchstauglichkeit des immersiven dreidimensionalen Skizzierens anhand mehrerer Studien: einer Expertendiskussion im Rahmen einer Fokusgruppenstudie, zweier vergleichender Benutzerstudien des immersiven Skizzierens unter professionellen Möbeldesignern und einer Studie zur Interaktion mit hybriden Werkzeugen in virtuellen Umgebungen.

Die Ergebnisse der Fokusgruppe zeigten ein starkes Interesse der avisierten Nutzer am Gebrauch des dreidimensionalen Raums als eines Mediums für das konzeptionelle Entwerfen. Die Nutzer erwarten davon zusätzliche Möglichkeiten für den Entwurfsprozess, insbesondere Räumlichkeit, Eins-zu-eins-Proportionalität, Assoziativität und Formbarkeit der Skizzen.

Eine vergleichende Studie hatte zum Ziel, Vorteile des dreidimensionalen Raums und des zusätzlichen räumlichen Freiheitsgrades für kreative/reflektierende Externalisierungsprozesse zu untersuchen. Dazu wurden eine 3D- und 2D-Bedingung innerhalb identischer technischer Bedingungen miteinander verglichen. In dieser Studie, an der 24 berufserfahrene Designer und Konstrukteure teilnahmen, konnten signifikante Unterschiede gefunden werden, die die Unterstützungsfunktion des dreidimensionalen Skizzierens unterstreichen. Hier sind insbesondere die interaktive Auseinandersetzung des Skizzierenden mit der Skizze schon während der ersten Entwurfsphase, die Eins-zu-eins-Räumlichkeit sowie stimulierende hedonistische Faktoren zu nennen. Die qualitative Analyse der Benutzeräußerungen ergab darüber hinaus Hinweise auf technische Herausforderungen und Notwendigkeiten zur Weiterentwicklung.

Zwei weitere vergleichende Benutzerstudien untersuchten die Gestaltung von Interaktionswerkzeugen und –techniken für einfache Manipulationsaufgaben und immersives Skizzieren in virtuellen Umgebungen. Es konnte gezeigt werden, dass hybride Werkzeuge, die aus physischen und virtuellen Anteilen bestehen, derzeit die optimal Lösung für immersive Skizzieraufgaben darstellen.

Die empirisch gewonnenen Ergebnisse dieser Arbeit unterstreichen die bedeutende Rolle des immersiven Skizzierens für zukünftige Systeme der Virtuellen Produktentstehung. In industriellen Anwendungen können Techniken des immersiven Skizzierens anfangs auch als komplementäre Werkzeuge in interaktiven Design-Reviews und in CAD-Modellieraufgaben zum Einsatz kommen.