



Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.) **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN** 2016
Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

Entwickeln – Entwerfen – Erleben 2016.
Beiträge zur Virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik
Herausgeber: Ralph Stelzer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-95908-062-0

© 2016 w.e.b. Universitätsverlag & Buchhandel
Eckhard Richter & Co. OHG
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration © 2016 TU Dresden
Printed in Germany.

Erscheint zugleich auf QUCOSA der SLUB Dresden
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-203878>



© 2016 SAP SE oder ein SAP-Konzernunternehmen. Alle Rechte vorbehalten.



KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

Komplexität bremst Ihr Business aus. Denn je gewaltiger die Informationsflut, desto schwieriger die Entscheidungsfindung. SAP arbeitet daran, Dinge zu vereinfachen. Damit aus Daten Wissen und aus Wissen fundierte Entscheidungen werden, die Ihr Unternehmen weiterbringen. Finden Sie heraus, wie gemeinsam einfach möglich wird auf sap.de/runsimple

SAP[®] Run Simple

Virtual Reality und Augmented Reality als Werkzeug in der Aufstellplanung

Jens Mögel

Einleitung und Motivation

Die gegenwärtigen Entwicklungen von Head-Mounted Displays (HMD, hier synonym auch als Brille bezeichnet) für Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) schaffen ein nie da gewesenes Potential dieser Technologien als Werkzeuge in der Produktentwicklung. Wenngleich VR- und AR-Anwendungen keineswegs neu in der Industrie sind, bringt der Fortschritt der Verbraucher-HMDs völlig neue Möglichkeiten. Immersive VR-Systeme bedeuten künftig keine hunderttausend Euro Anschaffung mehr – AR-Brillen dienen zukünftig nicht nur der Erweiterung der Realität mit zweidimensionalen Informationen.

Cave Automatic Virtual Environments (CAVE), 360-Grad-Projektoren und interaktive Planungstische sind in der Fabrikplanung teilweise etabliert (Runde et al. 2015). Im Unterschied zu diesen Techniken können HMDs jedoch eine deutlich höhere Immersion ermöglichen, was auch für die Interaktion mit der virtuellen Umgebung von Vorteil sein kann. Das Gefühl der Immersion ist wichtig, um in bestimmten Entwicklungsphasen entsprechende Kriterien besser beurteilen zu können. Primär ist der VR-Einsatz für Bewertungsmerkmale sinnvoll, welche nur qualitativ und nicht quantitativ bewertbar sind (Pawellek 2014). Des Weiteren spielt auch die Eingabetechnologie eine essenzielle Rolle. Um mit virtuellen Elementen interagieren zu können, sollte das Eingabegerät echtzeitfähig und intuitiv sein.

In einem laufenden Projekt der Lino® GmbH wird derzeit die Fragestellung untersucht, wie VR- und AR-HMDs als Hilfsmittel in den Produktentwicklungs- und Planungsprozessen der Fabrikplanung eingesetzt werden können. Ziel ist es, ein System, verschiedene Szenarien und Funktionen zu entwickeln, bei welchen die Brillen auf ihren Mehrwert in Bezug auf die Fabrikplanung analysiert und bewertet werden können. Das System soll auf dem Planungswerkzeug Lino® 3D layout und der Konfigurator-Engine Tac-

tonWorks aufbauen. Dementsprechend sind auch die Szenarien konkret in diesem Zusammenhang zu erarbeiten.

Der Nutzen von VR ist bereits vielfach untersucht und durch industrielle Anwender bestätigt worden (Runde 2009). Dennoch gab es in der Vergangenheit einige Probleme bei dem Einsatz bzw. Hemmnisse für eine Einführung von VR-Technologien. Während 2002 in einer der Universität Bielefeld durchgeführten Studie (Decker et al. 2002) noch die hohen Kosten als häufigste Barrieren genannt wurden, sind 2008 in einer Analyse des VDCs die drei häufigsten Probleme: die Schnittstellen, mangelnde Benutzerfreundlichkeit und der Prozess (Runde 2009).

Eine hohe Datenvielfalt und komplexe VR-Softwarelösungen bedeuteten bisher oft einen hohen Aufwand zur Erzeugung von VR-Modellen und -Szenen (Hoyer et al. 2006). Aus diesem Grund wird neben der Benutzerfreundlichkeit der VR- und AR-Anwendungen auch der Gesamtprozess vom CAD-System bis zur VR-/AR-Anwendung untersucht.

In diesem Beitrag wird ein Lösungsansatz am Beispiel der Umsetzung eines gewählten Szenarios in der VR beschrieben. Dieser Ansatz findet in Form eines Demonstrators statt, welcher auch eine Realisierung durch eine AR-Brille berücksichtigt. Dabei werden im Allgemeinen VR und AR als zwei verschiedene Technologien betrachtet, was bedeutet, dass zwei unterschiedliche Systeme entwickelt wurden, welche aber viele Gemeinsamkeiten aufweisen.

Anschließend werden die Problemstellung eingeordnet und die Randbedingungen detaillierter beschrieben. Darauf folgen die Entwicklung eines Szenarios und der Lösungsansatz eines VR-Systems, dargestellt durch ein Systemschaubild. Nach der Beschreibung dieser VR-Umsetzung wird das Konzept für ein AR-System vorgestellt.

Einordnung und Auswahl eines Szenarios

Die Layoutplanung wird in der Literatur in unterschiedliche Detaillierungsstufen eingeteilt, welche in Reihenfolge mit zunehmender Konkretisierung erarbeitet werden sollen (Grundig 2014). Am Ende dieser Prozesskette steht die Feinlayoutplanung, welche auch als Maschinenaufstellplanung bezeichnet wird. Dieser Detaillierungsgrad dokumentiert beispielsweise die Gestaltung der einzelnen Arbeitsplätze aus ergonomischer Sicht (Wiendahl 2008). Mit Wissensbasierten Softwarelösungen können solche Arbeitsplätze in kurzer Zeit in mehreren Varianten abgebildet, durch verschiedene Analysen verglichen und bewertet werden. An dieser Stelle setzt auch das zu entwickelnde System an.

Für den theoretischen Aufbau des VR-/AR-Systems wurde zuvor ein Szenario definiert, aus welchem die Anforderungen an das System abgeleitet werden. Das ausgewählte Szenario dient der Ergonomieuntersuchung eines Arbeitsplatzes an einer Werkzeugmaschine. Es sollen die Erreichbarkeit und die Bewegungen im Arbeitsprozess an der Maschine analysiert werden, indem die Anordnung und die Geometrien aller Elemente, welche für die Mensch-Maschine-Interaktion wichtig sind, in mehreren Varianten abgebildet und verglichen werden. Durch das VR-/AR-Tool soll der Entscheidungsprozess nutzbringend unterstützt werden.

Das Szenario, welches als erstes Beispiel simuliert werden soll, ist in Abbildung 1 skizziert und enthält folgende Arbeitsschritte: das Einstellen der Maschinenparameter, ein Werkzeugwechsel, die Bestückung der Maschine mit einem oder mehreren Werkstücken, die Steuerung der Maschine und die Entnahme des Werkstücks. Als Werkzeugmaschine dient in diesem Beispiel eine hydraulische Presse.

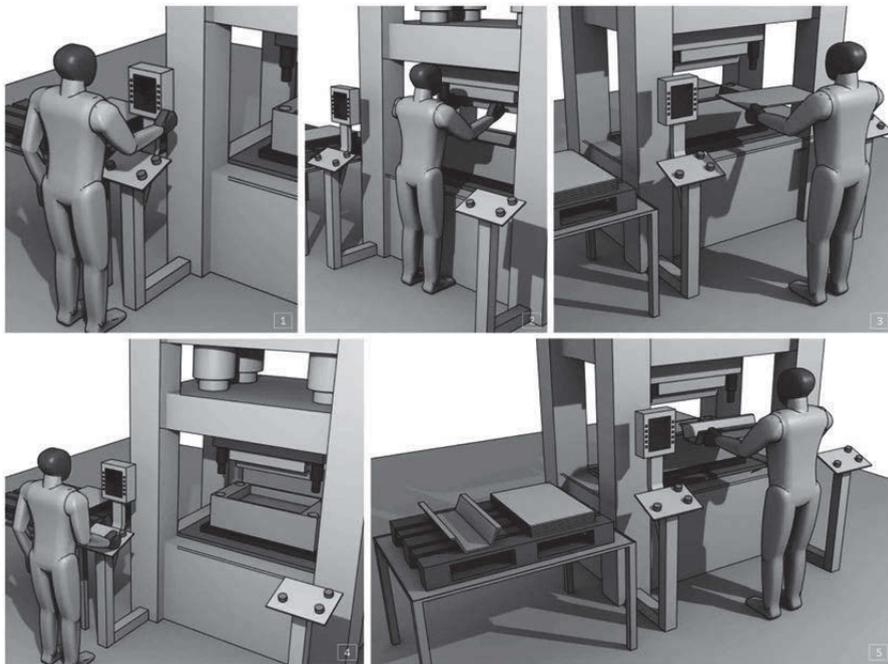


Abbildung 1: Arbeitsschritte des gewählten Szenarios

Im Gegensatz zu der in der Arbeitswissenschaft häufiger verwendeten Methode, des digitalen Menschmodells, soll der Arbeitsprozess von dem jeweiligen Nutzer selbst aus der Egoperspektive simuliert werden (siehe Abbildung 2). Das bedeutet, dass die eigenen Hände für den Nutzer in der VR-/AR-Umgebung sichtbar sind und diese auch zur Interaktion mit den virtuellen Elementen dienen. Der Grund dafür ist die Annahme, ein höheres Gefühl der Immersion zu erhalten. Wie schon einleitend erwähnt, soll dies den Nutzen haben, Kriterien besser zu simulieren und zu bewerten. Dazu kommen noch Anforderungen wie eine hohe Darstellungsqualität, Echtzeitfähigkeit und Größenechtheit der virtuellen Elemente. Weitere Sinneswahrnehmungen als die visuelle werden für dieses System nicht berücksichtigt.

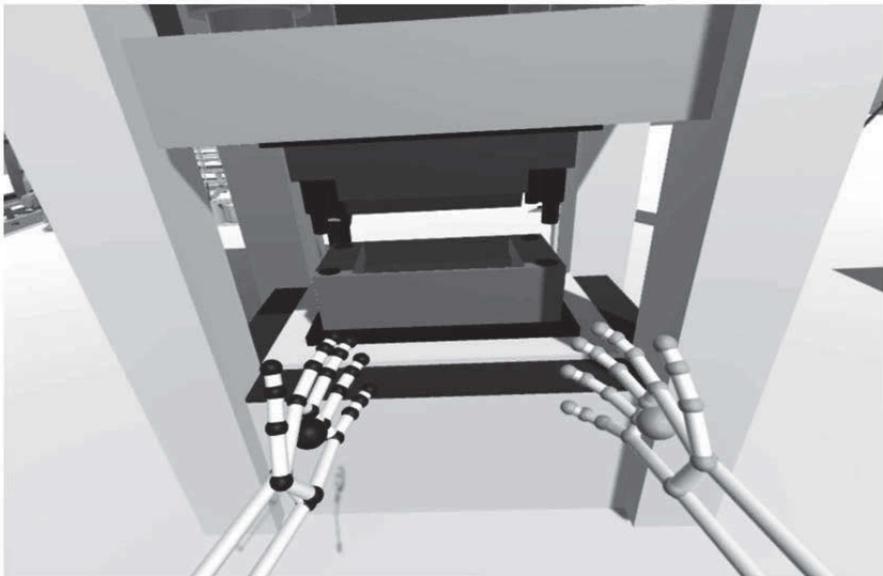


Abbildung 2: Perspektive vom HMD mit Tracking der Hände

Die Interaktion mit den virtuellen Elementen soll im ersten Szenario wie folgt aussehen: Beim Ausführen der Arbeitsschritte soll ein visuelles Feedback bei Kontakt der Hände mit den jeweiligen visuellen Elementen erzeugt werden. So könnte sich z.B. das entsprechende Bedienelement der Maschine umfärben, sobald es eine Kollision mit den eigenen Händen gibt. Bei komplexeren Arbeitsprozessen könnte immer das nächste Objekt, welches erreicht werden muss, eine andere Farbe annehmen und sich erst in die natürliche Farbe zurückfärben, wenn es eine Kollision mit den Händen gibt.

Eine weitere Problemstellung, welche eingangs erwähnt wurde, sind die Schnittstellen zwischen den Systemelementen. Grob abstrahiert, sollen die Daten vom CAD-System bis zur Darstellung im VR über eine unidirektionale Schnittstelle verbunden sein. Dabei müssen einerseits die körperliche Gestalt, die Körperinformation und die Baugruppenstruktur der CAD-Daten übertragen werden, da zwischen den Körpern in der VR unterschieden werden muss, um mit ihnen zu interagieren. Andererseits müssen Farben und Texturen in dem Austauschformat enthalten sein, damit das Erscheinungsbild den Anforderungen entspricht und weniger Aufwand in der VR-Szenengenerierung erbracht werden muss.

Eine letzte wichtige Anforderung, welche hier genannt werden soll, ist die Nachvollziehbarkeit dessen, was in der VR simuliert wird. Es sollte im erarbeiteten System also eine visuelle Aufzeichnungsfunktion geben, um das erprobte Szenario rekonstruieren zu können.

Systematischer Lösungsansatz eines VR-Systems

Das entwickelte System ist abgeleitet von der Definition eines VR-Systems nach Burdea und Coiffet (2003). Im ersten Schritt wurde das VR-System um das Element CAD-Software erweitert (siehe Abbildung 3).

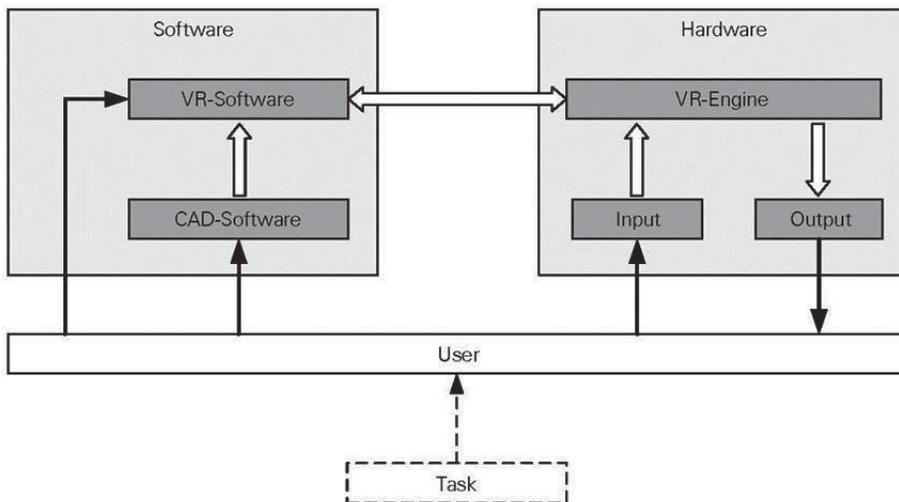


Abbildung 3: Die Komponenten eines VR-Systems in Anlehnung an Burdea und Coiffet (2003) mit Ergänzung des Elementes CAD-Software

Im Mittelpunkt des Systems steht der Anwender, welcher entsprechend seiner Aufgabe die Modelle und die Szene vorbereitet, um diese im Anschluss zu simulieren. Dabei ist zu ergänzen, dass der Nutzer, welcher das VR-Szenario erarbeitet, nicht zwangsläufig die gleiche Person ist, welche sich in der VR-Umgebung befindet. Es könnten außerdem sowohl in der Erarbeitung als auch in der virtuellen Umgebung mehrere Personen beteiligt sein. Der Softwareteil ist in Abbildung 4 genauer dargestellt.

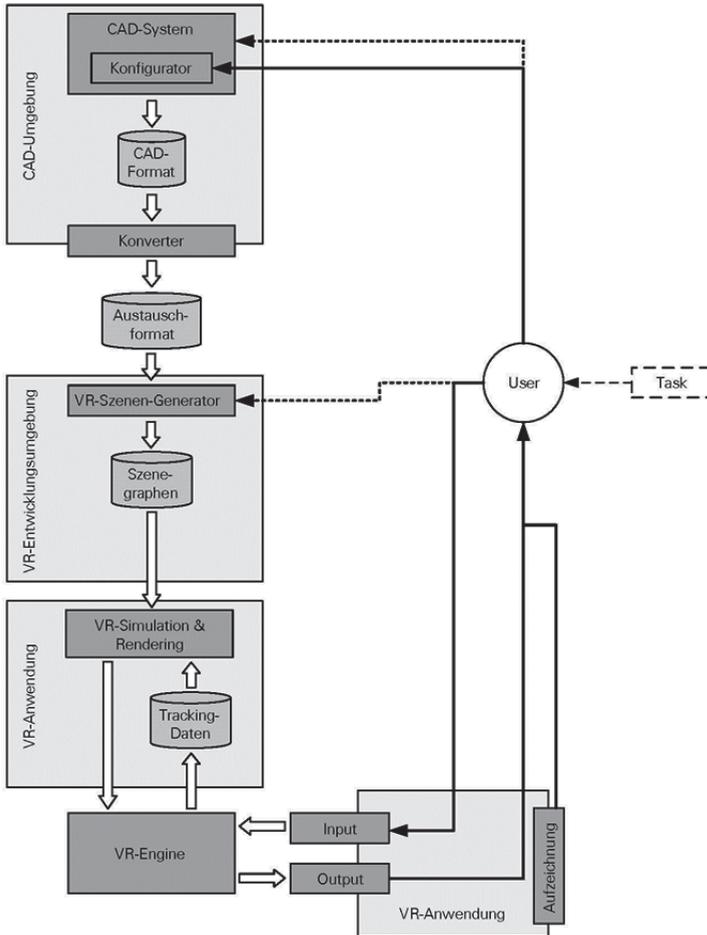


Abbildung 4: Detailliertes VR-Systemschaubild mit Erweiterung zum CAD-System und der CAD-Konfiguration

Das in Abbildung 4 dargestellte System bildet einen Prozess ab, welcher die Konfiguration der CAD-Daten, die Erstellung des VR-Szenegraphs und die Simulation in der VR-Umgebung in der Reihenfolge umfasst. Nach ausgeführter Simulation kann beliebig oft eine Iteration dieses Prozess erfolgen, in dem der Anwender die CAD-Daten neukonfiguriert und den Prozess wiederholt. Vor alledem steht die Vorbereitung des CAD- und Konfigurationsmodells. Ziel ist es die Modelle im CAD-Modell soweit vorzubereiten, dass so wenig wie möglich Aufwand bei der Generierung des Szenegraphs erbracht werden muss.

Nach Erstellung des Modells und der ersten Konfiguration muss das CAD-Modell aus dem CAD-System exportiert und in ein für die VR-Entwicklungsumgebung verwendbares Format konvertiert werden. Das Konvertieren kann entweder in dem CAD-System oder außerhalb stattfinden. Das Format muss entsprechend der Anforderungen bei der Umsetzung gewählt werden.

Der VR-Szenen-Generator ist Bestandteil der VR-Entwicklungsumgebung, in welcher der Szenegraph vom Nutzer so generiert wird, dass die gewünschten Untersuchungen in der VR-Umgebung simuliert werden können. Außerdem sollte die Entwicklungsumgebung eine Runtime enthalten, damit der Szenegraph jederzeit getestet werden kann. Die Punktlinie vom User zum VR-Szenen-Generator in Abbildung 4 bedeutet, dass Informationen wie die Lichtquelle, die Kameraposition oder die Körpereigenschaften entweder automatisch über die CAD-Schnittstelle übertragen werden oder nur einmalig im Szenegraph generiert werden und bei Neukonfiguration erhalten bleiben.

Mit der VR-Entwicklungsumgebung werden die Anwendungen gebaut, welche einerseits den zuvor erstellten Szenegraphen und andererseits die Simulations- und Rendering-Engine enthalten. Die Schnittstelle zwischen dem HMD, der VR-Anwendung und der Integration in die Entwicklungsumgebung ist durch den jeweiligen HMD-Hersteller oder die Entwicklungsumgebung gegeben.

In der VR-Umgebung findet die visuelle Ausgabe über den HMD statt. Die Eingabetechnik ist unterteilt in das Tracking des Kopfes bzw. des HMD und in das Tracking der Hände. Im Systemschaubild ist außerdem die Aufzeichnungsfunktion der VR-Simulation in der VR-Umgebung platziert. Das Auslösen dieser Funktion ist aber entweder automatisch in der VR-Anwendung integriert oder wird durch eine externe Lösung umgesetzt.

Ein letztes Problem, welches hier aufgeführt wird, entsteht durch die Simulation mit den eigenen Händen. Im Vergleich zur Methode der digitalen

Menschmodelle werden durch das Darstellen der eigenen Hände die unterschiedlichen Abmessungen der menschlichen Körper vernachlässigt. Um Kriterien wie die Erreichbarkeit zu untersuchen, sind die Körpermaße bestimmter Bevölkerungsgruppen aber von entscheidender Bedeutung. Ein Lösungsansatz für dieses Problem ist das Verwenden von Hand-Avataren. Ein Avatar ist in dem Fall eine digitale Repräsentation der Hand, welche durch den Menschen in Echtzeit gesteuert werden kann (Bell 2008). Durch Avatare können die für die Ergonomie üblichen Perzentilwerte für Körpermaße genutzt werden. Diese geben an, „ ... wie viel Prozent in der interessierten Bevölkerungsgruppe in Bezug auf ein bestimmtes Körpermaß kleiner im Vergleich zum angegebenen Wert sind“ (Schmauder et al. 2014).

Umsetzung des VR-Systems

Bei der Realisierung des entwickelten VR-Systems gibt es einige Randbedingungen, welche für die Umsetzung entscheidend sind. Zum einen ist SolidWorks als CAD-System gegeben, zum anderen wurde als HMD die Oculus Rift DK2 (Entwicklerversion) gewählt und sich für das Eingabegeräte Leap Motion entschieden. SolidWorks ist die Basis für das Aufstellplanungstool Lino® 3D layout und die Konfigurator-Engine TactonWorks, für welche die VR-Anwendung entwickelt werden soll. Die Ein- und Ausgabegeräte wurden hauptsächlich aus Gründen der Verfügbarkeit gewählt.

Diese Vorauswahl von Komponenten führt dazu, dass als zentrales Element des VR-Systems eine VR-Entwicklungsumgebung gefunden werden muss, welche kompatibel zu allen Gegebenheiten ist. Hinzu kommt, dass für die Zukunft die Verwendung von Endkunden-VR-Brillen möglich sein muss. Aus diesem Grund wurde die Spiele-Engine Unity gewählt. Unity ist eine Gaming-Entwicklungsplattform, welche aktuell für alle wichtigen HMDs geeignet ist. Es kann die VR-Anwendung mit dem HMD in der Laufzeitumgebung getestet werden und es können Anwendungen erstellt werden, welche dann ohne Installation der Entwicklungsumgebung ausführbar sind. Außerdem gibt es eine Integration zu dem Handtracking-Sensor Leap Motion.

Einzig bestehende Schwierigkeit ist die fehlende Schnittstelle zwischen SolidWorks und Unity. Die CAD-Daten müssen in ein, für Unity geeignetes Format, konvertiert werden. Dafür gibt es zwar Standardformate und auch die entsprechende Exportfunktion im CAD-System, aber diese Formate erfüllen nicht alle Anforderungen und sind nicht alle in Unity importierbar. Aus diesem Anlass wurden ein Export in Form eines Plug-ins in SolidWorks und ein Import in Form eines Skriptes in Unity mit einem selbst definierten Dateiformat erstellt. Dieses Format enthält folgende Modellinformation:

Trianguliertes Netz, Flächenfarbe, Flächentexturen und Baugruppenstruktur. Das selbstdefinierte Format ermöglicht eine hohe Flexibilität durch die Erweiterbarkeit des Formates mit zusätzliche Informationen und die Automatisierung der Prozesskette.

Der Gesamtprozess lässt sich folgendermaßen beschreiben: Am Anfang steht die Modellvorbereitung entsprechend der gestellten Aufgabe. Das CAD- und Konfigurationsmodell wird mit den Hilfsmitteln Lino® 3D layout und TactonWorks in SolidWorks inklusive der Konfigurationsregeln erstellt. Dabei können auch Modelleigenschaften konfigurierbar erzeugt werden, welche im Anschluss in Unity verwendet werden. Nach der ersten Konfiguration, welche untersucht werden soll, wird das Modell über den eigenen VR-Export aus SolidWorks ausgegeben. Im nächsten Schritt wird die VR-Szene in Unity mit der User-Position, der Lichtquelle, dem Handtracking/Hand-Avatare (Integration von Leap Motion), der Avatar-Größe und dem Import-Skript vorbereitet. Über ein weiteres Skript wird das Berührungs-Feedback durch Umfärben bei Kollision der Hände mit den gewünschten Objekten definiert. Hier werden die zuvor festgelegten Modelleigenschaften benutzt, um das Skript für jedes beliebige Modell wiederzuverwenden.

Nach Fertigstellung des Szenegraphs kann die VR-Anwendung in der Runtime mit der Oculus Rift getestet werden. Danach kann die Unity-Anwendung erstellt werden. Die Aufzeichnungsfunktion der VR-Untersuchung ist aktuell mit dem externen Video-Aufzeichnungstool Camtasia Studio umgesetzt.

Nachdem die Simulation beendet ist, kann eine neue Variante des zu untersuchenden Modelles im CAD-System durch Änderung der gewünschten Konfigurationsparameter erstellt werden. Dafür sind jetzt keine CAD-Kenntnisse mehr nötig. Über den Modellpfad im Import-Skript der Unity-Anwendung können alle folgenden Konfigurationen automatisch importiert werden. Somit ist keine Änderung an dem Szenegraph in Unity notwendig. Die zuvor erstellte Unity-Anwendung kann wiederholt ausgeführt werden, solange das neu konfigurierte CAD-Modell mit dem gleichen vordefinierten Dateinamen und -pfad gespeichert wird.

AR Lösungsansatz

Der Entwicklung eines AR-Systems liegt die Verwendung der Microsoft HoloLens zugrunde, eine AR-Brille (auch als Mixed Reality Head-Mounted Smart Glass bezeichnet), welche die Realität mit dreidimensionaler Computergrafik erweitert. Der Systemaufbau soll grundsätzlich der gleiche wie vom VR-System in Abbildung 4 sein. Der Unterschied beginnt bei dem Aufbau und den Inhalten des Szenegraphs.

Die in dem VR-System ausgewählte Entwicklungsumgebung Unity bietet auch eine Integration und Entwicklungsmöglichkeiten für HoloLens-Applikationen an. Wenn auch die Microsoft Brille zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht verfügbar ist, können die AR-Anwendungen schon mit Unity entwickelt und mit einem Emulator auf dem Desktop getestet werden. Für die Entwicklung und Generierung von AR-Anwendungen ist bei der HoloLens noch ein weiteres Systemelement notwendig: die Entwicklungsumgebung Visual Studio. Mit dieser Umgebung können eigenständig HoloLens-Apps in verschiedenen Programmiersprachen geschrieben werden.

Im Vergleich zum VR-System ist die Entwicklungsumgebung im hier entwickelten AR-System unterteilt in Grafik- und Programm-Entwicklungsumgebung (siehe Abbildung 5). Visual Studio dient hier lediglich zur Generierung der AR-Anwendungen. Bei der Erzeugung der Applikation kann dann zwischen der HoloLens und den Emulator unterschieden werden. Der Emulator ist in Visual Studio integriert.

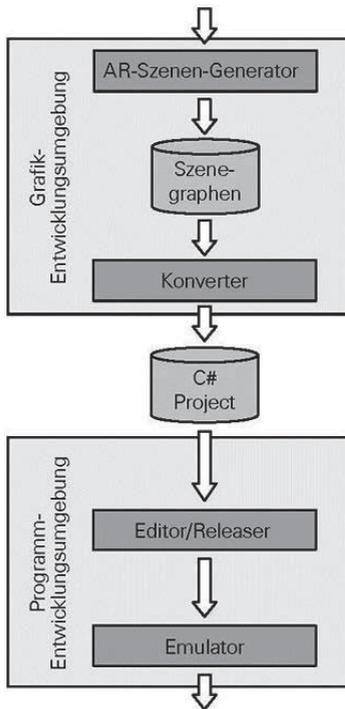


Abbildung 5: Ausschnitt aus AR-System mit Unterteilung der Grafik- und Programm-Entwicklungsumgebung

Fazit und Aussicht

Mit diesem Beitrag wurde ein VR-System entwickelt und für ein spezielles Gebiet in der Produktentwicklung prototypisch umgesetzt. Diese Realisierung lässt nach den ersten Erprobungen keinen Zweifel an dem erwarteten Potenzial der neuen HMDs. Wenngleich die verwendete Oculus Rift noch eine Entwicklerversion ist, kann mit dieser Brille schon wirkungsvoll demonstriert werden, wie man sie im Kontext der Produktentwicklung nutzen kann. Im Folgenden gilt es nun dieses System, mit den zu erwartenden technischen Weiterentwicklungen zu validieren und fortzuentwickeln.

Für dieses Projekt gibt es in den nächsten Schritten folgende Ziele: Es sollen noch weitere Szenarien entwickelt werden, welche für die Layoutplanung nutzbringend sein können. Daraus ergebend sind weitere Funktionen zu erarbeiten. Ein Beispiel dafür ist das Konfigurieren einer Maschine aus der VR-Umgebung heraus. Dafür ist sowohl ein Konfigurations-User-Interface in der VR-Umgebung notwendig als auch eine Rückführung der Konfigurationsparameter in das CAD-System. Zudem ist eine Automatisierung der Prozesse vom CAD-System bis hin zur VR-/AR-Anwendung erforderlich. Diese ist von Beginn an ein Ziel gewesen, um die Prozessintegration zu verbessern. Mit dem Übertragen und Auswerten von Dateieigenschaften aus SolidWorks in Unity wird jetzt schon ein Großteil der Arbeit in das CAD-System verlagert. Es müssen aber noch verschiedene Kriterien im Szenegraph manuell eingestellt werden. Dies gilt es in den nächsten Schritten zu automatisieren, mit der Einschränkung, dass der Szenegraph für neue Szenarien partiell manuell erstellt werden muss.

Ein weiteres wichtiges Thema für die Zukunft ist die Entwicklung eines AR-Szenarios in der Aufstellplanung, die weitere Untersuchung des HoloLens Emulators und die Erprobung der Microsoft HoloLens, sobald sie verfügbar ist. Dies bringt ferner noch mehr Themen auf, welche für VR und AR relevant sind, beispielsweise die Integration von Gesten zur Steuerung neuer Funktionen und ein kollaboratives Zusammenarbeiten mit den HMDs.

Literaturverzeichnis

- Bell, M. W. 2008: Toward a definition of "virtual worlds". In: Journal For Virtual Worlds Research 1 (1), <https://jvwr-ojs-utexas.tdl.org/jvwr/index.php/jvwr/article/download/283/237>, veröffentlicht 2008, abgerufen 15.03.2016
- Burdea, G. & Coiffet, P. 2003: Virtual Reality Technology. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Decker, R., Bödeker, M. & Franke, K. 2002. Potenziale und Grenzen von Virtual Reality-Technologien auf industriellen Anwendermärkten. In: IM - Die Fachzeitschrift für Information Management & Consulting, 17 (2), 195-202
- Grundig, C.-G. 2014: Fabrikplanung / Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. München: Carl Hanser Verlag
- Pawellek, G. 2014: Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Runde, C. 2009: Erfolgsfaktoren für den Einsatz von Visualisierungstechniken in kleinen und mittelständischen Unternehmen. http://www.vdc-fellbach.de/files/other/Erfolgsfaktoren_Visualisierung.pdf, veröffentlicht 2009, abgerufen am 15.03.2016
- Runde, C. & Cannarozzi, M. 2015: Whitepaper Virtuelle Techniken in der Fabrikplanung. <http://www.vdc-fellbach.de/files/Whitepaper/2015-VDC-Whitepaper-Virtuelle-Techniken-in-der-Fabrikplanung.pdf>, veröffentlicht 2015, abgerufen am 15.03.2016
- Schmauder, M. & Spanner-Ulmer, B. 2014. Ergonomie – Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. Darmstadt: Carl Hanser Verlag, REFA Bundesverband e.V.
- Wiendahl, H.-P. 2008: Betriebsorganisation für Ingenieure. München, Wien : Carl Hanser Verlag

Kontakt

Jens Mögel
Lino GmbH
Chemnitzer Str. 117
01187 Dresden
www.lino.de