VAR² 2015 – Realität erweitern

3. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien in Anwendung und Forschung an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Tagungsband

Technische Universität Chemnitz

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. mult. Dr. h. c. mult. Reimund Neugebauer

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Dr.-Ing. Philipp Klimant

Impressum

VAR^2 2015 − Realität erweitern

Chemnitz, 02.-03.12.2015

3. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien

an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

der TU Chemnitz

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. mult. Dr. h. c. mult.

Reimund Neugebauer

Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz

Dr.-Ing. Philipp Klimant

Wichtige Hinweise:

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich. Die Herausgeber des Tagungsbandes übernehmen keine Gewähr, insbesondere für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte.

© 2015

Technische Universität Chemnitz

Fakultät für Maschinenbau

Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

http://www.tu-chemnitz.de/mb/WerkzMasch/

Inhaltsverzeichnis

Klimant, P.; Pürzel, F.
Virtuelle Techniken in der Produktionstechnik……..3

Basistechnologien virtueller Techniken

Kunz, A.; Wegener, K.
Die Mensch-Maschine-Schnittstelle als Schlüsselelement für VR/AR-Anwendungen…..……..16

Zachmann, G.
Methods for Tracking the Human Hand for Natural Interaction…...……26

Ovtcharova, J.
Virtuelles Abbild – neue Ingenieurmethoden für Industrie 4.0……41

Kiesel, M.; Beisheim, N.
Head-Mounted-Display-basierte Programmierung von Industrierobotern……52

Anwendungen von Virtual Reality

Weidig, C.; Aurich, J.C.
VR als Kommunikationsmittel der Fabrikplanung……..63

Matzen, C.A.; Magg, R.; Bapat, V.
From Holisitc Virtual Integration to Immersive Virtual Engineering……74

Hintze, A.; Richnow, N.; Stüring, S.
Closing the Gaps in the Digital Process Chain –
Efficient 3D Modeling of PVC-Sealing Seams in Automotive Industry……...76

Dücker, J.; Häfner, P.; Ovtcharova, J.
Wirtschaftlichkeit von Virtual Reality für den Mittelstand……..83

Anwendungen von Augmented Reality

Herold, R.
Augmented Reality in der Industrie 4.0……94

Koch, J.
Komplexität einfach erleben: Das Porsche-Testgelände in Nardò
mittels Augmented Reality……..104

Schwerdtfeger, B.
Projektive AR im Schiffbau – Die größte Leinwand der Welt……116

Wittkopp, T.; Kollatsch, C.; Schumann, M.; Klimant, P.; Putz, M.
Fit für Industrie 4.0 – Durchgängiges Engineering und
Augmented Reality am Beispiel einer Industrieanwendung……..127

Dehlke J.
Intuitive Mensch-Maschine-Interaktion als Enabler für
Augmented Reality in der Automobilproduktion……..139

Virtuelle Techniken in der Produktionstechnik

Klimant, P.[1]; Pürzel, F.[1]

[1] TU Chemnitz, Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Abstract

Obwohl virtuelle Techniken bereits seit einigen Jahren in der Produktionstechnik angekommen, werden sie nach wie vor nicht flächendeckend und meist nur von größeren Unternehmen für spezifische Anwendungen eingesetzt. Die Forscher der Abteilung Prozessinformatik und Virtuelle Produktentwicklung arbeiten seit der Gründung ihres Labors „Virtual Reality Center Production Engineering“ im Jahr 2004 gemeinsam mit ihren Forschungs- und Industriepartnern daran die Virtuellen Techniken so weiterzuentwickeln, dass sich neue Anwendungsgebiete erschließen und ein besseres Kosten-/Nutzenverhältnis deren Einsatz für alle produktionstechnischen Unternehmen lohnenswert macht. Dieses Paper stellt in diesem Sinne neue Entwicklungen und Forschungsansätze zum Einsatz virtueller Techniken in der Produktionstechnik vor.

1 Einleitung

Das Kompetenzzentrum für den Einsatz virtueller Techniken in der Produktionstechnik an der TU Chemnitz, das Virtual Reality Center Production Engineering (VRCP) wurde im Jahr 2004 an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik gegründet. Es war damals das erste Zentrum für Virtuelle Realität an einem produktionstechnischen Hochschulinstitut in den neuen Bundesländern und hat sich seitdem zu einem führenden Forschungszentrum auf diesem Gebiet entwickelt. Das VRCP ist mit diversen High-End-Visualisierungssystemen, wie bspw. einer 5-Seiten-CAVE aber auch neuesten Systemen aus den Bereichen Augmented Reality (AR) sowie Robotik ausgestattet. [1]

In der Abteilung Prozessinformatik und Virtuelle Produktentwicklung arbeiten derzeit 13 Forscher auf verschiedensten Gebieten der Nutzung virtueller Technologien in der Produktionstechnik. Nachfolgend soll eine Übersicht über aktuelle Forschungsergebnisse und -ansätze dargestellt werden.

2 Virtuelle Techniken

Ob Virtual oder Augmented Reality, Webbasierte oder Immersive Präsentationen, virtuelle Techniken gibt es viele und ihre derzeitigen Einsatzgebiete in der Produktionstechnik sind vielfältig. Die noch nicht ausgeschöpften Entwicklungspotenziale sind riesig. Nachfolgend soll zunächst ein kurzer Überblick über einige wesentliche virtuelle Techniken gegeben bevor im nächsten Kapitel verschiedene Anwendungsbeispiele beschrieben werden.

2.1 Virtual Reality

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz von Virtual-Reality-Technologien in verschiedenen Anwendungsbereichen der Produktionstechnik, ausgehend von Marketinganwendungen, immer stärker etabliert. Auch im Mittelstand haben immer mehr Firmen das hohe Potenzial der Virtual Reality (VR) für sich entdeckt. Ein flächendeckender Einsatz der VR-Technologie scheitert aber vor allem in KMU hauptsächlich an zwei Dingen. Zum einen Verbinden viele den Einsatz von VR nach wie vor mit hohem finanziellen und zeitlichen Aufwand sowie notwendigem Expertenwissen. Zum anderen wird das Aufwand-Nutzen-Verhältnis als negativ bewertet, da VR als Insellösung lediglich für bestimmte Anwendungsfälle, wie bspw. Marketing, angesehen wird. Diese Barrieren zu überwinden hat sich das VRCP zur Aufgabe gemacht.

Die intuitive Erstellung von VR-Sessions aus vorhandenen CAD-Daten stellt dabei ein aktuelles Forschungsgebiet dar. Ziel dabei ist es, Modelle aus dem CAD-System unter Erhalt der bereits im CAD angelegten Animationen und kinematischen Ketten in die VR zu exportieren. Notwendige Konvertierungsschritte, wie Modellreduktion und Übernahme der kinematischen Ketten in die VR müssen intuitiv, auch von VR-Laien ausführbar sein. Proof-of-Concept-Lösungen für die Bereiche Modellreduktion, Animations- und Kinematikübernahme sowie PDM-Integration wurden im Forschungsprojekt CAD2VR geschaffen [2].

Schnelle Datengewinnung und Integration der VR-Daten in das PDM-System, um eine konsistente Datenhaltung über den gesamten Produktentwicklungsprozess zu gewährleisten, sind zwei wesentliche Voraussetzungen um den durchgehenden Einsatz der VR-Technologie auch in KMU zu ermöglichen. So können in einem ersten Schritt VR-Design Reviews auf Basis der CAD-Daten durchgeführt werden, deren Ergebnisse werden dann über das PDM-System wieder dem verantwortlichen Konstrukteur mitgeteilt. Das gleiche VR-Szenario kann im Folgenden zur bspw. Unterstützung der Risikobeurteilung [3] bzw. von Ergonomieuntersuchungen, im Qualitätsmanagement (bspw. zur Durchführung einer FMEA, [4]) aber auch zur Prozessplanung und Maschineninbetriebnahme (vgl. Kapitel 3.1) genutzt werden.

Weitere wichtige Aspekte der VR-Technologie sind Navigation, Interaktion und Datenintegration. Die Datenintegration reicht dabei vom Einblenden von Bildern oder Textdateien direkt in die virtuelle Szene bis hin zur Kopplung [5] von Formularen (bspw. auf Tablet oder Steuerrechner) mit einzelnen Komponenten der VR-Szene [4]. Sind VR-Szenen mit Zusatzinformationen angereichert, muss es auch Möglichkeiten geben, mit diesen intuitiv zu interagieren. Dazu reicht dann meist das klassische Interaktionsgerät (Flystick) nicht mehr aus. Hier müssen vielseitigere Interaktionsgeräte wie Wii-Remote oder direkt Tablet und Smartphone zur Interaktion genutzt werden [6]. Diese Interaktionsgeräte müssen dann entweder auch zeitgleich zur Navigation genutzt werden oder es müssen zusätzliche Navigationsmöglichkeiten, ohne Nutzung der Hände, zum Einsatz kommen. Hierfür wurden zum Beispiel im EU-Projekt uTRUSTit das Wii-Balance-Board sowie die Microsoft Kinect zur Navigation genutzt. Die Verwendung dieser Navigationsgeräte im Zusammenhang mit Tablet und Smartphone zur ortsabhängigen Interaktion gestattete die Durchführung umfangreicher Nutzertests in den Bereichen des Internets der Dinge [6] sowie des Präsenzempfindens im virtuellen Raum [7].

Werden bspw. zur Durchführung von Ergonomieuntersuchungen oder Risikobeurteilungen digitale Menschmodelle in die VR-Szene integriert, so können diese entweder vom Desktop aus per Maus, mit dem Flystick oder intuitiv mit dem eigenen Körper mittels Motion Capturing (siehe Bild 1) gesteuert werden. So wird es ermöglicht, manuelle Tätigkeiten im Vorfeld selbst gefahrlos zu testen, um so Optimierungspotenziale hinsichtlich bspw. Arbeitsabläufen, Maschinengeometrie und Assistenzsystemen bzw. Werkzeugen frühzeitig aufzudecken.

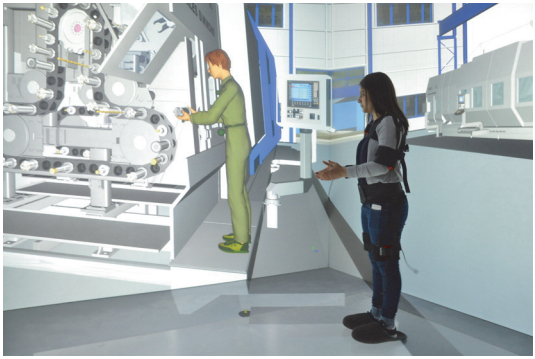


Bild 1: Intuitive Steuerung des virtuellen Werkers mittels Motion Capturing

2.2 Augmented Reality

Auch die mobile Nutzung digitaler Daten direkt an der Maschine oder in der Fabrikhalle mittels Augmented-Reality-(AR)-Technologie gewinnt immer mehr an Bedeutung. Früher beschränkte sich AR hauptsächlich darauf, 3D-Objekte auf reale Objekte zu überblenden, um bspw. verschiedene Varianten oder Simulationsergebnisse darzustellen. AR erlebt aktuell einen Hype, hauptsächlich aber im Marketing- und Spielebereich, bspw. zur Unterstützung von Kaufentscheidungen für den Kunden (bspw. AR-App von Sharp[1] um zu überprüfen ob der gewünschte Fernseher in eine bestimmte Anbauwand passt). In der Produktionstechnik ist AR jedoch noch nicht so weit verbreitet. Ansätze dafür gibt es zwar viele, praktikabel können diese aber nur sein, wenn sie dem Unternehmen einen objektiven Mehrwert bringen. Daran scheitern jedoch AR-Anwendungen noch allzu oft. Die Gründe sind vielschichtig. Auf der einen Seite gibt es eine Vielzahl von AR-Firmen die sich auf den visuellen und Marketing-Bereich spezialisieren. Die konkreten Anforderungen und Kenntnisse über die realen Prozesse an Produktionsanlagen fehlen diesen Anbietern jedoch. Auf der anderen Seite stehen die Kunden, die zwar ihre Prozesse und Anlagen sehr gut kennen, sich aber den Benefit von AR nur schwer vorstellen können, da sie im Bereich AR keine Experten sind. Dies war ein Hauptgrund für das VRCP seine eigene AR-Software zu entwickeln [8].

Ziel war einerseits die Erstellung von AR-Szenarien zu vereinfachen und andererseits AR besser nutzbar für den industriellen Bereich zu machen. Dafür wurde eine modular aufgebaute Software entwickelt, die es so auch bspw. auf einfache Art und Weise ermöglicht reale Prozess- und Steuerungsdaten von Anlagen leicht in die AR-Software zu integrieren und diese zielgruppenadäquat aufzubereiten und anzuzeigen. Auch die zu verwendende Trackingtechnologie (bspw. die Erkennung von Markern oder Feature-basiert) ist modular austauschbar. Dies bringt gerade dann einen Vorteil, wenn sich ad hoc Anforderungen an die AR-Lösung vor Ort ändern oder wenn ein Hersteller die Trackingtechnologie ändert oder den Support einstellt und die AR-Anwendung dann gar nicht mehr längerfristig genutzt werden kann.

In Kombination mit 2D- oder 3D-Inhalten können so bspw. Probleme an einer Linie schneller erkannt und auch schneller behoben werden. Im Institutsverbund mit dem Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU konnten so bereits mehrere Anlagen [9] und Maschinen mit einer AR-Unterstützung versehen werden (siehe Bild 2). Bspw. sind hier der im eniPROD® [10] entwickelte Montagedemonstrator und die virtuelle Presse der Bosch-Rexroth AG zu nennen[2].

---

[1] http://www.sharp.de/cps/rde/xchg/de/hs.xsl/-/html/augmented-app.htm, abgerufen am 22.10.2015

[2] http://www.boschrexroth.com/de/de/trends-und-themen/directions/interacting-with-contents

Bild 2: Montagedemonstrator IWU

2.3 Webbasierte Präsentationen

Einen weiteren Schritt zur Nutzung von 3D-Inhalten für Jedermann stellen webbasierte Präsentationen dar, welche 3D-Modelle als zentrale Elemente verwenden. Vor allem zur Präsentation komplexer Sachverhalte stößt die Nutzung klassischer Präsentationsformen, wie bspw. PowerPoint-Folienpräsentationen, schnell an ihre Grenzen. Auch eine Internetseite mit überwiegend textuellen und 2D-grafischen Elementen wird dann für den externen Nutzer schnell unübersichtlich. Mit der Einführung von HTML5, X3DOM und der Umsetzung von WebGL in modernen Webbrowsern entstanden neue Möglichkeiten zur Nutzung umfangreicher 3D-Modelle als zentrales Element der Webpräsentation. Neben dem zentralen 3D-Objekt (bspw. einer begehbaren Fabrikhalle) können Folien, Bilder und Videos in die Präsentation integriert werden. Genutzt werden kann die so entstandene Präsentation dann auf verschiedensten Ausgabegeräten (Bild 3) sowohl für Vorträge als auch durch externe Nutzer über die Webseite.

Bild 3: Webbasierte Präsentation auf verschiedenen Ausgabegeräten (Foto: Wolfgang Thieme)

Dem Nutzer (sei es ein Vortragender oder der Besucher der Webseite) bleibt dabei selbst überlassen, wie intensiv er oder sie das 3D-Modell nutzt. Zur Navigation können neben Radial- oder Baumstrukturmenüs auch Kamerarundflüge oder die freie Navigation durch das 3D-Modell genutzt werden (Bilder 4 und 5). Sämtliche Präsentationsinhalte sind immer parallel (gleichberechtigt) und von der Situation unabhängig abrufbar.

Bild 4: Kombination aus 3D-Modell einer Fabrikhalle als zentrales Element der Website und verschiedenen Navigationsmenüs

Die Navigation kann sowohl über Tastatur und Maus als auch mittels Ein-Finger-Bedienung auf Touch-Geräten erfolgen.

Bild 5: Navigation mittels Projektstruktur oder direkt im 3D-Modell – Ergebnispräsentation der Sächsischen Landesexzellenzinitiative

So entstanden in den letzten Jahren bspw. Projektpräsentation der Innovationsallianz Green Carbody Technologies[3] [11], die Ergebnispräsentation der Sächsischen Landesexzellenzinitiative[4] sowie verschiedene unternehmensinterne Präsentationen geplanter Investitionsvorhaben.

3 Anwendungsbeispiele in der Produktionstechnik

3.1 Maschinensimulation

Häufig werden in der VR vorgefertigte Prozessabläufe dargestellt. Vor allem für Marketingzwecke aber auch zur Optimierung von bspw. Design Reviews werden solche Animationen genutzt. Einen anderen Ansatz verfolgt die NC-VR-Maschinensimulation. Sie basiert auf einer Hardware-in-the-Loop-(HiL)-Kopplung zwischen einer realen NC-Steuerung und einem virtuellen Maschinenmodell. Die Achsen der virtuellen Maschine verfahren so wie von der Steuerung vorgegeben. Dabei können die Steuerungsbefehle sowohl aus einem automatischen NC-Programm (AUTO und MDA) als auch aus dem Handbetrieb (JOG) direkt übermittelt werden. Die NC-VR-Maschinensimulation ermöglicht zeitgleich eine Echtzeit-Kollisionsüberwachung, bei der anhand des VR-Maschinen-modells geprüft wird, ob bspw. bei einem bestimmten Prozessschritt das Werkzeug mit der Spannvorrichtung kollidiert. Des Weiteren errechnet die Simulation mit Hilfe der Echtzeit-Materialabtragssimulation den Bearbeitungsfortschritt des Werkstücks und macht so etwaige Bearbeitungsfehler sichtbar. (vgl. u.a. [12] und [13])

Die NC-VR-Maschinensimulation ermöglicht somit das gefahrlose Testen und Optimieren zuvor erstellter Fertigungsstrategien unter realitätsnahen Bedingungen. Ein langwieriger Einrichtprozess mit vielen Ausschussteilen an der realen Maschine entfällt somit gänzlich. Somit können zum einen reale Ausschussteile reduziert und auch die Maschineninbetriebnahmezeit erheblich verkürzt werden, da das optimierte NC-Programm, nach erfolgreicher Prüfung durch die Simulation, direkt auf der realen Werkzeugmaschine gestartet werden kann. (vgl. u. a. [14])

Im Rahmen des Spitzentechnologieclusters eniPROD®[5] wurde die NC-VR-Maschinensimulation, mit dem Ziel die Energieeffizienz bereits bei der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse zu betrachten und geeignete Kennziffern und Zielkri-

[3] Den 3D-Webpresenter finden Sie unter http://www.greencarbody.de/

[4] Die Ergebnispräsentation finden Sie unter http://exzellentes-sachsen.de/

[5] Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik – eniPROD; Spitzentechnologiecluster im Rahmen der sächsischen Landesexzellenzinitiative; www.eniprod.eu

terien dafür zu erarbeiten, erweitert. Die dafür genutzten energiebezogenen Kenngrößen und Energieflüsse dienen als Basis für ganzheitliche Konstruktions-, Entwicklungs- und Planungswerkzeuge, um so energieoptimierte Produkte mittels energieoptimierten Prozessen herstellen zu können [15]. Ein interdisziplinär entwickelter Demonstrator, der im eniPROD®-Handlungsfeld Virtuelle Produktentwicklung entwickelt wurde, ist in Bild 6 dargestellt.

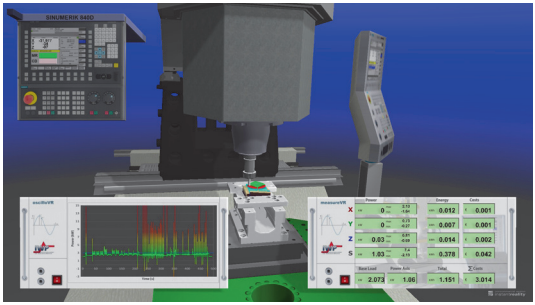


Bild 6: Echtzeit-Visualisierung von Energieflüssen und Energiekosten integriert in die NC-VR-Maschinensimulation

Aktuelle Forschungsarbeiten befassen sich mit dem Einsatz der Maschinensimulation im modulbasierten Maschinenentwicklungsprozess. Die weiterentwickelte Maschinensimulation ermöglicht eine automatische Anpassung des virtuellen Maschinenmodells in Abhängigkeit der gewünschten Maschinenkonfiguration, unter Berücksichtigung der 3D-Maschinengeometrie, der kinematischen Struktur sowie der Prozessparameter der Maschine (bspw. Beschleunigung und Geschwindigkeit). Die Maschinensimulation kann dann dazu genutzt werden, frühzeitig nicht nur generelle Aussagen über die Fertigbarkeit bestimmter Bauteile sondern auch über die dafür optimale Maschinenkonfiguration zu treffen. So können eine Verkürzung des Entwicklungsprozesses und eine Verbesserung der Kommunikation zwischen Vertrieb und Kunden erreicht werden. [16]

3.2 Roboterinteraktion

Durch die zunehmende Verbreitung neuartiger Robotersysteme, die für die Kollaboration mit dem Menschen ausgelegt sind, gewinnt die Themenstellung der Mensch-Technik-Interaktion im Hinblick auf zukünftige teilautomatisierte Produktions- oder Assistenzszenarien stark an Bedeutung. Multimodale Kommunikationskanäle wie Sprache, Gestik, Mimik und optische Wahrnehmung (z.B. über AR-Technologien) sollen dabei zur intuitiven Bedienung integriert werden und nutzerspezifische Anforderungen berücksichtigen. Weitere Forschungsthemen ergeben sich aus der

echtzeitfähigen Kopplung von realen und virtuellen Modellen (Roboter, Greifsysteme, Arbeitsumgebung und Objekte). Diese ermöglichen simultane Abbilder durch virtuelle Zwillinge in der automatisierten Produktion im Zeitalter von Industrie 4.0.

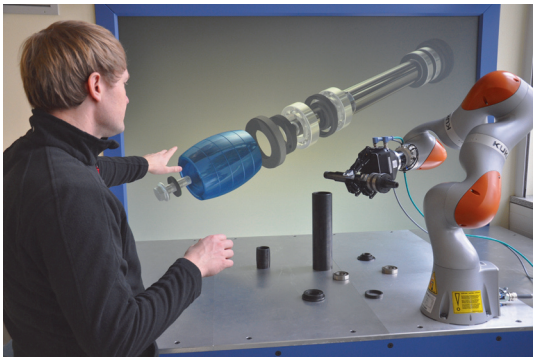


Bild 7: Mensch-Roboter-Interaktion unterstützt durch Virtuelle Realität und Gestensteuerung

3.3 Medizintechnik

Die gewonnenen Kenntnisse im Bereich der virtuellen Techniken eignen sich auch gut, um für den Medizintechnikbereich eingesetzt zu werden. Beispiele sind hier OP-Planungssoftware oder der 3D-Messplatz. Ziel der OP-Planungssoftware für Hüftimplantat-Operationen ist es zum einen den Operateur sowohl bei der Planung und Vorbereitung der Operation (Implantatgröße und -position, Planungsdauer < 2 Min.) als auch während der Operation durch geeignete chirurgische Mess- und Markierungsinstrumente zu unterstützen. Die besonderen Herausforderungen liegen dabei in der angestrebten Genauigkeit von Positionsmessung und Einblendung des präoperativ geplanten Sollzustandes (Genauigkeit < 1 mm), der sterilen Umgebung im OP und den damit verbundenen speziellen Anforderungen an verwendende Systemkomponenten sowie die berührungslose Steuerbarkeit (Gesten, Sprache) des Systems (Wahrung der Sterilität, Operateur hat beide Hände am Patienten).

Das VRCP ist in zwei medizintechnischen Netzwerken beteiligt (Netzwerk Kunstgelenk[6] und Bewegungsnetzwerk KINETEK[7]).

[6] http://www.kunstgelenk.eu/

[7] http://www.kinetek.de

4 AVARE-Netzwerk

Um die Akzeptanz und die Verbreitung virtueller Techniken zu fördern, hat die Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik zusammen mit sechs Industriepartnern das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) geförderte Forschungsnetzwerk AVARE[8] (Anwendung von Virtual und Augmented Reality) ins Leben gerufen. Zweck des Netzwerkes ist die gemeinsame Forschung an Praxisproblemen, um durch Bündelung der Einzelkompetenzen zu vermarktbaren Lösungen zu gelangen. Thematisch konzentrieren sich die Anstrengungen in der ersten Phase auf innovative Mensch-Maschine-Schnittstellen, integrative Lösungen zur Weiterverwendung von Konstruktionsdaten und Problemlösung durch Vernetzung aktiver Systeme mit VR/AR-Technologien. Daneben bietet das Netzwerk regelmäßige Informationsveranstaltungen für alle Interessierte an.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Getragen durch Themen wie Industrie 4.0 erleben virtuelle Techniken derzeit gerade in der Produktionstechnik einen Aufschwung. Sie werden dabei nicht selten als Lösung für unsere immer komplexer werdende Umgebung angesehen. Nichtsdestotrotz besteht weiterhin noch enormer Forschungs- und Entwicklungsbedarf auf den Gebieten der Virtual und Augmented Reality sowie der Mensch-Maschine-Interaktion.

Literaturangaben

[1] *Wittstock, V.; Wittstock, E.; Pürzel, F.; Klimant, P.: Erweiterte Realität im Werkzeugmaschinenbau – 10 Jahre Virtual Reality am VRCP. In: VAR² 2013 – Realität Erweitern. 2. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien, Chemnitz, 2013, S. 13-22*

[2] *Lorenz, M.; Riedel, T.; Pürzel, F.; Wittstock, V.; Hoffmann, A.; Spranger, M.: Automatische Konvertierung vom CAD in die Virtuelle Realität. In: Konstruktion 1/2 (2015), S. 62-66*

[3] *Puschmann, P.; Horlitz, T.; Wittstock, E.; Pürzel, F.; Klimant, P.; Wittstock, V.; Schütz, A.: Risikobeurteilung in Virtual Reality mit IC.IDO. ESI DACH Forum 2015 Virtual Performance, Virtual Manufacturing, Virtual Reality, Bamberg*

[8] http://www.avare.info

[4] *Pürzel, F.; Eiselt, T.; Weidlich, D.; Ihlenfeldt, S.; Gröger, S.; Wittstock, V.; Zickner, H.: Intuitivere Produkt-FMEA mittels Virtual Reality. ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2013 (5), S. 215-219*

[5] *Wittstock, V.; Lorenz, M.; Pürzel, F.; Riedel, T.: Immersive Presentations: Enabling Engaging Virtual Reality Based Training and Teaching by Merging Slide-based and VR-based Elements. 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production CARV 2013, Munich, 2013*

[6] *Wittstock, E.; Lorenz, M.; Pürzel, F.; Wittstock, V.: Nutzung von Virtual Reality als interaktive Testumgebung in der Produktentwicklung. Entwerfen Entwickeln Erleben 2014 – Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung, Dresden 2014, S. 213-224*

[7] *Lorenz, M.; Busch, M.; Rentzos, L.; Tscheligi, M.; Klimant, P.; Fröhlich, P.: I'm There! The Influence of Virtual Reality and Mixed Reality Environments Combined with Two Different Navigation Methods on Presence. IEEE Virtual Reality Conference 2015, Arles, 2015*

[8] *Schumann, M.; Klimant, P.; Kollatsch, C.; Wittstock, V.: Modulares Framework zur Entwicklung von Augmented-Reality-Anwendungen. In: VAR² – Realität erweitern, 2. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik der TU Chemnitz, Chemnitz, 2013, S. 115-123*

[9] *Kollatsch, C.; Schumann, M.; Klimant, P.; Wittstock, V.; Putz, M.: Mobile Augmented Reality based Monitoring of Assembly Lines. In: 5th CATS 2014 - CIRP Conference on Assembly Systems and Technologies, Procedia - CIRP, Vol. 23, Dresden, 2014, S. 246-251*

[10] *Müller, E.; Putz, M.; Krones, M.; Franz, E.; Hopf, H.; Langer, T.; Poller, R.; Kollatsch, C.; Schumann, M.; Klimant, P.; Wittstock, V.: Energiesensitive Gestaltungslösungen für Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. 3rd International Colloquium of the Cluster of Excellence eniPROD, Proceedings Part 2, Chemnitz, 2014, S. 213-230*

[11] *Riedel, T.; Pürzel, F.: Komplexe Projekte präsentieren im Web. 3D-Web-Visualisierung von Maschinen und Anlagen. Digital Engineering Magazin, 08 (2013), S. 78*

[12] *Neugebauer, R.; Klimant, P.; Wittstock, V.: Virtual-Reality-Based Simulation of NC Programs for Milling Machines. Global Product Development – Proceedings of the 20th CIRP Design Conference, Nantes, France, 2010, S. 697-703*

[13] *Klimant, P.; Witt, M.; Kuhl, M.: CAD Kernel Based Simulation of Milling Processes. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2014, ELSEVIER, 17/2014 S. 710-715*

[14] *Putz, M.; Klimant, P.: Ausgewählte Ergebnisse des Spitzentechnologieclusters »Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik« (eniPROD). TBI2014,Tagungsband „Produktion und Arbeitswelt 4.0 - Aktuelle Konzepte für die Praxis?“, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, S. 217-225*

[15] *Witt, M.; Klimant, P.; Paetzold, J.; Bierer, A.; Dudarev, I.; Wittstock, V.; Götze U.; Drossel, W.-G.: Echtzeitfähige energie- und kostensensitive Maschinensimulation. 3rd International International Colloquium of the Cluster of Excellence eniPROD – Proceedings Part 2, Chemnitz, 2014, S. 91-111*

[16] *Witt, M.; Klimant, P.: Hardware-in-the-Loop Machine Simulation for Modular Machine Tools. 15th CIRP Conference on Modelling of Machining Operations (15th CMMO), 10-12 June 2015, Karlsruhe, 31.2015, S. 76-81*

Session A

Basistechnologien virtueller Techniken

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle als Schlüsselelement für VR/AR-Anwendungen

Kunz, A.[1]; Wegener, K.[1]

[1] ETH Zürich, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung

Abstract

Im Zuge der „Industrie 4.0"-Initiative sollen digitale und reale Welten ein cyberphysisches Produkt (oder auch eine cyberphysische Produktion) bilden, in das ebenfalls der Mensch integriert werden soll. Insbesondere bei der Integration des Menschen in eine virtuelle Welt bestehen aber noch erhebliche Probleme im Hinblick auf die Mensch-Maschine-Schnittstelle, die derzeit einen Einsatz in einem produktiven Umfeld verhindern. Dieser Beitrag zeigt die bestehenden Probleme auf sowie neue Ansätze in der Forschung, die Interaktion des Menschen mit der digitalen Welt natürlicher zu gestalten.

1 Einleitung

In Produktentwicklung und Produktion existieren neben den physischen Objekten auch digitale Repräsentationen. Bei der zunehmenden Durchdringung von realen und virtuellen Objekten und damit von Entwicklungs- und Produktionsprozessen spricht man in Europa von einer vierten industriellen Revolution (I 4.0) [15].

Die Wechselwirkung von realen und virtuellen Objekten wird auch als cyberphysisches System (CPS) bezeichnet. Anders als bei früheren Ansätzen beinhalten diese cyberphysischen Systeme auch die explizite Integration des Menschen in die jeweiligen Prozesse. Durch den Zugriff auf Daten des Entwicklungs- und Produktionsprozesses kann der Mensch seine Fähigkeiten erweitern. Dies stellt allerdings hohe und grundlegend neue Anforderungen an Maschinen, Anlagen und die IT-Infrastruktur [14], wenn ein effizientes Zusammenwirken erzielt werden soll. Nach Zamfirescu et al. [35] soll eine Integration des Menschen wie folgt aussehen (siehe Bild 1).

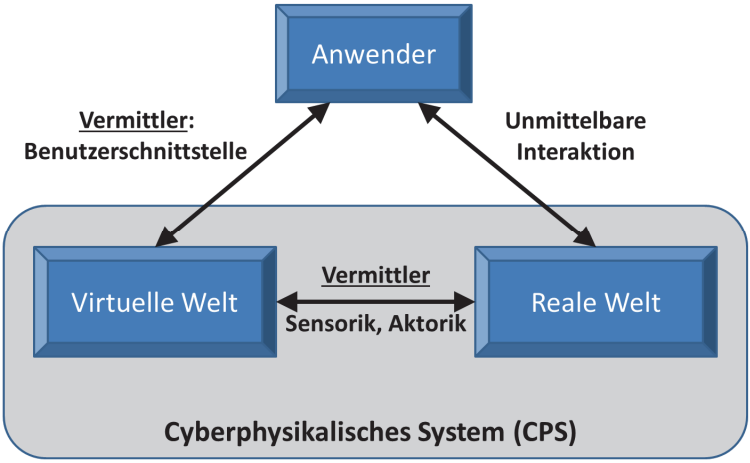


Bild 1: Die Integration des Menschen in ein CPS [10]

Da der Mensch insbesondere zu den virtuellen Komponenten keinen direkten Zugang hat, sind hier geeignete Schnittstellen erforderlich, welche als Vermittler funktionieren. Für eine intuitive Interaktion mit der digitalen Datenwelt müssen insbesondere die visuelle, akustische und haptische Wahrnehmung angesprochen werden.

2 *Stand der Forschung*

Um dem Menschen die Handlungsanweisungen oder andere Informationen zu übermitteln, werden typischerweise visuelle Darstellungen verwendet. Im Wesentlichen werden hier drei Visualisierungstechnologien eingesetzt: Datenhelme (Head-mounted Displays, HMD), tragbare Geräte (Handhelds) sowie Projektionstechnologien [22]

Die Unterstützung des Arbeiters durch geeignete Ausgabegeräte wird seit den 1990er Jahren erforscht. Mit unter den ersten waren Feiner et al. [9], welche einen HMD nutzten, um für die Reparatur von Druckern und Kopiergeräten dem Techniker zusätzliche Informationen einzublenden. Allerdings war zu der damaligen Zeit lediglich eine Wireframe-Darstellung möglich. Da die zusätzlichen graphischen Informationen exakt über das physische Objekt gelegt werden mussten, wurde weiterhin ein akustisches Trackingsystem eingesetzt. Aufgrund der damals verfügbaren Technologie war allerdings die Graphikleistung begrenzt und es entstanden merkliche Latenzen zwischen der Kopfbewegung des Anwenders und der Aktualisierung der graphischen Ausgabe.

Auch Boeing setzte ein HMD zur Unterstützung des Anwenders bei der Erstellung von Kabelbäumen ein [5]. Zur Formgebung von Kabelbäumen wurden die Kabel zunächst in einer Schablone vorgeformt. Die Schablone wurde durch das Einsetzen von Stiften konfiguriert. Das HMD zeigte hierfür dem Arbeiter an, wo er die Stifte einzusetzen hat. Neben dem großen Gewicht stellte auch die Tatsache ein Problem dar, dass das HMD über ein Kabel mit dem Rechner verbunden war. Wie von Regenbrecht et al. [27] dargestellt, wird eine ähnliche Technologie auch eingesetzt, um Kabelbäume in Lastwagen zu verlegen.

Wie von Klinker er al. [18] beschrieben, lässt sich Augmented Reality auch im Service einsetzen. In ihrer Anwendung wird die Blickrichtung des Anwenders durch ein optisches Trackingsystem erfasst, um ihm anschließend an der richtigen Stelle im Sichtfeld die Arbeitsanweisung einzublenden. Auch hier wird ein kabelgebundenes HMD eingesetzt, welches dem Anwender nur einen kleinen Aktionsradius erlaubte.

Ähnliche Ansätze wurden auch von den beiden Projekten ARVIKA [4] und ARTESAS [3] verfolgt. Auch hier wurden in HMD zusätzliche Informationen eingeblendet, welche den Arbeiter bei der Durchführung des nächsten Arbeitsschrittes unterstützen sollten. Das Ziel war hier, dass Augmented Reality das herkömmliche Montagehandbuch bei Airbus ersetzen sollte. Allerdings wurde der HMD nicht realisiert.

Alle HMD-basierten Systeme weisen allerdings den Nachteil auf, dass der das HMD über ein Kabel an den Graphikrechner angeschlossen ist, wodurch einerseits das System nicht mobil ist, und andererseits der Anwender in seinem Aktionsraum merklich eingeschränkt ist.

Mit der zunehmenden Leistungsfähigkeit von Tablets und Smartphones werden diese zunehmend auch in der Forschung verwendet, um Informationen aus dem Cyberspace darzustellen [11], [31], [34]. Eine typische Applikation hierzu wurde von Kahn et al. [16] vorgestellt. In ihrer Applikation wurde ein Tablet-PC verwendet, um zusätzliche Informationen über den momentanen Betriebszustand eines Systems auszugeben, welche der Arbeiter dann in seine Entscheidungen einfließen lassen kann. Serván et al. [29] stellte eine Montagesimulation bei Airbus vor, in der der Monteur über die Montageposition eines Bauteils informiert wurde.

Neben der unmittelbaren Unterstützung der Montage- und Serviceprozesse durch die Bereitstellung vorwiegend geometrischer virtueller Daten werden vermehrt im I 4.0-Umfeld auch Augmented Reality-Systeme eingesetzt, um Logistikdaten oder Informationen über den Produktionsprozess bereitzustellen. In dem Projekt „CyPros“ [7] werden neue Assistenzsysteme erforscht, welche Informationen zu Produkten, Prozessen und Systemen in Echtzeit bereitstellen können. In dem Projekt wird ein Tablet-Computer mit einem optischen Trackingsystem verwendet, um diese zusätzlichen Informationen bereitzustellen.

Die Verfügbarkeit von Maschinen und damit auch die Kapazitätsplanung von Anlagen werden in dem Projekt „KapaflexCy“ [17] untersucht, und die Ergebnisse sollen

auch hier auf mobilen Geräten dargestellt werden. Um vor Ort eine Instandhaltung zu unterstützen, werden im Projekt „SCPS“ [28] in einem sogenannten „Ressourcen Cockpit“ die Datenströme von Produkt und Produktionsressourcen zusammengeführt und auf einem Tablet-PC dargestellt.

Die oben aufgeführten Projekte setzen sogenannte Handheld-Devices ein wie beispielsweise Smartphones. Diese weisen jedoch den Nachteil auf, dass einerseits die Hände nicht mehr für die eigentliche Arbeit zur Verfügung stehen, andererseits eine Bedienung dieser Geräte nicht immer möglich ist, wie z.B. mit Arbeitshandschuhen.

Wie man aus den obigen Beispielen entnehmen kann, bedarf es typischerweise dedizierte Interfaces, um mit der virtuellen Welt zu interagieren. Nach dem heutigen Stand der Technik werden für die Informationsausgabe HMDs oder Tablets verwenden, während die Informationseingabe heute nahezu ausschließlich über die interaktiven Oberflächen von Tablets, Smartphones oder Screens erfolgt. Wenngleich hierdurch schon sehr viele industrielle Anwendungen, z.B. in Logistik und Maintenance abgedeckt werden können, so verbleiben doch Situationen, für welche die derzeitigen Interfaces nicht geeignet sind. In diesem Beitrag sollen daher neue Ansätze der Forschung aufgezeigt werden, mit denen Interfaces noch besser an die jeweiligen Anforderungen in VR/AR angepasst werden können.

3 Erweiterung der sogenannten "Natural User Interfaces"

Der Bereich der "Natural User Interfaces" (NUI) wird im Wesentlichen charakterisiert durch berührungsempfindliche Oberflächen, welche auf unterschiedlichen Techniken beruhen. Erste Versionen der interaktiven Flächen werteten einfach ein Kamerasignal aus, wie beispielsweise der "DigitalDesk" [33]. Andere Technologien basieren auf optischer Erkennung infraroten Lichtes, einerseits basierend auf der Störung der Totalreflexion in einem Medium wie beispielsweise in Jeff Hans FTIR-System [12], oder aber auch basierend auf direkter Reflexion des infraroten Lichtes [13]. Auch kapazitive Systeme kommen zum Einsatz, wie beispielsweise in MS Surface Hub [21].

NUIs reduzieren sich aber nicht nur auf die Eingabe über Touchscreens, sondern hierzu müssen ebenfalls auch Interfaces für andere natürliche Bewegungsmodalitäten gezählt werden, wie beispielsweise das Laufen oder das Verwenden von Gesten. Das Bewegen durch virtuelle Welten geschieht häufig mit Hilfe manueller Eingabegeräte wie z.B. einer Spacemouse. Während dies noch nicht zu den NUIs gezählt werden kann, werden hingegen die Laufinterfaces wie z.B. die Omnidirectional Treadmill [8] oder Virtuix Omni [32] in diese Klasse gehören.

Aber auch diese Beispiele zeigen auf, dass die Interfaces noch nicht vollständig in der Lage sind, die natürliche Interaktion mit der Anwendung zu unterstützen. Das Zeigen oder Navigieren auf Touchscreens reduziert ebenso die Immersion wie das stimulierte Laufen auf Laufbändern oder Gleitelementen. Noch sind diese Interfaces ein merklicher Vermittler zwischen dem Menschen und der virtuellen Welt (siehe Bild 1), aber das Ziel sollte es sein, dass sie unmerklich eine unmittelbare Interaktion mit der virtuellen Welt ermöglichen. Insbesondere getrieben durch die Spieleindustrie sind in jüngster Zeit Komponenten auf dem Markt verfügbar, welche für eine Weiterentwicklung dieser NUI genutzt werden können, sowohl im VR- als auch AR-Bereich. Einige dieser Weiterentwicklungen sollen in den folgenden Kapiteln aufgezeigt werden.

3.1 Erleben virtueller Welten durch wirkliches Laufen

Wie oben dargestellt, versuchen Lauf-Interfaces dem Nutzer das Gefühl echten Laufens zu vermitteln, obgleich er physisch an derselben Stelle bleibt. Dies ist nur möglich durch "Zurückziehen" des Anwenders auf einem Förderband oder aber durch ein Zurückgleiten. Da dieses Zurückziehen des Anwenders von diesem aber wahrgenommen wird, verfolgen neuer Forschungsarbeiten das Ziel, den Anwender tatsächlich laufen zu lassen. Schnell würde dieser aber bei großen virtuellen Welten an die physischen Grenzen des realen Raumes stoßen, würde er nicht auf einer Kreisbahn geführt. Ausgenutzt wird hierbei die visio-haptische Dominanz, nach der die visuelle Wahrnehmung den stärkeren Sinneseindruck hinterlässt als die haptische Wahrnehmung.

Dieser Ansatz wurde erstmals von Razzaque et al. Vorgestellt [26], aber erst in jüngerer Zeit weiterverfolgt, beispielsweise von Steinicke et al. [30] oder Nescher & Kunz [23] konsequent weiter verfolgt. Bei letzteren war in Kombination mit einem hochauflösenden HMD (Oculus Ruft II) und einer komplett portablen Installation erstmals ein echtes Laufen in einer virtuellen Welt möglich (siehe Bild 2).

Bild 2: Das ReWaVE-System

Bei diesem System erlauben die Prädiktion der künftigen Lauftrajektorie und die Auswahl einer geeigneten Redirektionstechnik durch den Controller, auch grössere virtuelle Welten hochimmersiv zu erleben. Systeme dieser Art werden künftig auch eingesetzt werden können, um beispielsweise virtuell geplante Fabriken auch tatsächlich begehen zu können, um so eventuelle Planungsfehler zu erkennen. Andere Einsatzgebiete können aber zum Beispiel auch in einer komplett digitalen und um echtes Laufen erweiterten MTM (Methods-Time Measurement) liegen, mit der frühzeitig eine produktionsoptimierende Planung durchgeführt werden kann.

3.2 Erkennen von Gesten

Ein nächster wichtiger Schritt in diesen Kontext wird die Erweiterung auf mehrere Anwender sein, um so beispielsweise eine gemeinsame Fabrikbegehung durchzuführen und im Team die Probleme bereits am virtuellen Objekt zu diskutieren. Während dies für die Prädiktion und den Controller zunächst einmal eine deutlich höhere Rechenleistung erfordert, werden zudem auch andere wichtige NUI benötigt. Das gemeinsame Erörtern von Sachverhalten ist typischerweise gestützt auf sogenannte deiktische Gesten, die nur zusammen mit einem gesprochenen Wort einen Sinn ergeben. Da aber die Anwender bei der Begehung der virtuellen Welt ein HMD tragen, können sie ihre eigenen Gesten und damit die Korrektheit der Zeigerichtung nicht erkennen. Es besteht somit die Notwendigkeit, diese Gesten zuverlässig zu erkennen und latenzfrei in der virtuellen Welt darzustellen. Da deiktische Gesten aber nicht nur aus Zeigegesten bestehen müssen, ist es nicht ausreichend, nur eine Armbewegung zu erkennen, sondern es sollten auch die jeweiligen Finger einer Hand erkannt werden können.

Zwar existieren bereits seit vielen Jahren Datenhandschuhe wie beispielsweise der Cyberglove [6], jedoch benötigt die Anpassung dieses Handschuhs an die jeweilige Anatomie des Anwenders einen erheblichen Zeitaufwand. Es existieren daher Ansätze, optische infrarot-basierte Sensoren zur Erkennung der Finger einzusetzen, wie beispielsweise von Alavi & Kunz [1] dargelegt. Um die Genauigkeit des eingesetzten LEAP-Sensors zu erhöhen, wurde den Sensordaten ein Skelettmodell zugrunde gelegt, welches wiederum die Basis für ein Hidden-Markov-Modell bildete. So konnte trotz der teilweisen Verdeckungen (Teilobservierbarkeit) eine stabile Erkennung der Finger erreicht werden.

Das Erkennen von deiktischen Gesten ist aber nicht nur bei der kollaborativen Erkundung virtueller Welten notwendig, sondern ebenso auch in dem für die Industrie wichtigen Bereich der Ideenfindung. Wie bereits von Kunz & Wegener [20] dargestellt, ist diese Ideenfindung für die Produktentwicklung und Produktionsplanung ein wichtiger Aspekt. Die Ideenfindung wird üblicherweise im Team durchgeführt und erfordert bislang die physische Präsenz aller Teilnehmer, weil auch hier die deiktischen Gesten als Informationsträger nicht über das Netzwerk übertragen werden

können. Anhand einer Mindmap-Anwendung wurde von Kunz et al. [19] gezeigt, dass auch hier die Gesten erfasst und übertragen werden können (siehe Bild 3).

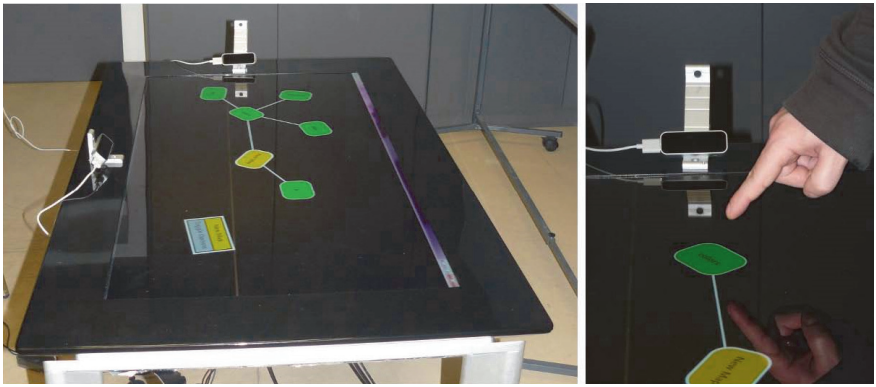


Bild 3: Sensoren an einem Pixelsense zur Erfassung von Zeigegesten

Es wurde anschließend von Alavi & Kunz [2] nachgewiesen, dass durch das Übertragen der Zeigegesten und die Darstellung dieser durch ein Hervorheben des relevanten Zielpunktes bei der Gegenstation die Zeit zur Bearbeitung einer Aufgabe signifikant verkürzt werden konnte.

4 Zukünftige Entwicklungen

Wie die obigen Beispiele aufzeigen sollten, ist derzeit bei den Anwender-Interfaces ein Trend zu Geräten zu verzeichnen, die nicht mehr direkt vom Anwender getragen werden. Gleichsam der Tendenz des "Disappearing Computers" entwickeln sich nun auch die VR/AR-Interfaces zu "Disappearing Interfaces". Die Interfaces werden somit auch geeigneter für Industrie 4.0-Anwendungen, da hierdurch auch eine "hands-free"-Bedienung möglich wird. Da das VR/AR-System automatisch das Verhalten des Anwenders erkennt und interpretiert, entfällt aufwändiges Anbringen der Interfaces am Anwender, was häufig auch mit entsprechenden Akzeptanzproblemen verbunden war.

Von diesem Trend ausgenommen sind die Headmounted Displays, welche zwischenzeitig durch das Abdecken eines weiten Gesichtsfeldes, ihr geringes Gewicht, ihren hohen Tragekomfort und durch die hohe Auflösung eine hohe Akzeptanz bei den Anwendern haben. Momentan sind Geräte wie der Oculus Rift allerdings nur für VR-Anwendungen geeignet, doch schon jetzt sind neue Produkte wie die Microsoft Hololens angekündigt und in Kürze erhältlich, welche dann auch ein neues Interface für den AR-Bereich darstellen.

Sowohl für VR als auch AR relevant sind auch die zu erwartenden neuen Trackingsysteme und –algorithmen, welche in Zukunft die Präparation des Raums für Trackingausgaben überflüssig machen könnten. Neue Ansätze semi-autonomer Trackingsysteme [36] oder optischer Trackingsysteme (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) [24] sowie erste Produkte auf dem Markt [25] werden hierfür in weitere Forschungsarbeiten integriert werden.

Literaturangaben

[1] Alavi, A.; Kunz, A.: „In-Air Eyes-Free Text Entry: A Work in Progress"; in: Proceedings of the 4th IUI Workshop on Interacting with Smart Objects; pp.24 - 27; 2015

[2] Alavi, A.; Kunz, A.: „Tracking Deictic Gestures ober Large Interaktive Surfaces"; in: Journal of Computer Supported Cooperative Work; pp.109 - 119; 2015

[3] Artesas; http://www.artesas.de (aufgerufen am 19.4.2015)

[4] Arvika; http://arvika.de (aufgerufen am 19.4.2015)

[5] Cardell, T. P.; Mizell, D. W.: „Augmented Reality: An Application of Head-up Display Technology in Manual Manufacturing Processes"; in: Proceedings of the IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences; 1992

[6] Cyberglove Systems; http://www.cyberglovesystems.com (aufgerufen am 22.10.2015)

[7] CyPros; http://www.produktionsforschung.de/projekt/cypros (aufgerufen am 19.9.2015)

[8] Darken, R.; Cockayne, W.; Carmein, D.: „The Omni-Directional Treadmill: A Locomotion Device for Virtual Worlds"; in: Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology; pp. 213 - 221; 1997

[9] Feiner, S.; MacIntyre, B.; Seligman, D.: „Knowledge-based Augmented Reality"; in: Communications of the ACM 36(7); pp. 52 – 62; 1993

[10] Gorecky, D.; Schmitt; M.; Loskyll, M.: „Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter"; in: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik; pp 525-542; 2014

[11] Hakkarainen, M.; Woodward, C.; Billinghurst, M.: „Augmented Assembly Using a Mobile Phone"; in: Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR); pp. 167-168; 2008

[12] Han, J.: „Low Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection"; in: Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology"; pp. 115 – 118; 2005

[13] *Hofer, R.; Kunz, A.; Kaplan, P.: „MightyTrace: Multiuser Tracking Technology on LC-Displays“; in: Proceedings of the 26th Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; pp. 215 – 218; 2008*

[14] *Industrie 4.0 – Innovationen für die Produktion von morgen; http://www.bmbf.de/pub/broschuere_Industrie-4.0-gesamt.pdf (aufgerufen am 5.10.2015)*

[15] *Umsatzempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht; http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (aufgerufen am 25.10.2015)*

[16] *Kahn, S.; Olbrich, M.; Engelke, T.; Keil, J.; Riess, P.; Webel, S.; Graf, H.; Bockolt, U.; Picinbono, G.: „Beyond 3D ‚as built‘ Information: Using Mobile AR Enhancing the Building Lifecycle Management“; in: Proceedings oft he International Conference on Cyberworlds; pp. 29-36; 2012*

[17] *Projekt „KapaflexCy“; http://www.kapaflexcy.de (aufgerufen am 20.9.2015)*

[18] *Klinker, G.; Creighton, O.; Dutpolt, A.; Kobylinski, A.; Vilsmeier, C.; Brügge, B.: „Augmented Maintenance AG Powerplants: A Prototyping Case Study of a Mobile AR System"; in: Proceedings of ISMAR; pp. 124 - 133; 2001*

[19] *Kunz, A.; Schnelle-Walka, D.; Alavi, A.; Pölzer, S.; Mühlhäuser, M.; Miesenberger, K.: „Making Tabletop Interaction Accessible for Blind Users"; in: Proceedings of Interactive Tabletops and Surfaces; pp.327 - 332; 2014*

[20] *Kunz, A.; Wegener, K.: „Towards Natural User Interfaces in VR/AR for Design and Manufacturing"; in: 2. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik der TU Chemnitz; pp.23 - 34; 2013*

[21] *Microsoft Surface Hub; https://www.microsoft.com/microsoft-surface-hub/de-ch (aufgerufen am 28.10.2015)*

[22] *Nee, A.; Onk, S.; Chryssolouris, G.; Mourtzis, D.: „Augmented Reality Applications in Design and Manufacturing”; in: CIRP Annals Manufacturing Technology; pp. 657 – 679; 2012*

[23] *Nescher, T.; Kunz, A.: „Using Head Tracking Data for Robust Short Term Path Prediction of Human Locomotion"; in: Transactions in Computational Science; Vol. XVIII; pp.172 - 191; 2013*

[24] *Nüchter, A.: „3D Robotic Mapping - The Simultaneous Localization and Mapping Problem with Six Degrees of Freedom“; Springer-Verlag GmbH, Berlin 2009, ISBN 978-3540898832*

[25] *Projekt „Google Tango“; https://www.google.com/atap/project-tango/ (aufgerufen am 28.10.2015)*

[26] *Razzaque, S.; Kohn, Z.; Whitton, M. C.: „Redirected Walking"; in: Proceedings of Eurographics; 2001*

[27] *Regenbrecht, H.; Baratoff, G.; Wilke, W.: „Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industry"; in: IEEE Computer Graphics Applications 25(6); pp. 48 – 56; 2005*

[28] *Projekt „SCPS"; http://www.produktionsforschung.de/projekt/scps (aufgerufen am 20.9.2015)*

[29] *Serván, J.; Rubio, J. M.; Mas, F.; Gómez, A.; Rios, J.: „Augmented Reality Using Laser Projection for the Airbus A400M Wing Assembly"; in: Proceedings of the 29th International Manufacturing Conference; pp. 154 – 162; 2011*

[30] *Steinicke, F.; Bruder, G.; Kohli, L.; Jerald, J.; Hinrichs, K.: „Taxonomy and Implementation of Redirection Techniques for Ubiquitous Passive Haptic Feedback"; in: Proceedings of the 2008 International Conference in Cyberworlds; pp. 217 - 223; 2008*

[31] *Stutzmann, B.; Nilsen, D.; Brodewick, T.; Neubert, J.: „MARTI: Mobile Augmented Reality Tool for Industry"; in: Proceedings of 2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering (CSIE); pp. 425-429; 2009*

[32] *Virtuix Omni; http://virtuix.com (aufgerufen am 25.10.2015)*

[33] *Wellner, P.: "Interacting with Paper on the DigitalDesk"; in: Communications of the ACM - Special Issue on Computer Augmented Environments: Back to the Real World"; Vol. 36, Issue 7; pp. 87 - 96; 1993*

[34] *Xin, M.; Sharlin, E.; Sousa, M.: „Napkin Sketch – Handheld Mixed Reality 3D Sketching"; in: Proceedings of the 15th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST); pp. 223-226; 2008*

[35] *Zamfirescu, C. B.; Pirvu, B. C.; Schlick, J.; Zühlke, D.: "Prelinary Insides for an Anthropocentric Cyber-Physical Reference Architecture of the Smart Factory"; in: Studies in Informatics and Control, Vol. 22, No. 3; 2013*

[36] *Zank, M.; Nescher, T.; Kunz, A.: „Tracking Human Locomotion by Relative Positional Feet Tracking"; in: Proceedings of IEEE Virtual Reality; pp. 317 – 318; 2015*

Methods for Tracking the Human Hand for Natural Interaction

Zachmann, G.[1]

[1] Universität Bremen, Fachbereich Mathematik und Informatik

Abstract

Vision-based markerless hand tracking has many applications, for instance in virtual prototyping, navigation in virtual environments, tele- and robot-surgery and video games. It is a very challenging task, due to the real-time requirements, 26 degrees-of-freedom, high appearance variability, and frequent self-occlusions. Because of that, and because of the many desirable applications, it has received increasing attention in the computer vision community of the past years.

We present two model-based approaches, both using 2D rectangle packings as features. The first approach works directly on the input color image and is based on a new kind of divergence of the color distribution between an object hypothesis and its background. This works much better than segmentation-based approaches in cases where the segmentation is noisy or fails, e.g. scenes with skin-colored backgrounds or bad illumination that distorts the skin color.

In the second approach, we propose to use a machine learning approach based on random forests that can learn to be invariant to different hand geometries as well as achieve a high pose recognition rate. We map hand pose estimation, which is a regression problem, to a classification problem in a natural way. This allows us to use well-proven random forest techniques for classification. The training time of our approach is by a factor of 5 faster than a naive regression forest for hand pose recognition.

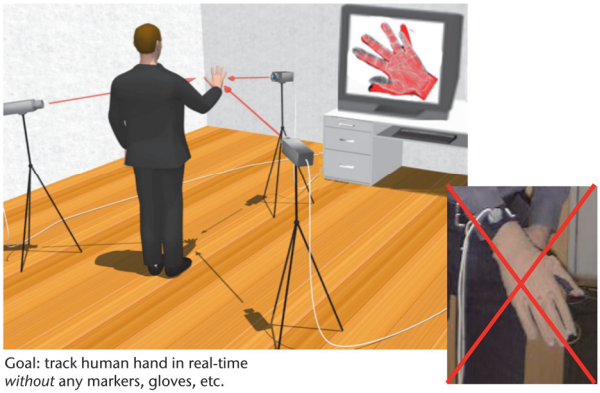
The advantages are very fast detection times, and increased robustness because we do not need any low-level feature extraction or foreground segmentation, thus effectively eliminating this error-prone step.

Bremen

Methods for Tracking the Human Hand for Natural Interaction

G. Zachmann
zach@cs.uni-bremen.de
http://cgvr.cs.uni-bremen.de/

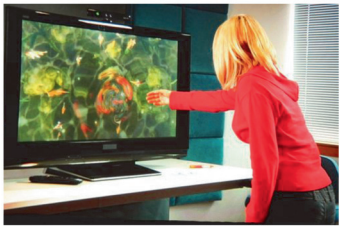
Unintrusive Hand Tracking



Goal: track human hand in real-time
without any markers, gloves, etc.

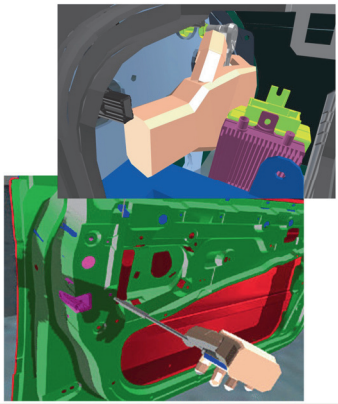
Motivation

Navigation in virtual environments

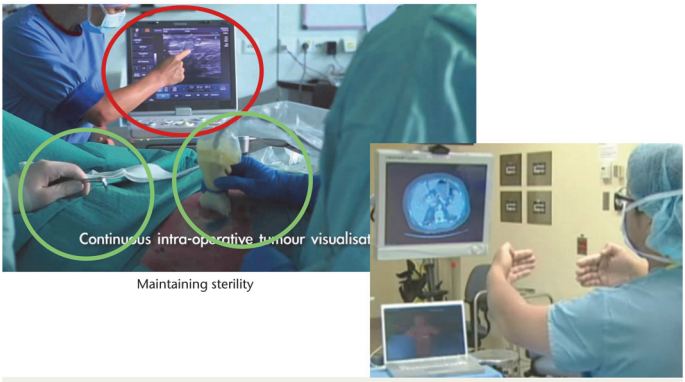


3D interaction in video games

Virtual assembly simulation



Surgery



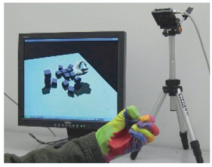
Maintaining sterility

Disadvantages of Marker-Based Tracking

CyberGlove needs time-consuming calibration

Passive markers disturb hand motion

Active markers are inconvenient



Colored glove has to be adapted to each hand

Challenges

- 26 degrees of freedom

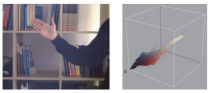
global

local

- Unconstrained background

- Apparent shape variability and many self-occlusions

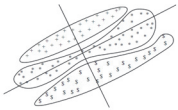
- Camera limitations and difficult lighting conditions



- Real-time tracking under all conditions

A Short History of Hand Tracking

- Appearance-based, multidimensional discriminant analysis [Cui and Weng, CVIU 2000]



- Early model-based approaches [Rehg and Kanade, ECCV 1994] [Stenger et al., Pami 2006]

- Model-based, parameter-sensitive hashing [Wang and Popovic, Siggraph 2009]

- Model-based, particle swarm optimization [Oikonomidis et al., ICCV 2011]

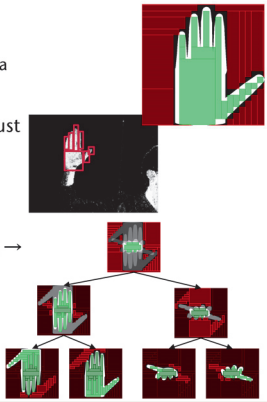
Model-Based Matching Using Templates

Query image | Set of template images | Confidence map = largest similarity value over all templates

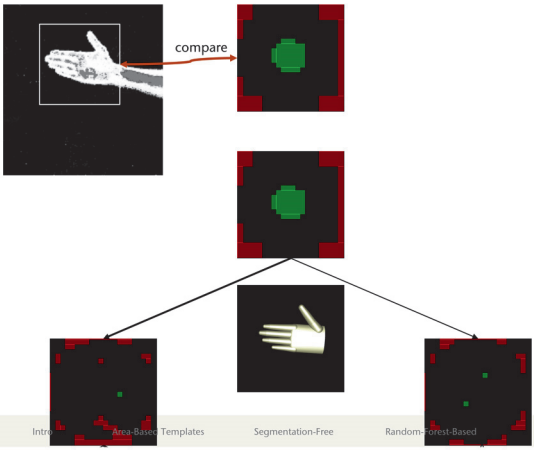
for each position in the query image:
for each template:
compute similarity value

A New Area-Based Template Representation

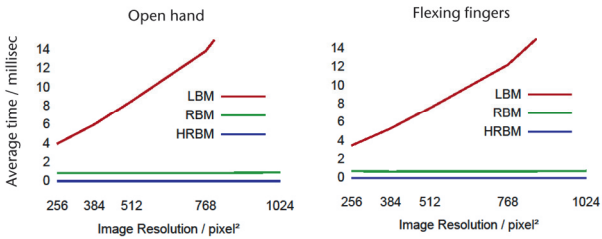
- For all templates:
  - Approximate foreground/background area by a set of axis-aligned rectangles
- Advantage: match with *input image* is just a few lookups in the *integral image* ⟶ complexity = $O(k)$, k = #rectangles, independent of resolution of image
- Easy to turn into hierarchy of templates ⟶ complexity of matching = $O(\log n)$, n = # templates!



Hierarchical Matching Allows for Even Faster Matching



Matching Time for a Complete Set of Templates



LBM = Stenger's method; RBM/HRBM = our method

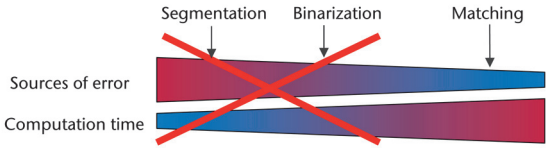
Video

Original image
Skin segmentation
Axis-Aligned Rectangles
Best Matching Template

Original image
Skin segmentation
Axis-Aligned Rectangles
Best Matching Template

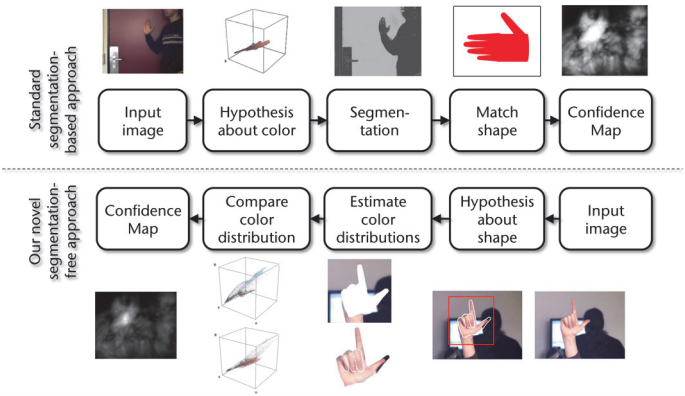
Novel Color Divergence-Based Detection Approach

- Classical approach: first preprocess image, then match hypotheses



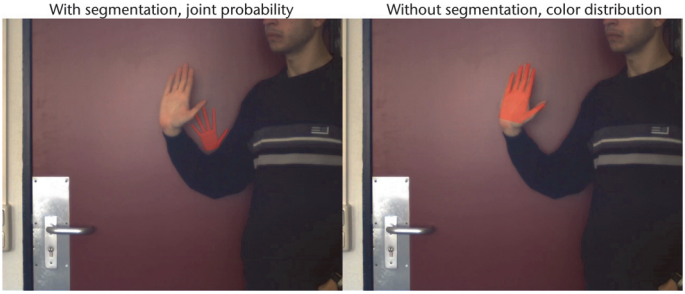
- Matching using our rectangle template representation even works without prior skin color segmentation!
  - Can be done very fast using integral image, thanks to rectangle covering
  - Works for arbitrary number of input channels (think "range image")

A Segmentation-Free Approach



Results for Segmentation-Free Tracking

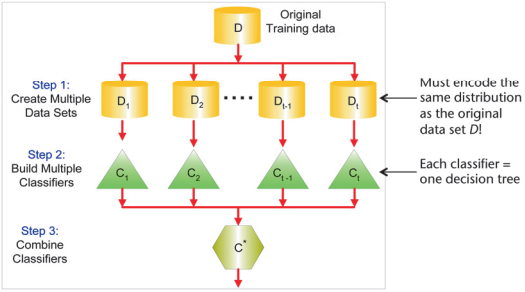
With segmentation, joint probability | Without segmentation, color distribution



1200 templates, on a Geforce GTX 480 GPU → 20+ FPS

Work in Progress: Using Random Forests

- Ensemble of decision trees as weak classifiers
- Bagging of training data and random subspaces during training

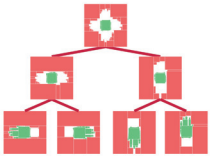


Advantages of Random Forests

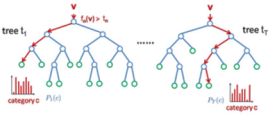
- Low generalization error by randomness during training
- Simple construction and fast, parallel computation
- Easy to tune
- Parameters
  - Number of trees
  - Features considered at each split
  - Maximum tree depth

Hybrid Random Forest & Template Hierarchy Based Pose Estimation

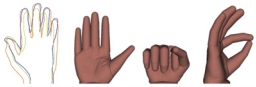
- Template hierarchies:
  - – Choice of optimal features is unclear
    - – Is rectangle covering for interior or border the better feature?
  - + Can handle a large number of hand poses



- Random Decision Forests (RFs):
  - + Excellent feature selection technique
  - + Good generalization capabilities
  - – Bad performance for large number of classes (each hand pose = 1 class!)



- Idea: learn features and pose hierarchy simultaneously

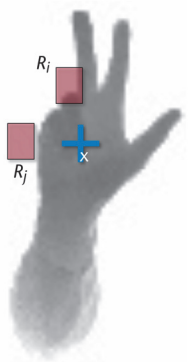


Our Features

- Use depth image (currently)
- Feature = difference of mean depth value over two rectangles

$$f(I,x) = d_I(x + \frac{R_i}{d_I(x)}) - d_I(x + \frac{R_j}{d_I(x)})$$

I = depth image
R_i , R_j = randomly selected rectangles
$d_I(R_j)$ = mean of depth values in R_j
$\frac{R_i}{d_I(x)}$ = scale rectangles size and position by distance of pixel x from camera, $d_I(x)$

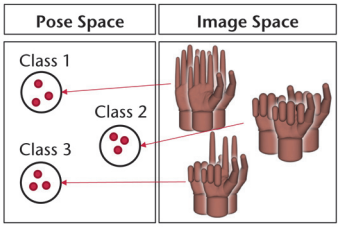


Why Rectangles?

- Compensate noise in the depth images ⟶ better robustness compared to pixel-wise difference
- Average over rectangles can be computed in constant time (using the integral image)
- Generalization of pixel-wise difference ⟶ feature space is much larger, more flexibility for RF training algorithm

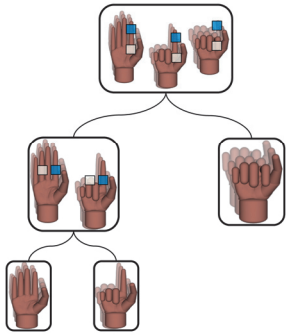
Mapping Hand Pose Recognition to RFs

- Training:
  - Draw random hand poses out of the 23-dimensional space of all hand poses (23 = local state + orientation)
  - Each hand pose defines one class
  - For each class, render many samples with different geometries using our artificial hand model
    ⟶ captures high variability of human hands



- Advantage: potentially infinite training set

- Runtime (classification = recognition):
  - Predicted classes of the trees in RF ⟶ density function
  - Estimated pose = mode of the density function
  - Due to high-dimensional pose space, apply the mode finding to each degree of freedom separately



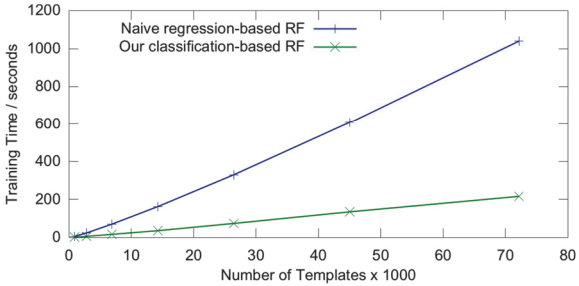
Preliminary Results

- 2.4ms per frame
- Number of trees = 200
- Features considered at each split = 256
- No limit on tree depth
- $r \in [2, 8]$ mm rectangle radius
- Regression forest: ~5x longer training, no better performance

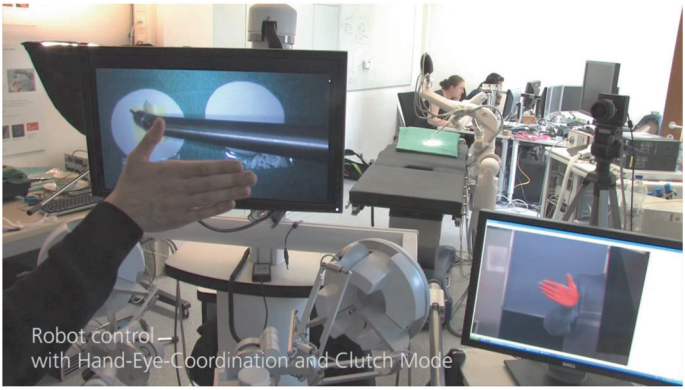
Original depth image

Hand pose detected by random forest

Training Time Decision vs Regression Forest



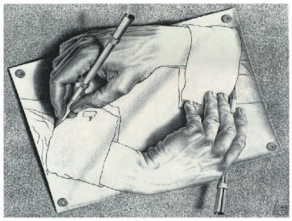
A Possible Application: Control of Micro-Surgery Robots



Together with DLR, Institute for Mechatronics, Oberpfaffenhofen

Thank You!

Interested in collaboration? ⟶ Please talk to me!



G. Zachmann
zach@cs.uni-bremen.de
http://cgvr.cs.uni-bremen.de/

Virtuelles Abbild – neue Ingenieurmethoden für Industrie 4.0

Ovtcharova, J.[1]

[1] Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen

Abstract

Die angekündigte Industrie 4.0 steht für eine smarte Revolution, die durch interdisziplinäres Wissen getrieben wird und die ganzheitlich und lückenlos reale Prozesse in der Fabrik digital vernetzt. Unter dem Motto „Digitalisierung als Tagesgeschäft“ erfordert der Übergang zu Industrie 4.0 die Vollständigkeit und Durchgängigkeit der IT-Unterstützung entlang der Ressourcen und Arbeitsflüsse innerhalb eines Unternehmens. Dafür erfordert es innovative Modellierungsansätze sowie eine flexible und sichere IT-Infrastruktur, womit sich die bestehende Schnittstellenkomplexität überwinden und das volle Potential der Produktion von morgen transparent, zielgerecht und eindeutig demonstrieren lässt.

1 Herausforderungen der Industrie 4.0

Industrie 4.0 strebt als Zukunftsprojekt im Bereich der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung in erster Linie die Digitalisierung und Vernetzung der Produktion an. Das Ziel ist die „intelligente Fabrik“ (Smart Factory), welche sich durch Wandlungsfähigkeit, Ressourceneffizienz, ergonomische Gestaltung sowie die Integration von Geschäftspartnern und Kunden in Wertschöpfungsketten auszeichnet. Technologische Grundlage sind Cyber-physische Systeme und das „Internet der Dinge“. Kennzeichnend im Bereich der Industrieproduktion sind die starke Individualisierung (bis zur Losgröße 1) der Produkte unter den Bedingungen einer hoch flexibilisierten (Großserien)-Produktion (Mass Customization). Die für Industrie 4.0 notwendige Automatisierungstechnik soll durch die Einführung von Verfahren der Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration, Selbstdiagnose und Kognition intelligenter werden und die Menschen bei ihrer zunehmend komplexen Arbeit besser unterstützen.

Die angekündete vierte industrielle Revolution - „Industrie 4.0“ – hat innerhalb von nur zwei Jahren zu einer Flut an Events, Studien und auch Forschungsprojekten geführt. Oberstes Ziel der Industrie-4.0-Initiative ist die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft durch flächendeckende Vernetzung, Digitalisierung und echtzeitfähige Anwendungen, vor allem in der Fertigungs- und Prozessindustrie. Laut aktueller Umfragen - trotz erheblichem medialem Hype - verläuft die Umsetzung von Industrie 4.0 in der deutschen Wirtschaft bislang zögerlich. Ein Drittel der produzierenden Unternehmen kennen den Begriff so gut wie nicht [1]. Grund dafür ist, dass die Herausforderungen und Chancen für die Unternehmen noch nicht greifbar sind. Für sie zählen ganz konkrete Antworten auf die Fragen: Wie werden durch Industrie-4.0-Lösungen messbare Mehrwerte für das Geschäft generiert und wann wird Industrie 4.0 vollumfänglich Realität? Bedarf besteht in erster Linie nicht daran, vielseitige Lösungen auf allgemeine Fragestellungen zu entwickeln, sondern Probleme aus dem Alltag konkreter Unternehmen mit schrittweise und möglichst einfach umsetzbaren Maßnahmen anzugehen.

Bei aller Aufregung um Industrie 4.0 sollte vor allem *„Der Blick auf das Ganze“* entstehen. Dahinter steht für ein Unternehmen klare Zielsetzung und Orientierung auf Praxisrelevanz, Potential, Umsetzbarkeit und Mehrwert, wie in den folgenden fünf grundlegenden „W“-Thesen zusammengefasst:

- WARUM eine Gesamtbetrachtung wichtig ist: Bei der Industrie 4.0 sollte nicht die nur technische Machbarkeit, sondern jeher die wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkung und Veränderung fokussiert werden. Bisher hat jede industrielle Revolution auf lange Sicht die Welt verändert. Die Kernfrage ist, welche Erwartungen könnte Industrie 4.0 hier konkret und nachhaltig erfüllen?
- WIE die Ziele dargelegt werden: Ziele der flächendeckenden Vernetzung, Digitalisierung und Echtzeitfähigkeit sollten sowohl unternehmensspezifisch aber auch zeitvariant definiert werden. Diese sollten sich an die Innovationszyklen anpassen, die immer schneller aufeinanderfolgen. Jede 3-5 Jahre wechseln die Wissens- und Technologiegenerationen.
- WAS die Industrie-4.0-Initiative ist: Industrie 4.0 ist nicht das Endziel, sondern der Routenplan oder sogar die alternativen Routenpläne dahin. Wie bei der Zielsetzung folgt die Routenplanung individuell und flexibel.
- WO die Umsetzung stattfindet: Die Industrie-4.0-Transformation eines Unternehmens muss von den Entscheidungsträger „top-down“ eingeleitet werden, die Umsetzung erfolgt dagegen „bottom-up“. Veränderungen beginnen in den „Keimzellen“ eines Unternehmens durch Sensibilisierung für den Mehrwert, „best-practices“ und mit kleinen, sichtbaren Projekten vor Ort.
- WER die Umsetzung gestaltet: Mitarbeiter mit der notwendigen Bildung und Qualifikation stehen im Mittepunkt der Betrachtung. Aus einem mensch-

zentrierten Blickwinkel lassen sich „gehirn-gerechte“ Arbeitsabläufe in dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken schneller analysieren und optimieren.

1.1 Digitalisierung als Voraussetzung für Industrie 4.0

An der nicht Berücksichtigung der oben genannten Thesen scheitern viele Industrie-4.0-Projekte. Die Digitalisierung ist dabei der zugehörige Megatrend für die Bereitstellung aller notwendigen Daten und Informationen in digitaler Form und deren allumfassende Nutzung - der Schlüssel zum Erfolg. Unter dem Motto *„Digitalisierung als Tagesgeschäft“* erfordert der Übergang zu Industrie 4.0 die Vollständigkeit und Durchgängigkeit der IT-Unterstützung entlang der Ressourcen und Arbeitsflüsse innerhalb eines Unternehmens. Folgende fünf Herausforderungen stehen den Unternehmen bevor:

1. Vollständige Erfassung von multidimensionalen Daten (u.a. Text, Metadaten, Graphiken, Statistiken, Videos, 3D-Modelle, Sensordaten) aus verschiedenen, heterogenen und unstrukturierten Datenquellen, auch im Sinne von Big Data.
2. Sicherung der Datenqualität und intelligente Datenaufbereitung und -vernetzung (Linked Open Data).
3. Lernende und vorausschauende Analyse, echtzeitfähige Datenauswertung und -Visualisierung der Ergebnisse auch auf mobilen Geräten.
4. Menschzentrierte, branchenübergreifende Geschäftsprozesse und Arbeitsmethoden.
5. Bildung und Training aller Beteiligten, intern und extern, um die Digitalisierung in das Tagesgeschäft vollständig zu integrieren.

Um die Digitalisierung als Tagesgeschäft zu bewältigen, gründete das Karlsruher Institut für Technologie zusammen mit dem Forschungszentrum für Informatik und den Partnern aus der Wirtschaft, dem Bechtle IT-Systemhaus und der SolidLine AG in Karlsruhe ein „Industrie 4.0 Collaboration Lab“. Seit einem Jahr steht unter dem Motto „Mittelstand trifft Forschung“ eine moderne vernetzte IT-Infrastruktur zur Verfügung und schafft die Umgebung für das praktische Testen von Industrie-4.0-Szenarien. Gemeinsam mit weiteren Industriepartnern wie die Firma TDM Systems werden handfeste Lösungen erarbeitet, die mittelständischen Anwendern bei der Digitalisierung unmittelbar helfen sollen, wie z.B. bestehende Probleme identifizieren und diese am schnellsten und kosteneffizient beheben werden können. Durch „learning by doing“ wird die Umsetzbarkeit einer individuellen Kundenlösung vermittelt, ganz konkret und nicht in Form von Workshops oder Veranstaltungen, auf denen diskutiert jedoch nichts umgesetzt wird.

2 Neue Ingenieurmethoden

2.1 Virtuelles Abbild

Heutige Fabriken werden fast ausnahmslos außerhalb ihrer optimalen Betriebspunkte gefahren, da der aktuelle Zustand nicht exakt genug bekannt ist und damit auch nicht optimal auf Änderungen und Störungen von außen reagiert werden kann. Industrie-4.0-Ansätze können aber in diesem Zusammenhang die Abtast-, Mess- und die Daten-Latenz reduzieren.

Die Individualisierung der Produkte benötigt eine flexible Produktion. Maschinen sollen automatisch ohne Unterbrechung Produkte mit unterschiedlichen Parametern fertigen. Die Programme von einzelnen Maschinen bis hin zu kompletten Produktionslinien können virtuell in Betrieb genommen und auf unterschiedliche Aspekte wie Korrektheit, Sicherheit, etc. getestet werden. Dabei kommt es zu keinem Verschleiß oder Zerstörung von Werkzeugen und keinem unnötigen Materialverbrauch. Hier bietet die virtuelle Realität die Möglichkeit, nicht nur die Fabrik und eine Produktionslinie zu planen, sondern auch die Inbetriebnahme virtuell zu validieren. Durch die Betätigung eines Knopfes wird die virtuelle Simulation dann in der Realität gestartet [2].

Das Virtuelle Abbild einer Produktion ist ein Lösungsansatz für den optimale Betreib einer Fabrik. Dieses umfasst die 3D-Gemetrie der physischen Umgebung in Verbindung mit physikalischen Eigenschaften. Ausschlaggebend sind die Schnittstellen zu externen Systemen und Simulationen mit Berücksichtigung aller relevanten Ressourcen und Prozessen. Dabei können die Schnittstellen auf dem Konzept *Internet der Dinge* basieren. Mittels des Virtuellen Abbildes ist es möglich, operationale Konzepte für Produktionsanlagen in Echtzeit zu validieren, z. B. manuelle und automatische Bedienung und Konfiguration über intuitive Mensch-Maschinen-Schnittstellen (z.B. Web-Oberfläche, haptische Interaktionsgeräte). Damit lassen sich im komplexen Fabrikumfeld Entscheidungen auf der Basis aktueller, transparenter Informationen treffen. Gleichfalls könnten mittels Simulation Zukunftsprognosen auf der Basis von Echtzeitdaten aus der Produktion erstellt werden. Durch das Verschmelzen von realen und virtuellen Umgebungen ist eine Annäherung an die Vision der automatisierten, intelligenten Virtuellen Inbetriebnahme einer vollständigen Produktion möglich.

Es sollen in diesem Zusammenhang Chancen, Voraussetzungen, Hindernisse und Potenziale des Virtuellen Abbildes für die Industrie 4.0 erarbeitet werden und aus dem dessen Konzept lassen sich neue Ingenieurmethoden ableiten.

2.2 Virtual Engineering

Virtual Engineering bietet eine integrierte, ganzheitliche Prozess-System-Sicht und ermöglicht unter anderem Entwicklern, Lieferanten, Herstellern und Kunden gleichermaßen, physisch noch nicht existierende Gegenstände rein virtuell zu handhaben und hinsichtlich deren Eigenschaften und Funktionen realitätsnah und ganzheitlich zu beurteilen. Die Zielsetzung des Virtual Engineerings im Kontext der Industrie 4.0 ist die Verschmelzung von physischen und virtuellen (Computer-generierten, begehbaren) Ingenieurumgebungen, Wahrnehmung und Kommunikation durch Täuschung der menschlichen Sinne in Echtzeit und der Einsatz neuer Ingenieurmethoden für realitätsnahe Mensch-Computer-Interaktion (logisch, nachvollziehbar, intuitiv) in Echtzeit. Damit unterscheidet sich der Ansatz des Virtual Engineerings zum traditionellen 3D-CAD-Ansatz wesentlich [3]. Schwerpunkte können sowohl Produktentwicklungsprozesse, das Industrial Engineering als auch sonstige Entwicklungsprozesse technischer Objekte (wie etwa von Bauwerken) und selbst von Dienstleistungen sein. Virtual-Engineering-Methoden lassen sich branchenübergreifend einsetzen.

2.3 Digitale Fabrik

Die Digitale Fabrik wird als ein Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen und Methoden unter anderem der Simulation und 3D-Visualisierung definiert. Ihr Zweck ist die ganzheitliche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen in Verbindung mit dem Produkt. Die Grundlagen der Digitalen Fabrik werden in der VDI-Richtlinie VDI 4499 Blatt 1:2008-02 definiert. Heute existieren umfangreiche Software-Landschaften, in denen Hersteller wie Siemens Industrie Software, Dassault Systèmes oder PTC versuchen, ihre zahlreichen Planungssysteme (für Produktgestaltung, Arbeitsplanung, Prozessplanung, Materialfluss, Robotik, Ergonomie, etc.) innerhalb eines Gesamtmodells "Digitale Fabrik" zu integrieren. Systeme der Digitalen Fabrik folgen den Paradigmen des Virtuellen Engineerings (VE).

Fabriken, die nicht mehr traditionell organisiert sind, sondern nach den Prinzipien der Industrie 4.0, benötigen neue Planungs- und Entwicklungswerkzeuge. So kann die Echtzeitkopplung von einem virtuellen mit einem realen Modell einer Fabrik implementiert werden, sowie Energieverbrauchsmessung in Echtzeit und Raum mit Nutzung von Virtual-Reality-Interaktionstechnik, Gesteneingaben und Web-Interfaces. Nicht nur alle materiellen Ressourcen in einer Fabrik sind Teil des „Internets der Dinge“, sondern auch die Mitarbeiter. Zu diesem Zweck müssen Mitarbeiter über geeignete Hardware- und Software-Schnittstellen für den mobilen Zugriff auf digitale Informationen verfügen. Der Bereich der mobilen Endgeräte (wie Tablet PCs, Smartphones, Datenbrillen) hat sich in den wenigen letzten Jahren rasant entwickelt und bietet große Chancen für den Themenkomplex Industrie 4.0.

3 Anwendungsfälle aus dem Industrie 4.0 Collaboration Lab

Im Fokus der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Instituts für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI) steht die Digitalisierung von Wertschöpfungsketten im Kontext von Industrie 4.0. So wird die zukünftige Produktion nicht nur durch eine attraktive Visualisierung und Vernetzung von Maschinen demonstriert. Ein ebenso wichtiger Aspekt stellt die Unterstützung der Arbeit von Menschen dar. Ihre Expertise, Kognition, aber auch Lernkapazität wird durch Ansätze der Virtuellen Realität verstärkt. Mithilfe von durchgängigen Methoden, die Felddaten aus der Fertigung mittels intelligenten Sensoren- und Aktuatoren-Netzes erfassen und diese Daten (Big Data) intelligent analysieren, lassen sich erhebliche wirtschaftliche und Effizienzgewinne erzielen. In diesem Zusammenhang werden im Institut Konzepte erstellt, die die intelligente Produktionsüberwachung und -Steuerung die Schlüsseltechnologie von Industrie 4.0 „Cyber-physische Systeme und Big Data“ verwendet. Die praktische Umsetzung erfolgt im Lifecycle Engineering Solutions Center (LESC) am KIT als interdisziplinäre und transnationale Einrichtung für Lehre, Forschung, Transfer und Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Gesellschaft. Es folgen Ausführungen von konkreten Anwendungen der theoretisch beschriebenen, neuen Ingenieurmethoden im Rahmen von Industrie 4.0.

3.1 Vernetzte Systeme

Mithilfe einer vernetzten Systemlandschaft ist es möglich die Prozesskette ganzheitlich zu betrachten und die positiven Effekte im Kontext von Industrie 4.0 darzustellen. Durch einen methodischen Ansatz kann von dem Auftragseingang über die Konstruktion bis zur Produktion ein bidirektionaler Informationsfluss zwischen den einzelnen Systemen sichergestellt werden. Dadurch können bereits in den frühen Phasen des Produktlebenszyklus technische und wirtschaftliche Vorteile erzielt werden. Als Demonstrations- und Forschungsumgebung wurde dazu eine Systemlandschaft angelehnt an ein spannendes, mittelständisches Unternehmen realisiert. Dabei sind die Hauptsysteme (PDM, ERP, MES, CAX, TDM) intelligent vernetzt. Eine in das System integrierte Fräse simuliert die Produktion und ist bidirektional mit der Systemumgebung verbunden. Dadurch können durch Informationen von der Produktion zusätzliche Verbesserungszyklen in dem Produktentwicklungszyklus angestoßen werden. Bild 1 verdeutlicht den schematischen Aufbau der Systemlandschaft.

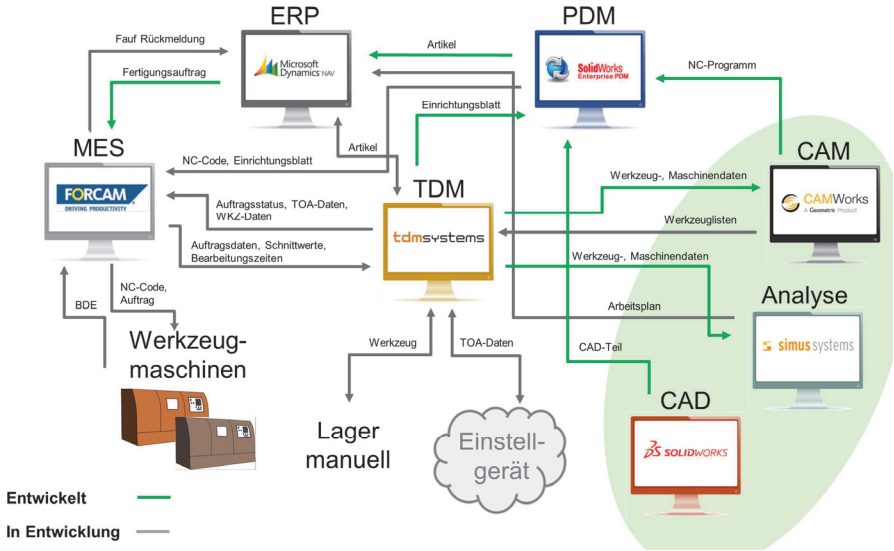


Bild 1: Schnellere Prozesse, flexiblere Fertigung und individuelle Produkte durch die Vernetzung von Systemen und Maschinen.

3.2 Erstellung von virtuellen Abbild durch kostengünstige 3D-Rekonstruktion

Die Digitalisierung von Ressourcen ist ein wesentliches Element der „Industrie 4.0“. Durch diese soll die Nützlichkeit von Software der letzten Jahre und Jahrzehnte voll ausgeschöpft werden. Das vom IMI entwickelte System für 3D-Rekonstruktion in Echtzeit schließt die Lücke zwischen Datenerfassung und semantischer Interpretation. Das KinKon genannte System dient zur dreidimensionalen Rekonstruktion von erweiterten und begrenzten Innenräumen (siehe Bild 2) mit Hilfe von handgeführten, preiswerten Tiefenkameras (z. B. Microsoft Kinect). Durch die starke Parallelisierung bildverarbeitender Prozesse ist es möglich die Leistungsfähigkeit moderner Grafikprozessoren zu nutzen und das System damit echtzeitfähig zu machen. Mit 3D-Rekonstruktion wird die Digitalisierung von Teilen der realen Umgebung beschrieben. Dazu werden zahlreiche Einzelaufnahmen einer Tiefenkamera in einem Gesamtmodell zusammengeführt. Mit KinKon lassen sich geometrisch genaue Modelle von beliebigen Umgebungen im Innenbereich erstellen. Die Grenzen der Modellgenauigkeit und -größe sind abhängig vom Sensor. Was KinKon einzigartig macht, ist seine enorm hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit bei genauer räumlicher Auflösung im Vergleich zu ähnlichen Systemen.

Die Anwendungen eines solches System ermöglicht eine kostengünstige geometrische Abbildung von der Realität. Geometrische Echtzeitinformationen über industrielle Anlagen werden genutzt, um Produktionsprozesse mit intuitiveren und aussagekräftigeren Daten zu verbessern. Auf der Grundlage der erstellten digitalen Darstellung der Welt ist deren Interpretation mit Hilfe einer semantischen Analyse möglich. Zusätzlich können die Sicherheit menschlicher Arbeiter und die Nutzung automatisierter Systeme eine neue Qualitätsebene im Hinblick auf Unfallvermeidung, automatische Logistikoptimierung erreicht werden.

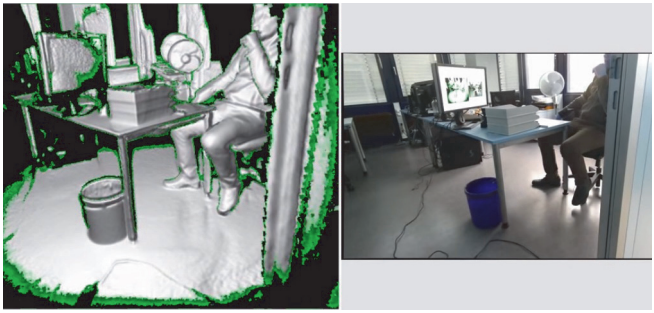


Bild 2: 3D-Rekonstruktion von erweiterten und begrenzter Innenräume

3.3 Virtuelles Abbild einer Fräse

Die Bedienung einer Maschine erfordert Wissen, das in einem Unternehmen meist nur wenige Personen besitzen. Eine falsche Bedienung der Maschine beeinflusst nicht nur das Ergebnis des Werkstücks, sie kann im schlimmsten Fall auch zu Personenschäden oder zur Zerstörung der Fräsmaschine selbst führen.

Bild 3: Neue Bedienkonzepte für CNC-Werkzeugmaschinen

In diesem Anwendungsfall (Bild 3) wurden neue Bedienkonzepte für CNC-Werkzeugmaschinen erarbeitet [4]. Diese Konzepte beinhalten eine intuitive Bedienung, sodass sie sich für den Einsatz zum Rapid Physical Prototyping eignen. Ziel ist es durch eine Bedienoberfläche auch Nichtfachkräften ein Werkstück an einer Fräsmaschine fertigen können. Die Virtuelle Realität beinhaltet per Definition eine intuitive Benutzung, weil sie das physikalische Verhalten der Realität möglichst genau abbildet. Darum ist der Einsatz von VR-Technologien bei der Generierung neuer Bedienkonzepte wie haptische Steuerung besonders zu berücksichtigen. Die Web-Schnittstelle ermöglicht eine intuitive Bedienung sogar über mobile Geräte.

3.4 Virtuelles Abbild von Fabriken

Bild 4: Logistik- , Auftrag- , Abtrag, - Robotersimulation und Mensch-Maschine-Interaktion in VR

Ein Virtuelles Abbild einer Fabrik schafft den Schritt zwischen der Betrachtung eines einzelnen virtuellen Produktes oder Maschine zu einer gesamtheitlichen virtuellen Produktion. Dafür müssen einerseits die CAD-Geometrien mit Dynamik, Kinematik und Physik verknüpft werden. Andererseits wird die semantische Ebene mit FMUs, Prozessen und Schnittstellen zu externen Systemen und Simulationen integriert. Die Herausforderung besteht in der Automatisierung und Standardisierung der Prozesse, die für den Aufbau der virtuellen Produktion notwendig sind. PolyVR, ein am Institut entwickeltes Autorenwerkzeug für VR-Anwendungen [5], hat zum Ziel mit möglichst wenig Aufwand auf Basis der CAD-Daten der Produkte und Anlagen die komplette virtuelle Inbetriebnahme zu ermöglichen. Ein solches Modell kann ebenso für Schulungen und Training sowie für Wartung und Konfigurationsmanagement genutzt werden. Hierfür werden neuartige Konzepte für echtzeitfähiges Reasoning auf Ontologien-Basis entwickelt.

3.5 Intelligente Produktion

Schwerpunkt der Forschungsarbeiten ist die Entwicklung einer integrierten Wissensbasis für die effiziente und zielorientierte Gewinnung von Informationen. Dazu werden Daten aus heterogenen Quellen in eine formale und widerspruchsfreie Repräsentation integriert. Die erforderlichen Tools zur Bewertung der Datenqualität werden vom Institut entwickelt und können mögliche Inkonsistenzen aufgrund von unvollständigen Daten feststellen. Ziel des Informationsmanagements in der Produktion ist insbesondere die ressourceneffiziente Produktionsplanung. So beruht das Projekt ecoBalance auf der relationalen Ansicht von Maschinenparametern, Produktionsaufträgen und Energieverbrauchsdaten in der Wissensdatenbank, um Lastspitzen vorhersagen bzw. vermeiden zu können [6,7]. Mit Hilfe von lernenden Datenanalyseverfahren werden die Beziehungen aus den historischen Daten dynamisch extrahiert [8]. Sollten Änderungen der Produktionsprozesse nötig sein, lassen sich diese problemlos über die mit den Maschinen und Anlagen verbundenen Aktoren vornehmen. Die Förderung der Flexibilität eines Unternehmens im Rahmen von Industrie 4.0 ist das Hauptziel des ecoFlex-Tools [9]. Es berechnet die wichtigsten Indikatoren für die Flexibilität von Produktionsanlagen und Organisationseinheiten in Bezug auf Änderungen der Produktionsumgebung. Damit können Produktionseinrichtungen, bei denen die Ressourceneffizienz verbessert werden muss, identifiziert werden.

4 Zusammenfassung und Fazit

Industrie 4.0 steht für eine smarte Fabrik und stellt neue Anforderungen an die IT-Infrastruktur, die neue Ingenieurmethoden brauchen. Unser Ziel ist, möglichst schnell ein Virtuelles Abbild einer Anlage zu generieren. Dieses lässt sich dann für die Fabrik- und Prozessplanung, Produktionsüberwachung und Training einsetzen. Eine der größten Herausforderungen ist dabei die automatisierte Aufbereitung großer, heterogener Datenmengen, deren Herkunft und Bedeutung in Echtzeit interpretiert und weiterverarbeitet werden müssen. In dem Industrie 4.0 Collaboration Lab werden zu diesem Thema Projekte durchgeführt, wobei die neuen Ingenieurmethoden ausprobiert und in der Bildung und Industrie transferiert werden.

Danksagung

Ich bedanke mich bei meinen Mitarbeiter für die herausragende Forschungsarbeit der aufgeführten Anwendungsfälle und der Unterstützung bei dieser Publikation. Ein Dank geht auch an die Kooperationspartner des *Industrie 4.0 Collaboration Labs* für die intensive Zusammenarbeit.

Literaturangaben

[1] Digitalverband Bitkom: Jedem dritten Produktionsbetrieb ist Industrie 4.0 kein Begriff, 2015, URL: www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Jedem-dritten-Produktionsbetrieb-ist-Industrie-40-kein-Begriff.html [11.10.2015]

[2] Häfner, P.; Dücker, J.; Ovtcharova, J.: Virtual Reality für den Mittelstand, 18. IFF-Wissenschaftstage in Magdeburg 2015, Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, 2015, S. 233-237

[3] Ovtcharova, J.;Häfner, P.; Häfner, V.; Katicic, J., Vinke, C.: Innovation braucht Resourceful Humans - Aufbruch in eine neue Arbeitskultur durch Virtual Engineering, In: Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Alfons Botthof Ernst Andreas Hartmann Hrsg., Springer Vieweg, 2015.

[4] Handfest, A.: Intuitive Bedienkonzepte für Werkzeugmaschinen mit dem Einsatz von VR Technologien wie ForceFeedback zum Rapid Physical Prototyping, Masterarbeit am Karlsruher Institut für Technologie, 2014

[5] Häfner, V.: PolyVR-A Virtual Reality Authoring System, In EuroVR 2014-Conference and Exhibition of the European Association of Virtual and Augmented Reality (pp. 83-87), The Eurographics Association, 2014

[6] Wicaksono, H.; Prohl, E. V.; Ovtcharova, J.: Hyper heuristic based production process scheduling to improve productivity in sustainable manufacturing, 22nd International Conference on Production Research (ICPR 22), Iguassu Falls, Brazil, 2013

[7] Wicaksono, H.; Jost, F.; Rogalski, S.; Ovtcharova, J.: Energy Efficiency Evaluation in Manufacturing through an Ontology-Represented Knowledge Base, International Journal Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, John Wiley and Sons, 2014, S. 1099-1174

[8] Wicaksono, H.; Ovtcharova, J.: Energy Consumption Regulation and Optimization in Discrete Manufacturing through Semi-automatic Knowledge Generation using Data Mining, 10th Global Conference of Sustainable Manufacturing (GCSM), Istanbul, Turkey, 2012

[9] Rogalski, S.; Wicaksono, H.: Handling Resource Efficiency in Production of Small and Medium sized Enterprises, 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE 2012), Munich, Germany, 2012

Head-Mounted-Display-basierte Programmierung von Industrierobotern

Kiesel, M.[1]; Beisheim, N.[2]

[1] Hochschule Albstadt-Sigmaringen, akademischer Mitarbeiter

[2] Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Professur Rechnergestützte Produkterstellung

Abstract

Die virtuelle Inbetriebnahme gewinnt durch die immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten und die stark anwachsende Anzahl an Produktvarianten einen immer größer werdenden Einfluss. Das vorgestellte Projekt erweitert die Möglichkeiten der virtuellen Inbetriebnahme unter Verwendung neuester Technologien.

Das Ziel des Projektes ist die Integration der Teach-In-Roboterprogrammierung in die virtuelle Inbetriebnahme. Dem Roboterprogrammierer wird dabei eine möglichst gewohnte Programmierumgebung zur Verfügung gestellt und diese mit den Vorteilen der Virtuellen Realität angereichert.

1 Einleitung

Die Programmierung von Industrierobotern gehört üblicherweise zu den letzten Schritten, welche in einem Projekt durchgeführt werden. Durch Verzögerungen im Gesamtprojekt kommt es daher sehr oft zu zeitlichen Engpässen bei diesem Prozessschritt. Im Zuge der virtuellen Inbetriebnahme von Produktionsanlagen mit Robotern muss daher versucht werden, den Prozess der Programmierung zu virtualisieren. Die daraus resultierende Parallelisierung der Programmierarbeit zum Aufbau der realen Anlage generiert eine bessere Termintreue, sowie eine Reduktion von Fehlern.

Um die Einstiegshürde auch für KMUs nicht zu hoch zu gestalten, werden zwei Ansätze zur Kostensenkung verfolgt. Der erste Ansatz ist, bisheriges Bedienpersonal auch ohne großen Schulungsaufwand in den Prozess einzubinden. Das wird durch den Einsatz von bekannten Oberflächen und die Nachbildung des bisherigen Programmierprozesses erreicht. Der zweite Ansatz ist die Verwendung von kostengünstiger Soft- und Hardware, welche bisher überwiegend im Privatkundenbereich eingesetzt wird. Hierzu zählen beispielsweise günstige Head-Mounted-Displays (kurz: HMD), welche derzeit bereits als Entwicklerversionen frei verfügbar sind.

2 Implementierung einer Head-Mounted-Display-basierten Programmierung von Industrierobotern

Die Programmierung von Industrierobotern in der virtuellen Realität ist ein wichtiger Schritt, um die virtuelle Inbetriebnahme von Maschinen und Produktionslinien inkl. der Handhabungstechnik als Gesamtsystem zu ermöglichen. Allerdings sind die Bedienkonzepte der Programmierung von Robotern nicht für den Einsatz in Kombination mit einem HMD geeignet. Im ersten Schritt des Projektes wurden daher verschiedene Bedienkonzepte entwickelt. Ein wichtiger Indikator für die Eignung eines solchen Konzepts ist der Einfluss auf die grafische Leistungsfähigkeit des Computersystems. Eine stark absinkende Leistungsfähigkeit während der Bedienung macht einen praktischen Einsatz unmöglich, da der Anspruch an die Wiederholrate der Bilder für HMDs sehr hoch ausfällt. Eine hohe Wiederholrate ist für eine ruckelfreie Darstellung der Simulation und wegen des ansonsten auftretenden Unwohlseins sehr wichtig.

2.1 Bedienkonzepte

Da das Expertenwissen der bisherigen Roboterprogrammierer essentiell für den praktischen Einsatz eines solchen Systems ist, soll die Simulation in weiten Teilen dem Programmieren an realen Robotern folgen. Die Einarbeitungszeit in das System ist somit dann auch sehr gering, und vorhandenes Wissen kann problemlos weiter genutzt werden. Eine Software-in-the-Loop-Simulation[1] (kurz: SiLS) ist als Lösung gut geeignet, da Sie die originale NC abbildet. Um die Interaktion mit einer solchen SiLS auch im virtuellen Raum zu ermöglichen, wurden zwei mögliche Konzepte untersucht.

2.1.1 Konzept 1: Visualisierung der Programmieroberfläche via Image-Capturing

Das erste Konzept basiert auf der Möglichkeit, eine Windowsoberfläche als Bild abzugreifen (Image-Capturing) und diesen Datenstrom in der virtuellen Realität zu visualisieren. Dabei wird der Inhalt des Datenstroms auf ein beliebiges Objekt projiziert. Der Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Systems ist hierbei stark abhängig von der Frequenz des Abgriffs, der Auflösung der Quelle und der übertragenen Auflösung. Dieses Konzept lässt sich somit über die gegebenen Parameter indivi-

[1] Software-in-the-Loop-Simulation: Verfahren, bei dem der NC-Kern einer Steuerung in eine Simulationsumgebung eingebettet wird, um steuerungsspezifische NC-Teileprogramme zu simulieren. vgl. [1]

duell auf die zur Verfügung stehende Leistungsfähigkeit der beteiligten Rechner und des Netzwerks einstellen.

2.1.2 Konzept 2: Visualisierung der Programmieroberfläche via Webcam

Ein weiteres Konzept basiert auf der Möglichkeit, die Programmieroberfläche via Kamera-Live-Feed von einer Webcam in die virtuelle Realität zu übertragen. Die Webcam muss hierfür am HMD angebracht werden. Ein Synergieeffekt dieser Methode ist die Möglichkeit des Umschaltens zwischen virtueller und realer Welt. Eine problemlose Interaktion mit der Umwelt ist jedoch nur durch die Verwendung von zwei Webcams bzw. einer stereoskopisch aufzeichnenden Webcam erreichbar. Um darüber hinaus ein möglichst natürliches Sehen und Arbeiten zu ermöglichen, müssen die Aktualisierungsfrequenz und die Auflösung sehr hoch gewählt werden. Diese Anforderungen wirken sich jedoch stark nachteilig auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems aus.

2.2 Versuchsaufbau

Der verwendete Versuchsaufbau ist Bild 1 dargestellt. Mit (1) ist hierbei der Visualisierungsrechner bezeichnet, welcher die Simulation auf dem HMD (3) darstellt, sowie die Bewegung durch Tracking des HMDs ermöglicht. Auf dem mit (2) bezeichneten Rechner läuft die SiLS des Industrieroboters. Die beiden Rechner sind über Ethernet miteinander vernetzt. Die Kommunikation zwischen den beiden Rechnern erfolgt über ein speziell entworfenes Protokoll, welches eine maximale Geschwindigkeit der Datenübertragung garantiert. Der Vorteil einer solchen Konstellation ist die einfache Ersetzbarkeit von Teilsystemen sowie die einfache Erweiterbarkeit durch weitere SiLS-Systeme.

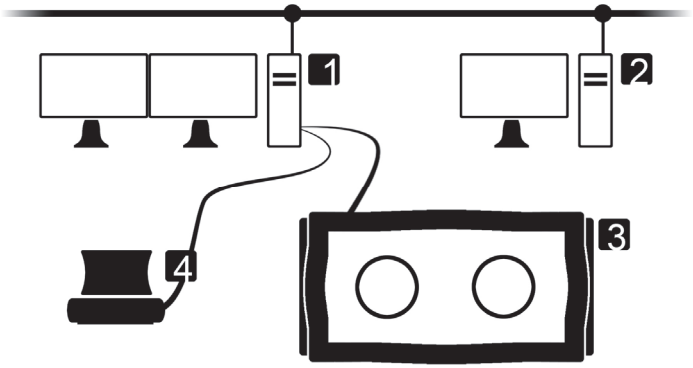


Bild 1: Versuchsaufbau der Simulation

Die Steuerung des virtuellen Kopfes erfolgt über die Sensorik des HMDs. Um sich unabhängig davon jedoch durch die Simulation bewegen zu können, muss ein weiteres Bewegungskonzept ausgewählt und implementiert werden. Hierfür wird aufgrund der hohen Abdeckung an Freiheitsgraden eine 3D-Maus verwendet.

2.3 Technische Umsetzung

2.3.1 Umsetzung des Bedienkonzeptes

Wie einleitend erwähnt, ist der Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der bestimmende Faktor. Basierend auf der besseren Adaptierbarkeit für das jeweilige System wurde deshalb das erste Bedienkonzept realisiert. Um den Implementierungsaufwand so gering wie möglich zu gestalten, wird ein Visualisierungssystem gewählt, welches die Integration von HMDs bereits zur Verfügung stellt. Somit sind einige der benötigten Grundfunktionalitäten bereits abgedeckt und es müssen nur noch die noch zusätzlich benötigten Funktionalitäten implementiert werden.

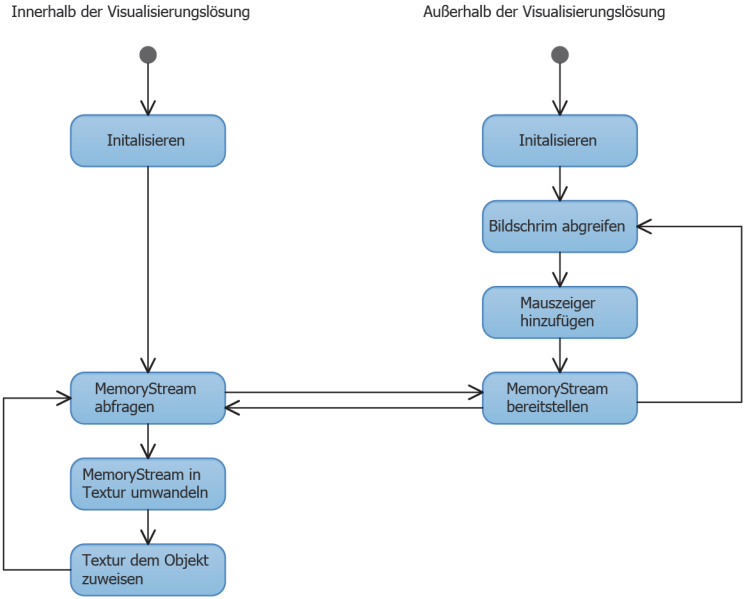


Bild 2: Vereinfachtes Aktivitätsdiagramm des Bedienkonzeptes

Aus Bild 2 wird ersichtlich, dass das Bedienkonzept in zwei Funktionsbereiche aufgeteilt werden muss. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass der Abgriff der Windowsoberfläche als Datenstrom möglichst unabhängig vom Hauptprozess laufen muss, um die Beeinflussung der Hauptanwendung zu reduzieren.

Der Bildschirmabgriff erfolgt daher außerhalb der Visualisierungslösung. Es lassen sich jedoch aus dem Visualisierungssystem heraus einige Parameter anpassen. Diese Parameter steuern unter anderem die Auswahl des Bildschirms, der abgegriffen werden soll, das Grafikformat[2] des erzeugten Bildes, die Zielauflösung des Bildes sowie die Frequenz des Abgriffs. Es ist meist sinnvoll, die Zielauflösung gegenüber der Originalauflösung zu reduzieren, da die Übertragung auf die Grafikkarte sehr viel Leistung benötigt. Das Bild wird nach dem Abgriff und der eventuellen Reduzierung in Form eines Memory Streams[3] abgelegt und so dem Visualisierungssystem zur Verfügung gestellt.

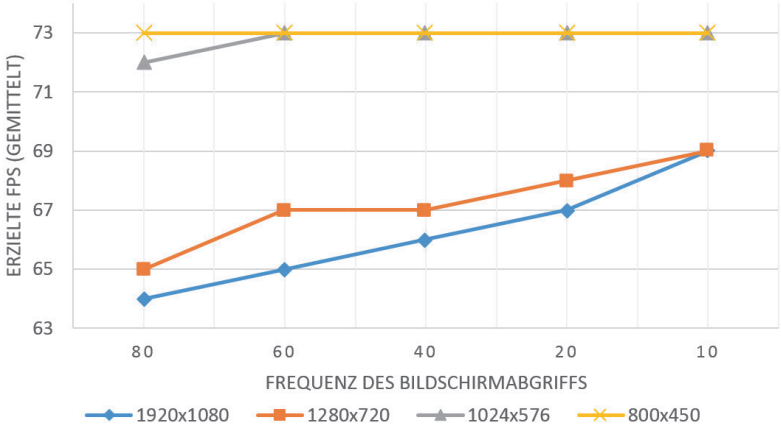


Bild 3: Auswertung von Auflösung und Frequenz auf die Leistungsfähigkeit

Der Einfluss der Zielauflösung und der Frequenz des Bildschirmabgriffs sind in Bild 3 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass mit abnehmender Auflösung der Einfluss der Frequenz deutlich geringer wird bzw. ganz verschwindet.

Innerhalb des Visualisierungssystems wird der Memory Stream aufgegriffen. Um den Inhalt jedoch visualisieren zu können, wird der Memory Stream in eine Textur[4] umgewandelt. Diese Textur wird anschließend zur Darstellung an die Grafikkarte übergeben.

---

[2] Grafikformate sind eine Untermenge der Dateiformate, welche den Aufbau einer Bilddatei beschreiben.

[3] Als Memory Stream wird ein Datenstrom bezeichnet, für den der Arbeitsspeicher als Hintergrundspeicher verwendet wird. vgl. [2]

[4] "kleines Bild, das, ähnlich wie eine Fliese, ein wiederkehrendes Muster enthält. Texturen werden in der Computergrafik verwendet, um größere 3D-Modelle zu bedecken, damit diese realistisch aussehen. Der Vorteil einer Textur besteht darin, dass diese nur einmal gespeichert werden muss und mehrfach in einer Computergrafik verwendet werden kann. Mit Texturen lassen sich nahezu alle Materialbeschaffenheiten, die in der Realität vorkommen, auf computerberechnete 3D-Modelle übertragen." [3]

2.3.2 Anbindung der Software-in-the-Loop-Simulation

Die SiLS läuft auf einem separaten Rechner. Somit lässt sich die Rechenlast verteilen und ein Austausch von Teilsystemen bzw. die Erweiterung des Gesamtsystems ist problemlos möglich. Die Kommunikation zwischen den beiden Programmen erfolgt über eine Socket[5]-Kommunikation. Die ankommenden Daten werden innerhalb des Visualisierungssystems in Bewegungen des Industrieroboters umgewandelt. Die Kommunikation findet dabei bidirektional statt, somit ist eine Rückkopplung von z.B. (virtuellen) Sensorwerten an die Robotersteuerung möglich.

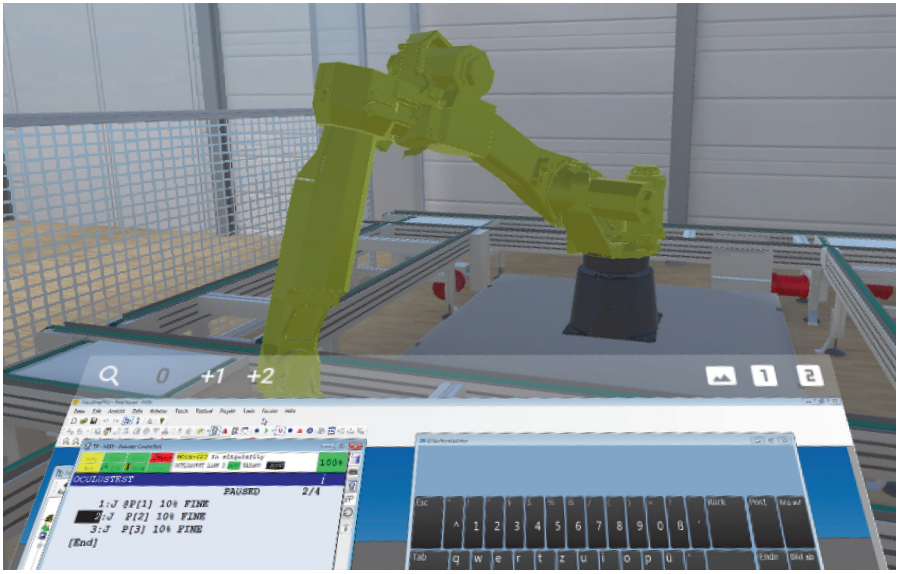


Bild 4: Virtueller Industrieroboter mit Programmierpanel

Der in Bild 4 dargestellte Industrieroboter wird durch die SiLS gesteuert, die Darstellung erfolgt durch das Visualisierungssystem. Das in Punkt 2.3.1 beschriebene Bedienkonzept ist hier ebenfalls dargestellt. Der untere Bildbereich ist der Sekundärmonitor des Visualisierungsrechners, welcher wiederum über eine Remotedesktopverbindung auf den SiLS-Rechner weitergeschaltet ist. Die Bedienung der SiLS erfolgt regulär über die Maus des Visualisierungsrechners bzw. die Maus des SiLS-Rechners selbst. Da eine Benutzung einer Tastatur unter Verwendung eines HMDs kaum möglich ist, wird eine virtuelle Tastatur verwendet.

---

[5] Ein Socket bezeichnet den logischen Endpunkt einer Verbindung und ist über die Datenstruktur definiert. Bekannte Applikationen, die ein Socket-Interface benutzen, sind TCP/IP, HTTP. vgl. [4]

2.3.3 Zusatzfunktionen

Da die bisherigen HMDs in der Auflösung stark limitiert sind, ist es zum Teil nur schwer möglich, sehr klein dargestellte Texte zu lesen. Daher wurde eine Vergrößerungsfunktion implementiert.

Der grundsätzliche Aufbau dieser Vergrößerungsfunktion ist in Bild 5 dargestellt. Aus den Eckpunkten (P1, P2 und P4) des „virtuellen Bildschirms“ wird ein zweidimensionales Koordinatensystem berechnet, welches als Grundlage für die Berechnung der Vergrößerung dient.

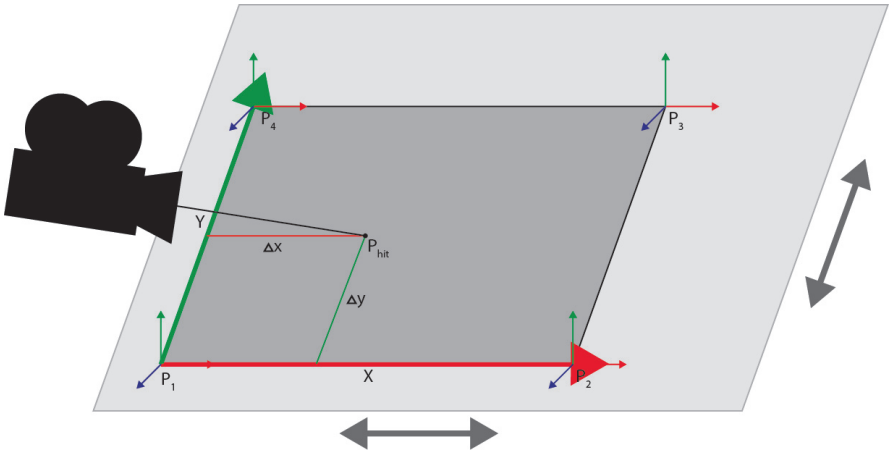


Bild 5: Grundsätzlicher Aufbau der Vergrößerungsfunktion

Die Verschiebung des vergrößerten Bildes wird durch das HMD gesteuert. Hierfür wird aus dem Zentrum der virtuellen Kamera ein unsichtbarer Strahl (Ray) ausgesendet. Dieser durchdringt die Oberfläche des virtuellen Bildschirms an Position P_{hit}. Durch die Projektion dieses Punktes auf die X und Y Achse lassen sich die Verschiebevektoren für das vergrößerte Bild bestimmen.

Die berechneten Daten werden anschließend dem Shader[6] übergeben, welcher die Darstellung des virtuellen Bildschirms verändert. Hierzu verschiebt der Shader das Bild im virtuellen Raum. Der virtuelle Bildschirm fungiert somit als Fenster, durch welches nur der gewählte Ausschnitt sichtbar ist.

---

[6] "von engl. shading, Hard- oder Softwaremodul, das bei der dreidimensionalen Darstellung computergenerierter Bilder die Schatten von Objekten berechnet und so für eine realistischere Darstellung sorgt." [5]

Um die Vorteile eines virtuellen Modells aufzuzeigen, wurden zusätzliche virtuelle Kameras am Roboter angebracht. Diese Kameras werden mit dem Industrieroboter mitbewegt. Eine typische Position einer solchen Kamera wäre beispielsweise zentral über dem Werkzeug. Der Benutzer kann sich entweder auf einem weiteren virtuellen Bildschirm diese Ansichten anzeigen lassen oder selbst diese Kameraposition einnehmen. Es lässt sich somit ein Vorteil bei der Positionierung von Werkzeugen, bei der optischen Kollisionskontrolle und bei der Optimierung von Verfahrwegen des Industrieroboters generieren.

Da die virtuellen Kameras meist sehr nahe an den Objekten angebracht werden müssen, ist es notwendig, die Parallaxe[7] anzupassen. Ein Fokussieren der Objekte ist ansonsten für den Nutzer der Simulation nicht möglich. Eine schematische Darstellung von vier möglichen virtuellen Kamerapositionen ist in Bild 6 abgebildet. Es lassen sich jedoch beliebige Positionen definieren, welche einem produktiven Arbeiten des Roboterprogrammierers zuträglich sind.

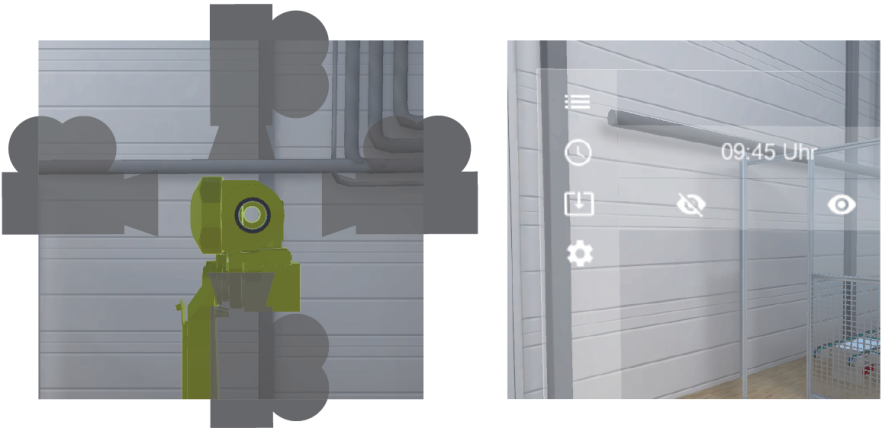


Bild 6: virtuelle Kameras und Menüstruktur

Da die Steuerung der Simulation so intuitiv wie möglich gestaltet werden soll, wurde eine Menüstruktur implementiert, welche auf Kopfbewegungen reagiert. Teile dieser Menüstruktur sind in Bild 4 sowie Bild 6 dargestellt. So lassen sich durch längeres Anschauen der Menüpunkte die zugrundeliegenden Aktionen auslösen. Das Ein- und Ausblenden des virtuellen Monitors, die Änderungen der gewählten Vergrößerung und die Auswahl des dargestellten Bildschirms sind nur einige Funktionen, die auf diese Weise steuerbar sind.

[7] „Winkel, der entsteht, wenn ein Objekt von zwei verschiedenen Standorten aus betrachtet wird, und der als scheinbare Verschiebung des Objekts vor dem Hintergrund zu beobachten ist.“ [6]

3 Ausblick

Das vorgestellte Konzept kann durch die Verbindung mit weiteren Technologien noch verbessert werden. Auch der technische Fortschritt im Bereich der HMDs hilft, weitere Verbesserungen vorzunehmen. Wichtige Technologien, die den Umgang mit einer solchen Simulation verbessern könnten, sind:

- Gestensteuerung

  Derzeit am Markt verfügbare Systeme zur Erkennung von Gesten lassen sich bereits mit der virtuellen Realität verbinden. Jedoch ist die Zuverlässigkeit noch zu gering, als dass ein produktiver Einsatz möglich wäre. Kommende Versionen dieser Geräte könnten jedoch einen deutlichen Mehrwert generieren.

- Tracking

  Unter Tracking versteht man das Erfassen und Auswerten von Bewegungsinformationen. Da eine solche Erfassung bereits bei HMDs durchgeführt wird, ist es einfach, diese auf weitere Gliedmaße zu übertragen. Mit den kommenden Versionen von HMDs werden bereits solche Eingabegeräte verfügbar sein. Die Interaktion mit den virtuellen Modellen kann somit drastisch vereinfacht werden.

- Voice-Control

  Durch die Verbindung der Simulation mit einer Spracherkennung kann eine weitere Art der Interaktion mit dem Modell geschaffen werden. Dabei werden Sprachbefehle vom Rechner interpretiert und in der Simulation ausgeführt. Nützlich wäre eine solche Technologie beispielsweise beim Ein- und Ausblenden von Objekten.

- Augmented Reality

  Das kollaborative Arbeiten mehrerer Personen mit HMDs ist nur schwer möglich. In Anwendungsgebieten, die das erfordern, muss über andere Konzepte nachgedacht werden. Hier könnten in Zukunft überwiegend Augmented Reality-Systeme zum Einsatz kommen. Jedoch sind bisherige Systeme nicht leistungsfähig genug, um einen solchen Einsatz wirtschaftlich zu rechtfertigen.

Durch den zunehmenden Einsatz von VR- und AR-Technologien in Privatkundenbereichen wird der Fortschritt der Technik sehr schnell vorangetrieben. Neue Anwendungsgebiete im industriellen Umfeld lassen sich somit in absehbarer Zeit erschließen.

Literaturangaben

[1] Klimant, P.: Virtual-Reality-gestützte Kinematik- und Materialabtragssimulation für Fräsmaschinen mittels Hardware-in-the-Loop. Verl. Wiss. Scripten, Auerbach / V., 2013

[2] Microsoft Corporation: MemoryStream-Klasse. https://msdn.microsoft.com/de-de/library/system.io.memorystream, 19.10.2015.

[3] Siepermann, M.: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Textur, 22.10.2015.

[4] DATACOM Buchverlag GmbH: Socket. http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Socket-socket.html, 19.10.2015.

[5] Lackes, R.: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Shader. http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/shader.html, 20.10.2015.

[6] Bibliographisches Institut GmbH: Parallaxe. http://www.duden.de/rechtschreibung/Parallaxe, 20.10.2015.

Session B

Anwendungen von Virtual Reality

VR als Kommunikationsmittel der Fabrikplanung

Weidig, C.[1]; Aurich, J.C.[1]

[1] Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation, TU Kaiserslautern

Abstract

Fabrikplanungsprojekte zeichnen sich durch die Einbindung einer Vielzahl an Fachspezialisten aus. Um die Kommunikation in solchen multidisziplinären Planungsteams zu unterstützen bietet sich die immersive Visualisierung von Fabrikmodellen als Diskussionsgrundlage an. Die am FBK hierfür entwickelte Methode der VR-unterstützen Layoutplanung, sowie die Weiterentwicklungen des VR-unterstützten kontinuierlichen Verbesserungsprozesses und der VR-unterstützten kollaborativen Fabrikplanung, werden in diesem Beitrag vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird dabei darauf gelegt, wie die VR-unterstützen Methoden im teamzentrierten Planungsprozess eingebunden sind und somit die Kommunikation im Planungsteam fördern.

1 Herausforderungen virtueller Fabrikplanung

1.1 Virtuelle Techniken zur Unterstützung der Fabrikplanung

Fabrikplanungsprojekte zeichnen sich durch die Einbindung einer Vielzahl von Planungsbeteiligten, die im Detail jeweils unterschiedliche Zielstellungen verfolgen, aus [1]. Typischerweise müssen die spezifischen Fragestellungen der Produktionstechnik, Arbeitsorganisation, Logistik, Produktentwicklung, Instandhaltung und Werkssicherheit unter Einbeziehung von wirtschaftlichen Gesichtspunkten berücksichtigt werden. Bei komplexen Planungsprojekten sind in der Regel ebenfalls Anforderungen externer Zulieferer und Kunden während des Planungsprozesses zu berücksichtigen [2]. Nur durch die Einbindung aller betreffenden Fachabteilungen und Fachexperten können diese vielfältigen Aspekte der Fabrikplanung berücksichtigt werden. Erst durch gemeinsam durchgeführte Planungsaktivitäten unter Einbeziehung von komplementären, multidisziplinären Kompetenzen können nachhaltige und allen Anforderungen entsprechende Fabriken geplant werden [3]. Die Kommu-

nikation zwischen Mitarbeitern und der Austausch von Fachwissen stellen dabei Schlüsselfaktoren für erfolgreich umgesetzte Fabrikplanungsprojekte dar [4].

Zur Unterstützung der Fabrikplanung existieren zahlreiche virtuellen Techniken welche für verschiedene Anwendungsfelder bereits erfolgreich eingesetzt werden (Bild 1). Es können für nahezu sämtliche Fabrikplanungsphasen passende virtuelle Methoden und Technologien identifiziert werden, die jeweils aufgrund ihrer spezifischen Charakteristik Vorteile bei der Fabrikplanung bieten [5].

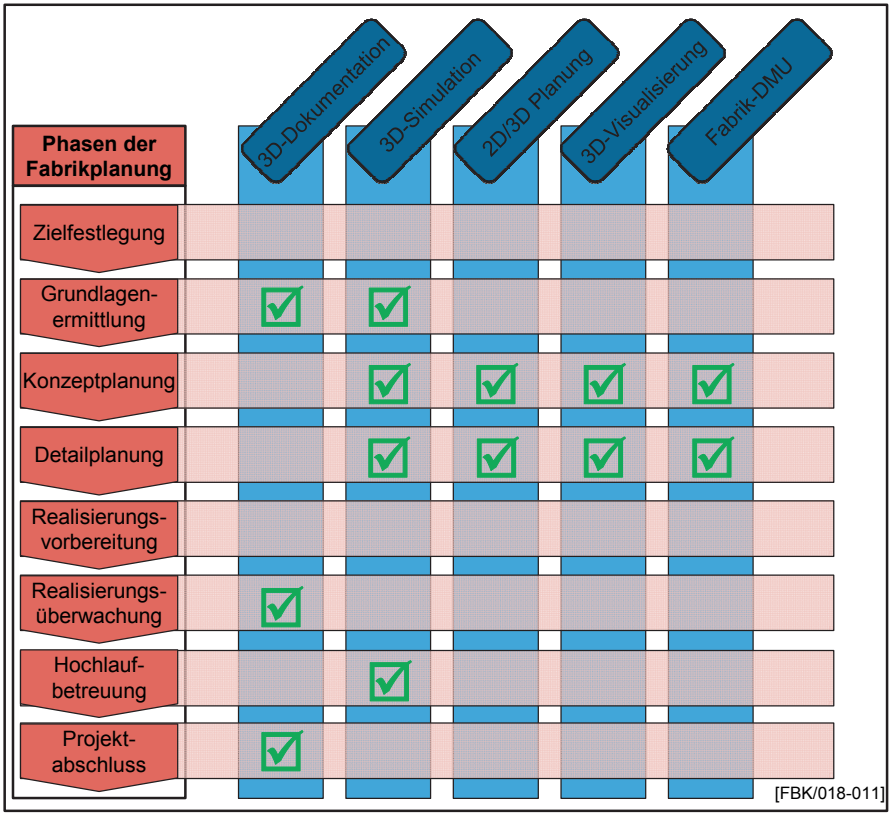


Bild 1: Virtuelle Techniken in der Fabrikplanung [5]

Die Bandbreite an eingesetzten Methoden ist groß und reicht von CAD-Auswertungen, über Simulationen, Verhaltensmodellierungen und 3D-Visualisierungslösungen, bis hin zu AR-Anwendungen. Zur industriell erfolgreichen Anwendung von virtuellen Techniken bei der Fabrikplanung ist jedoch neben der Auswahl von passenden Methoden und Softwaretools die Integration in standardisierte Planungsprozesse von zentraler Bedeutung [5].

1.2 Multidisziplinäre Zusammenarbeit während der Fabrikplanung

Die Wiederverwendung von vorhandenen Best-Practice Lösungen ist ein Ziel der Softwaretools der Digitalen Fabrik. Damit einher geht die Bestrebung, Fabrikplanungsprojekte schneller und mit einer höheren Planungsqualität durchzuführen. Durch das systematische Erfassen, Aufbereiten und Speichern von Informationen können Nutzer gezielt auf bereits vorhandene Ergebnisse und erarbeitete Lösungen zurückgreifen. Dies vereinfacht die Lösungsfindung in multidisziplinären Fabrikplanungsteams und fördert eine kollaborative Arbeitsweise [6]. Neben der reinen Datenverfügbarkeit stellen die Kreativität, das Wissen und die fachlichen Fähigkeiten von Fabrikplanungsbeteiligten die zentralen Ressourcen zur Erarbeitung eines multidisziplinären Problemverständnisses bei der Fabrikplanung dar [7]. Eine Möglichkeit implizites, intrinsisches Mitarbeiterwissen zu formalisieren ist die Nutzung von Wissensmanagementsystemen. Dabei werden Erkenntnisse aus früheren Planungsprojekten und Fachwissen gesammelt, strukturiert und unter Berücksichtigung von semantischen Beziehungen gespeichert. Somit wird es möglich automatisiert auf konkretes Wissen zuzugreifen. Wissensmanagementsysteme benötigen jedoch in der Regel komplexe Modelle zur Speicherung von Informationen und liefern darüber hinaus nur für ähnliche Problemstellungen brauchbare Ergebnisse [8].

Im Gegensatz zu Wissensmanagementsystemen wird die Virtuelle Realität (VR) als intuitives Kommunikationsmittel der Fabrikplanung eingesetzt. Die VR wird genutzt um die direkte, persönliche Kommunikation im Planungsteam anzuregen und die domänenübergreifende Problemvermittlung zu unterstützen [9]. Hierfür bedarf es klarer Arbeitsabläufe, in welche virtuelle Methoden zur Unterstützung der teamzentrierten Lösungsfindung eingebunden sind. Dieser Ansatz wird in diesem Beitrag näher betrachtet.

Etablierte domänenspezifische Planungswerkzeuge (z.B. zur CAD-Layoutplanung, Materialflusssimulation, BIM) unterstützen zwar die Kollaboration innerhalb der betreffenden Domäne, stellen für multidisziplinäre Planungsteams aber keine geeignete Diskussionsgrundlage dar. Dies ist darin begründet, dass Planungsbeteiligte aufgrund ihrer unterschiedlichen Fachkenntnisse, Erfahrung und Zielstellungen Lösungsvorschläge häufig unterschiedlich wahrnehmen und bewerten [10]. So zielen Logistiker bei der Layoutplanung beispielweise darauf ab möglichst kurze Transportwege und hohe realisierbare Transportgeschwindigkeiten zu ermöglichen, wohingegen Sicherheitsbeauftragte den innerbetrieblichen Transport risikoarm gestalten möchten. Domänenspezifische Planungswerkzeuge fokussieren aufgrund ihrer Auslegung in der Regel auf die Hauptzielstellungen der Fachdisziplin und eignen sich daher nur bedingt, Problemstellungen aus mehreren Perspektiven zu analysieren und ganzheitliche Lösungen zu entwickeln.

Um komplexe Problemstellungen der Fabrikplanung trotzdem hinsichtlich unterschiedlicher Perspektiven und konkurrierender Zielstellungen im Planungsteam analysieren und bewerten zu können, bietet sich der Einsatz VR-unterstützer Planungsprozesse an [11]. Die realitätsnahe Visualisierung von Fabrikmodellen erlaubt es jedem Planungsbeteiligten sich ein eigenes Bild des aktuellen Planungsstandes zu machen. Dabei kann jeder Planungsbeteiligte sein Augenmerk auf seine subjektive Zielstellung legen sowie gleichzeitig domänenübergreifende Problemstellungen identifizieren und direkt ansprechen. Somit stellt die gemeinsame Begutachtung des virtuellen Fabrikabbilds eine ideale Ausgangsbasis zur domänenübergreifenden Diskussion und Problemlösung dar, wodurch Kommunikationsprobleme vermieden werden können und die Planungsqualität zunimmt [12].

2 VR-unterstütze Planungsmethoden für Fabrikplanungsteams

Als ein zentraler Planungsprozess der Fabrikplanung bietet sich die Layoutplanung an, um durch VR Techniken unterstützt zu werden. Adressiert wird dabei die multidisziplinäre Analyse und Diskussion von Fabriklayouts im Planungsteam. Zur Erstellung von Fabriklayouts werden die Planungsergebnisse von unterschiedlichen Fachabteilungen benötigt und zu einem gemeinsamen Fabrikentwurf zusammengefasst. Dabei müssen unterschiedliche Bereiche (Arbeitsplätze, Lager, etc.) und unterschiedliche Funktionen der Fabrik (Ver- und Entsorgung, Materialfluss, etc.) mit ihren Wechselwirkungen betrachtet werden. Gleichzeitig verfolgen die Planungsbeteiligten fachspezifische, oftmals konkurrierende Zielstellungen, die in Einklang gebracht werden müssen. Durch die gemeinsame Bewertung von Teillösungen im Planungsteam wird sichergestellt, dass sowohl eine persönliche Analyse aus Sichtweise einzelner Fachspezialisten und gleichzeitig die Betrachtung gemeinsamer Zielstellungen möglich ist.

Hierfür wurden am FBK mehrere Methoden entwickelt, die im Folgenden vorgestellt werden. Besonderes Augenmerk wird dabei darauf gelegt wie Planungsbeteiligte miteinbezogen werden und dadurch die Kommunikation im Fabrikplanungsprojekt verbessert wird. Basierend auf dem Konzept zur VR-unterstützen Layoutplanung werden anschließend die Methoden VR-unterstützer kontinuierlicher Verbesserungsprozess (VR-KVP) und VR-unterstütze kollaborative Fabrikplanung vorgestellt.

2.1 VR-unterstütze Layoutplanung

Die VR-unterstütze Layoutplanung besteht aus zwei Phasen. Zunächst werden von den Fachabteilungen Lösungsvorschläge für spezifische Problemstellungen erar-

beitet. Diese werden anschließend in ein gemeinsames Fabriklayout überführt und im Rahmen eines VR-unterstützten Workshops im Planungsteam diskutiert und bewertet.

Der VR-unterstütze Workshop stellt das Kernstück der Methode dar (Bild 2). Dabei geht es nicht um die Erarbeitung von Layoutentwürfen (dies geschieht im Vorfeld) sondern um die Bewertung von Lösungsvorschlägen aus unterschiedlichen Sichtweisen. Das Fabriklayout (ein VR-Modell in 3D) stellt den Diskussionsgegenstand dar, anhand derer die Planungsbeteiligten ihre Ideen im Workshop vorstellen. Es wird hierfür am FBK in einer voll-immersiven VR-Anlage, einer CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), visualisiert. Da mehrere Fabrikplanungsteilnehmer gleichzeitig die CAVE nutzen können (je nach Größe der Anlage 2-5 Teilnehmer), erfolgt die Vorstellung von Layoutvorschlägen unter direkter Interaktion mit dem virtuellen Modell und dem Planungsteam. Unklarheiten können so unmittelbar angesprochen und beseitigt werden. Basierend auf dieser intuitiven Darstellung von Ideen erfolgt dann im Anschluss die gemeinsame Bewertung von Lösungsvorschlägen. Verbesserungsvorschläge werden im Team erarbeitet und notiert. Diese werden im Anschluss an den Workshop von den betreffenden Fachplanern umgesetzt.

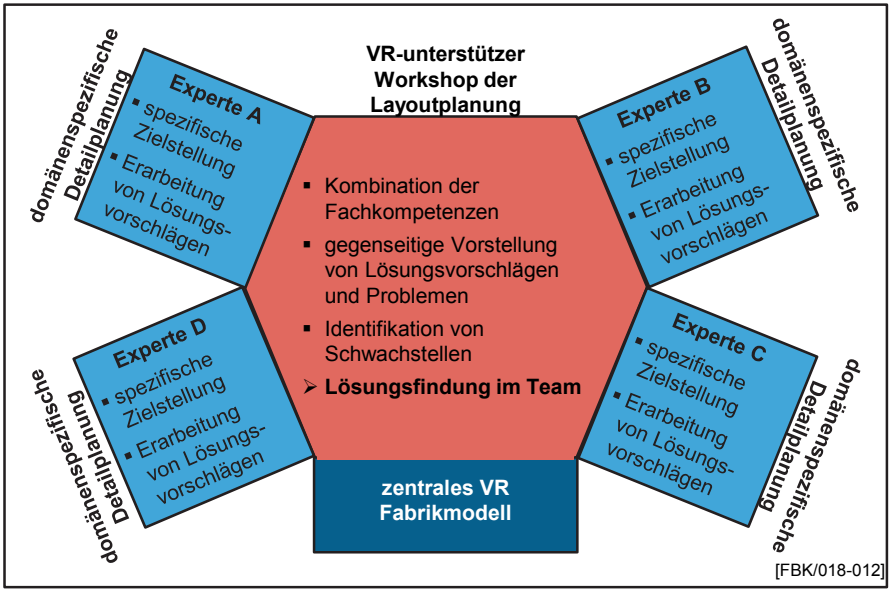


Bild 2: Arbeitsinhalte der VR-unterstützten Layoutplanung, in Anlehnung [13]

Domänenspezifische Softwaretools zur Detailplanung werden in dem Design-Review selbst nicht eingesetzt. Somit hat kein Planungsbeteiligter ein Alleinstellungsmerkmal durch die Kenntnis von spezialisierten Softwaretools – die Visualisie-

rung von Fabriklayouts eröffnet jedem Planungsbeteiligten seine eigene Sichtweise einzubringen. Nichts desto trotz werden domänenspezifische Softwaretools aufgrund ihrer Funktionalität und Reifegrades zur Erstellung der Fabriklayouts im Vorfeld des Workshops und zur Umsetzung der Ergebnisse des Workshops herangezogen.

2.2 VR-unterstützer kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Der VR-unterstütze kontinuierliche Verbesserungsprozess (VR-KVP) [14] stellt eine Abwandlung der VR-unterstützten Layoutplanung dar. Das Ziel des VR-KVPs ist es, Optimierungspotentiale die in einer bestehenden Fertigung identifiziert wurden, vor deren Umsetzung in der Realität an einem VR-Modell auszutesten. In der Regel geht es dabei um Optimierungen von Arbeitsplätzen (z.B. Umstellen oder Neuanschaffung von Betriebsmitteln) oder Abläufen (z.B. Änderungen bezüglich der Materialbereitstellung). So wird es möglich auf komplexe Eingriffe in die laufende Produktion zu verzichten und deren Auswirkungen bereits im Vorfeld der Umsetzung abzuschätzen. Größere Verbesserungsmaßnahmen, die eine Neuanordnung im Fabriklayout nach sich ziehen, können somit schneller und mit höherer Planungssicherheit durchgeführt werden. Folgende Vorteile können durch den VR-KVP erzielt werden:

- Bewertung, ob Verbesserungsmaßnahmen tatsächlich den gewünschten Nutzen erzielen.
- Vergleich mehrere alternativer Lösungsvorschläge direkt gegeneinander.
- Abschätzung des Aufwand-Nutzen Verhältnisses von Änderungen.

Das Vorgehen ist dabei an den klassischen KVP-Workshop angelehnt, mit dem Unterschied dass vor der realen Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen diese virtuell umgesetzt und bewertet werden (Bild 3). Da eine Layoutänderung im virtuellen Fabrikmodell verhältnismäßig einfach durchzuführen ist, bietet es sich an verschiedene Lösungsalternativen parallel zu entwickeln und in einem VR-KVP Workshop gegeneinander zu bewerten.

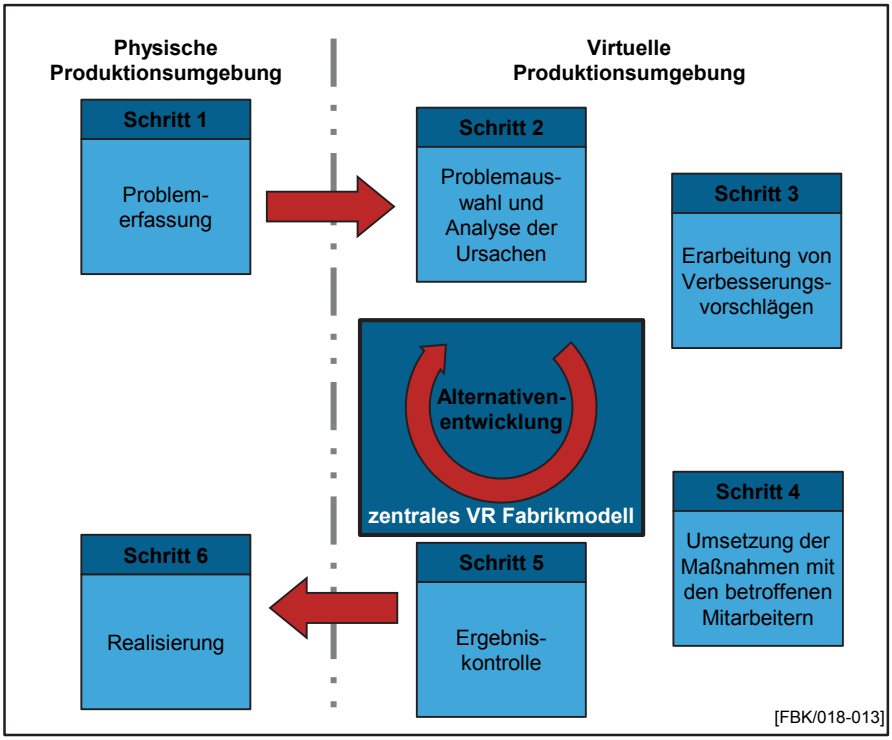


Bild 3: Ablauf eines VR-KVP Workshops, in Anlehnung [14]

Ein wesentlicher Aspekt des VR-KVPs ist die Beteiligung von Shop-Floor Mitarbeitern, die direkt in der Fertigung arbeiten, im Planungsteam. Durch deren Einbeziehung gelingt es Erfahrungen aus dem täglichen Betrieb der Fabrik zu nutzen und Verbesserungsvorschläge die aus dem täglichen Betrieb resultieren zu fördern. Shop-Floor Mitarbeiter setzten sich tagtäglich mit den Abläufen innerhalb der Fabrik auseinander und kennen dadurch Vor- und Nachteile des aktuellen Fabriklayouts sehr genau. Daher sind sie oftmals in der Lage Schwachstellen in der Produktion genau zu identifizieren und Verbesserungsmaßnahmen gezielt zu benennen. Durch die immersive Visualisierung von Verbesserungsvorschlägen sind sie weiterhin sehr gut in der Lage ihre Erfahrung mit existierenden Anlagen und Betriebsmitteln auf neue Layoutvorschläge zu übertragen. Dadurch wird es möglich den Nutzen von Verbesserungsmaßnahmen abzuschätzen, ohne aufwendige Simulationsverfahren anwenden zu müssen.

2.3 VR-unterstütze kollaborative Fabrikplanung

Global agierende Unternehmen mit weltweit verteilten Produktionsstandorten stellen zusätzliche Anforderungen an die Fabrikplanung.Fabrikplanungsspezialisten sind häufig zentralen Planungsabteilungen zugeordnet sollen aber lokale Anforderungen bei der Fabrikplanung berücksichtigen. Somit sind sie auf die Erfahrung und Mitarbeit von lokalen Planungsbeteiligten angewiesen. Die sich so ergebenden Fabrikplanungsteams sind daher über mehrere Standorte verteilt und benötigen dementsprechend geeignete Arbeitsprozesse und Softwaretools zur Unterstützung zur Bearbeitung der gemeinsamen Fabrikplanungsprojekte. Am FBK wurde dafür die Methode der VR-unterstützten kollaborativen Fabrikplanung entwickelt [13, 15].

Der Kerngedanke dabei ist es mehrere, global verteilte VR-Systeme zu vernetzen und in jedem VR-System denselben Stand des Fabrikmodells zu visualisieren (Bild 4). Durch die Vernetzung der VR-Systeme verhalten sich die Visualisierungen jeweils gleich (Änderungen am Fabrikmodell werden bspw. in Echtzeit synchronisiert), erlauben den Nutzern aber trotzdem die gewohnten Freiheitsgrade bei der persönlichen Analyse des Fabrikmodells (jeder Nutzer kann sich bspw. frei im Fabrikmodell bewegen und interagieren). Neben dem gemeinsam genutzten Fabrikmodell stellt die Vernetzung der Planungsbeteiligten selbst einen zentralen Bestandteil der Methode dar. Hierfür werden die Planungsbeteiligten in den zusammengeschalteten VR-Systemen jeweils durch einen Avatar repräsentiert. Der Avatar, dargestellt durch ein einfaches Menschmodell, vermittelt dem Nutzer dabei den Standort und den Blickwinkel der anderen Planungsbeteiligten. Somit können Nutzer direkt auf bestimmte Objekte und räumliche Beziehungen hinweisen. Zusätzlich sorgt ein Voice over IP System (VoIP) dafür dass die Planungsbeteiligten miteinander sprechen können.

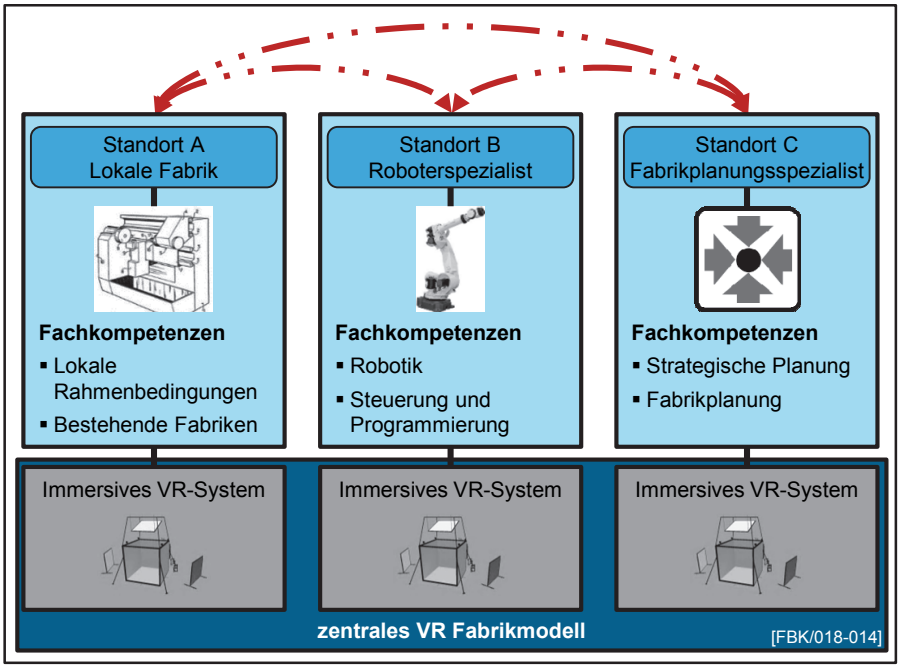


Bild 4: Beispielhaftes Setup der VR-unterstützen kollaborativen Fabrikplanung, in Anlehnung [13]

Durch ein solches VR-System zur verteilten Kollaboration gelingt es Planungsbeteiligte die sich an verschiedenen Standorten aufhalten zu einem virtuellen Planungsteam zusammenzuschalten. Somit ist es möglich Fachspezialisten gezielt zu vernetzen, so dass alle relevanten Kompetenzen und Erfahrungen in einem Planungsteam vertreten sind. Die bereits beschriebenen Methoden der VR-unterstützen Layoutplanung und des VR-KVPs können dadurch auf verteilte Planungsteams erweitert werden.

3 Fazit

Zur Beherrschung der hohen Komplexität von Fabrikplanungsprojekten sind unterschiedliche Fachspezialisten nötig, um eine gemeinsame Lösung zu finden, die allen Anforderungen an die Fabrik gerecht wird. Die Zusammenarbeit im Planungsteam kann durch die aufgezeigten VR Techniken und Methoden idealerweise unterstützt werden. Als Hauptziel der VR-unterstützten Methoden wird dabei die Vermittlung eines gemeinsamen Problemverständnisses erreicht. Dabei werden domä-

nenspezifische Detaillösungen und domänenspezifische Softwaretools nicht ersetzt, sondern gezielt durch VR-unterstütze Methoden erweitert.

Zur erfolgreichen Anwendung der VR-unterstützen Methoden stellt dabei die Implementierung in bestehende Unternehmensprozesse eine entscheidende Voraussetzung dar. VR Methoden sollten in tagtägliche Arbeitsweisen integriert werden und nicht nur im Spezialfall eingesetzt werden. Dadurch kann sowohl die Akzeptanz der Planungsbeteiligten erhöht werden, als auch die Vorbereitungszeit für VR-unterstütze Workshops gesenkt werden.

Viele der von den VR-unterstützen Methoden zur Fabrikplanung geforderten Funktionalitäten können die aktuell am Markt befindlichen Softwaretools bereits bereitstellen. Trotzdem stellt die Nutzung von Lösungsvorschlägen und Modellen einzelner domänenspezifischer Planungswerkzeuge in einem gemeinsamen VR Fabrikmodell oftmals eine Herausforderung dar, die softwaretechnisch noch nicht final gelöst ist. Zur VR-unterstützen kollaborativen Fabrikplanung sind erste Softwaredemonstratoren und Prototypen verfügbar. Diese liefern im Labormaßstab vielversprechende Ergebnisse und sind zur Validierung der entwickelten Methode geeignet. Für die industrielle Anwendung fehlen hierbei aber auch noch Funktionalitäten bezüglich der Wiederverwendung von Modellen und Nutzerfreundlichkeit.

Literaturangaben

[1] Grundig, C.-G.: Fabrikplanung Planungssystematik - Methoden - Anwendungen, Carl Hanser, München, 2013

[2] Gäse, T.; Günther, U.; Krauß, A.: Integrierte Struktur- und Layoutplanung. In: werkstattstechnik online, 2006, 96(5):314-320

[3] Denkena, B.; Woelk, P.-O.; Brandes, A.: Flexible Process Chains by Template Based Configuration. In: Annals of the German Academic Society for Production Engineering (WGP), Production Engineering, 2005, 12(2), S. 81-84

[4] Atreus interim management: Kommunikation in Projekten – Ergebnisse der empirischen Studie. Atreus GmbH, München, 2013, URL: http://www.atreus.de/fileadmin/templates/downloads/atreus/atreus-studie-kommunikation-in-projekten.pdf [06.10.2015]

[5] Runde, C.; Cannarozzi, M.: Virtuelle Techniken in der Fabrikplanung, VDC whitepaper,2015, URL: www.vdc-fellbach.de [05.10.2015]

[6] Landherr, M.; Neumann, M.; Volkmann, J.; Constantinescu, C.: Digitale Fabrik In: Westkämper, E.; Spath, D.; Constantinescu, C.; Lentes, J.: Digitale Produktion, Springer, Berlin, 2013, S.107-131

[7] *Chryssolouris, G.; Mavrikios, D.; Mourtzis, D.: Manufacturing Systems: Skills & Competencies for the Future. In: Procedia CIRP 7, 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2013: 17-24*

[8] *Efthymiou, K.; Sipsas, K; Mourtzis, D.; Chryssolouris, G.: On an integrated knowledge based framework for manufacturing systems early design phase. In: Procedia CIRP 9; 2nd CIRP Global Web Conference, 2013: 121-126*

[9] *Yang, X.; Deines, E.; Lauer, C.; Aurich, J.C.: A Human-centered Virtual Factory, In: Proceedings of the International Conference on Management Science and Industrial Engineering, IEEE, 2011: 1138-1142*

[10] *Lu, S.-Y.; ElMaraghy,W.; Schuh, G.; Wilhelm, R.: A scientific foundation of collaborative engineering. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2007, 56(2): 3941-3957*

[11] *Menck, N.; Weidig, C.; Aurich, J.C.: Virtual reality as a collaboration tool for factory planning based on scenario technique. In: Procedia CIRP 7, 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2013: 133-138*

[12] *Wiendahl, H.; Harms, T.; Fiebig, C.: Virtual factory design - a new tool for a co-operative planning approach. In: International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2003, 16(7-8): 535–540*

[13] *Weidig, C.; Galambos, P.; Csapó, Á.; Zentay, P.; Baranyi, P.; Aurich, J.C.; Hamann, B.; Kreylos, O.: Future Internet-based Collaboration in Factory Planning. In: Acta Polytechnica Hungarica, 2014, 11(7): 157-177*

[14] *Aurich, J.C.; Ostermayer, D.; Wagenknecht, C.: Improvement of manufacturing processes with virtual reality-based CIP workshops. In: International Journal of Production Research, 2009, 47(19): 5297-5309*

[15] *Menck, N.; Yang, X.; Weidig, C.; Winkes, P. A., Lauer, C.; Hagen, H.; Hamann, B.; Aurich, J. C.: Collaborative Factory Planning in Virtual Reality. In: Proceedings of the 45th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2012: 359-366*

From Holistic Virtual Integration to Immersive Virtual Engineering

Matzen, C.A.[1]; Magg, R.[2]; Bapat, V.[3]

[1] ESI Group, Vice President Product Operations
[2] ESI Group, Director PQM
[3] ESI NA, Product Manager

Abstract

The presently well-known technology “Virtual Reality” has become ingrained in the product development processes for interactive virtual product review of many industries including automotive, aerospace, transportation and special machinery industry in the last decade. Over the years, the technology has evolved to a well-accepted industrial solution for interactive virtual product reviews augmenting physical prototypes as the reference for verification and decision-making. Both hardware and software improvements utilizes immersive 3D environments for interactive evaluation and analyzing futures products at their true scale.

Being able to evaluate for human factors, complex dynamic behavior of products and realistic lighting situation in a coherent and holistic manner turns previous Virtual Reality into new dimensions – the Holistic Virtual Integration (HVI). The HVI capabilities truly empower design for assembly as well as manufacturability and serviceability, allowing companies to foster solid collaboration between design, engineering, manufacturing and aftersales. Thereby companies can realize significant benefits in form of reduced late engineering change orders as well as increased manufacturing and service efficiency. This technology further evolves as the interaction becomes more natural and plausible, simulation performance and accuracy will enhance and similarly the efficiency of HVI will be improved furthermore.

However, HVI’s focus is to simply replace physical prototyping in the (geometrical) integration phase of the V-model. Even though the technology is positioned to allow for integrated verification with human factor considerations, it is not designed to drive the design and engineering for product performance or other requirements set for the program.

For this need we envision the next logical evolution of virtual prototyping driving product design from requirements to products through experimental engineering allowing collective, multi-disciplinary decisions at each stage in the design process

– Immersive Virtual Engineering (IVE). The support for detection of system level issues early on in the process, the support of non-geometric analyses and visualizations thereof to tackle complex and abstract problems, the need for learning from previous products and the enablement of continuous verification of product development against predefined attributes are the substantial targets of IVE.

The presentation “From Holistic Virtual Integration to Immersive Virtual Engineering” outlines the vision of how the modern product development life cycle can profit by a disruptive framework involving cross-domain interaction at all phases of the process with support for multi-level abstractions. The efforts in this scenario cannot be limited to support for an individual persona but mainly for cross-collaboration amongst domains where geometric and non-geometric interaction is facilitated. The approach shows how to overcome todays limiting silos in product design while bridging between the two sides of the V-model allowing to downstream related requirements prior to design freeze.

Closing the Gaps in the Digital Process Chain – Efficient 3D Modeling of PVC-Sealing Seams in Automotive Industry

Hintze, A. [1]*; Richnow, N.* [1]*; Stüring, S.* [1]

[1] LIVINGSOLIDS GmbH, Magdeburg

Abstract

Adding sealing seams to the digital representation of the vehicle to avoid interferences in the physical built - The following article provides an insight into what Automotive OEMs do to improve and accelerate their product development processes in the framework of sealing concept design and implementation.

1 Sealing Seams in the Context of the Digital Vehicle

The use of DMU is common practice since quite a while in Automotive Engineering. It is supported by 3D CAD systems and product lifecycle management solutions. Looking from a distance the impression might be, the matter is settled.

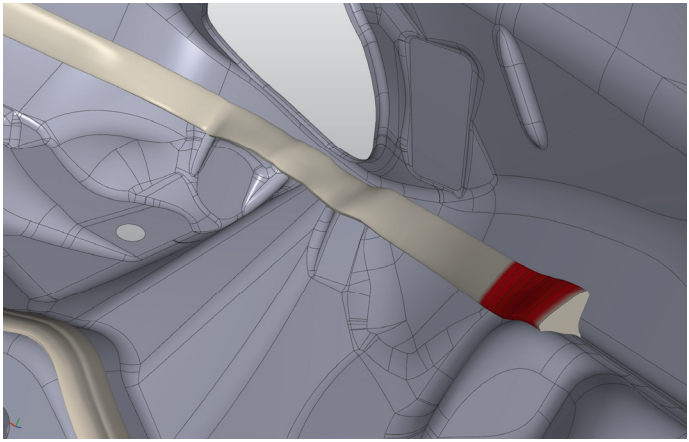


Illustration 1: Seaming Seal on Body In White

However, looking closer to it, there are niches in which gaps appear in the digital process chain.

Looking at the design process of a new vehicle there is the phase in which the outer design and the body in white are engineered. Having reached a certain degree of maturity the detail engineering of the attaching parts and components is started.

Among others, now is the time to elaborate the sealing concept of the body in white to achieve water tightness and corrosion prevention. A main task is to define type and routing of sealing seams on the body in white. With the tightness of today's packaging also the relatively little room needed for a sealing seam is relevant for collisions with attaching parts.

Simply said, the common practice for this task is as follows:

First, the corrosion prevention experts analyze the body in white based on the virtual model and define the routing and type of sealing seams by drawing the route into screenshots from the 3D CAD system noting additional properties of the sealing seams.

Second this information is handed over to a 3D CAD skilled engineer who transfers the information from the screen shots into the CAD system. Usually, this task can be found in two levels of sophistication: either the seals are modeled relatively accurate to resemble their final shape or simple pipes are modeled along the sweep curve of the seam. The resulting models are transmitted to the Product Lifecycle Management system.

Finally the corrosion prevention experts have to check the data and follow up the routing in case any changes to the body in white have been made or if other issues lead to changes in the sealing concept.

2 *Effort and efficiency for the digital representation of sealing seams differ among OEMs*

Within the OEM organizations different approaches for digital representation of the sealing concept in the product life cycle management can be found. From no representation linked to the 3D model of the body in white via a representation based on pipes created from sweep curves for the seam routing up to close to reality representations, all levels can be found.

Of course, the closer the representation resembles the final properties of the sealing seam, the better it is. The advantages of a detailed and realistic representation are obvious:

- early definition of the amount of sealing material brought onto the body in white, leads to better estimation of the final weight of the car and provides information regarding the logistics in the paint shop to supply adequate amounts of material
- the better the representation, the easier it is to judge about potential interferences
- linking the 3D model of the seams to the sheet metal helps to keep track of the design changes of the body in white during the period from the initial sealing concept design until the start of production
- proper modeling of the shape and route of the seams supports the industrial engineering to choose the right technology to apply the sealing seams
- most importantly: accurate representation of the sealing seams avoids extra efforts for the design engineers of the attaching parts and helps to prevent clashes between sealing seams and attaching parts when it comes to the first builds in hardware.

Knowing about the complexity of the launch of a new vehicle one can easily imagine what trouble it causes, if clashes are identified when production equipment and tools have been ordered already and the schedule for the production ramp up is fixed.

3 Existing CAD methods are not built for purpose

This said a closer look seems to be worthwhile. Of course, one could start to model the sealing seams properly in the 3D CAD system. However, a sealing seam is different compared to sheet metal and attaching parts.

Their main characteristics are the following:

- a seam follows the edge of the upper sheet metal part where one sheet metal is overlapping the other for the spot welds
- usually, from a corrosion prevention aspect, there is a minimum width to both sides from the edge to ensure proper sealing
- depending on the topology of the sheet metal, one seam can change the sheet metal parts it is sealing several times along its length
- the lower part of the seam is adapting to the shape of the mating surface of the sheet metal
- the upper part of the seam usually takes the shape which is defined by the application technology

- in some sections manual rework of the seams is required (i.e. manual smoothing of sections with overlap of two or more seams using a brush)
- the seal has to follow curved edges with small radiuses, which may lead to negative volumes in the solid causing trouble in the CAD system
- seals are intersecting with other seals
- some areas along the path, i.e. flanges, have to be kept free from sealing material

Taking into account these characteristics as well as the huge diversity of different geometrical situations in the body in white which need to be tackled, the modeling of the seals in a 3D CAD system is a very challenging task, which is very time consuming and therefore costly. Although the simple seams can be covered by macro programming, still a high share of the seams will need substantial manual work of a design engineer.

4 Time gap for creating the digital representation of seams is limited

Now we're back to the requirements of the design process as a whole: the time needed for the modeling of the seams should be short as on the one hand you only want to start the work, when the body in white has reached a sufficient degree of maturity, on the other you have to finish the work quickly to provide the information about the sealing concept as early as possible to the following engineering of attaching parts. In this situation, it is clear that defining the concept by the corrosion experts and afterwards having CAD engineers doing the 3D modeling with some iteration in between is not more than the second best option.

The better process is to provide a tool, which allows the corrosion prevention experts to directly define their sealing concepts in 3D by a simple approach to 3D modeling, still maintaining the throughput of the data to subsequent processes, i.e. Digital MockUp, Robot Programming, Process Documentation for the paint shop.

5 Dedicated Software engineering

Looking at the process requirements it was clear that with a traditional solution close to 3D CAD the intended objectives couldn't be achieved. Therefore, a different approach was chosen by looking at the process taking place in the paint shop, the actual application of the sealing seams.

It was decided to build an abstract and simplified mathematical model of the real application process for the seams. Based on that model it was possible to implement algorithms analyzing the surface along a path defined by simple picks on the surface of the sheet metal parts of the body in white to calculate the underside of a sealing seam. For a given application technology this allows to define the resulting shape of the seal with an underside matching the mating surface of the body in white and a shape on the upper side considering a given cross section including the impact from the sheet metal surface.

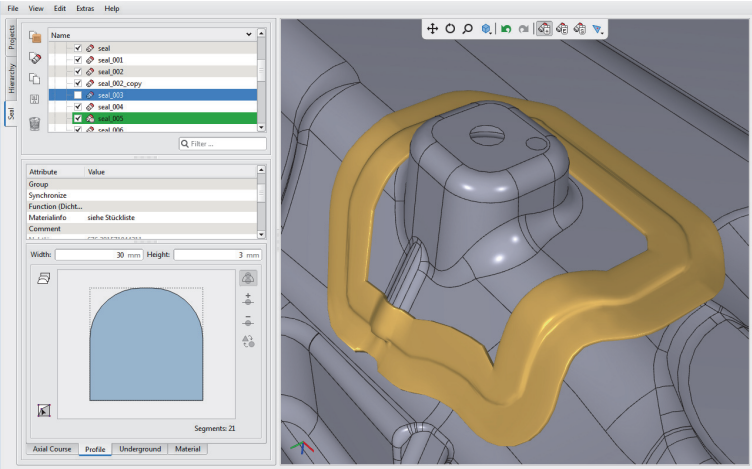


Illustration 2: LS SEAL User Interface

6 Steps for sealing seam modeling

The modeling process can be summarized to the following four steps supported by the Software solution:

- creation of a container element to collect seams belonging together
- creation of a seam as object with a name and other properties (PMI, meta data)
- choice of the cross section from a predefined selection or free definition of the cross section
- creation of pick points along the route the seam should run

If necessary, routing and cross section can be changed at any point in time and resulting seam can be exported to CAD file.

As a result, the definition of a sealing seam is as easy as child's play, after defining the sealing type you just have to click on the sheet metal surface along the route the seam should run along.

Having simplified the 3D modeling as drastically as described, it is now possible that the corrosion protection experts themselves are able to create the 3D representation for the sealing seams.

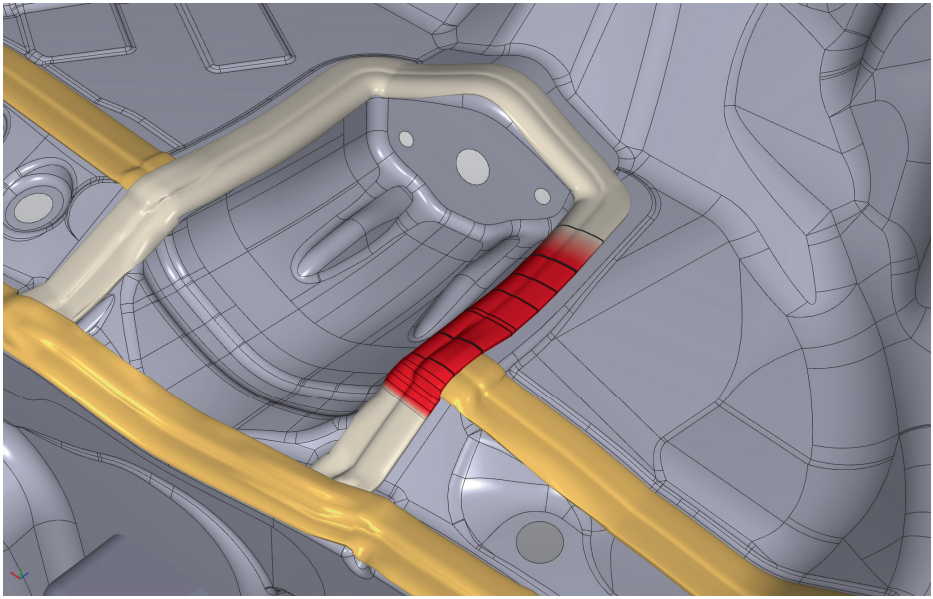


Illustration 3: Complex Seaming Situation in Drive Train Mounting Area

7 Process integration

Having solved the core issue of simplifying the modeling task for the engineer another important challenge needed to be tackled – the integration into the whole engineering process. Creating the 3D representation of the sealing seams is only possible based on the 3D data of the body in white. Therefore, native interfaces to the commonly used 3D CAD packages for body in white engineering have been implemented in LIVINGSOLIDS SEAL. They allow loading 3D data of the body in white in the same way as it is done with the 3D CAD package itself.

At the same time an export function has been created to transfer the sealing seam geometry to the corresponding CAD formats to allow for the usage of the data dur-

ing the following processes. In addition the solution allows the adding of PMI data as well as other Meta data relevant for the sealing seams.

Apart from the final shape of the sealing seams, also the history relevant for creating the 3D representation of a seam is stored in the CAD file. Therefore, an existing seam can be modified, copied and mirrored using just the native CAD file.

8 Conclusions

From those OEMs which already model accurate 3D models of sealing seams, four have already chosen to use LIVINGSOLIDS Seal. Working with different CAD Systems and PLM Solutions, in all cases the process improvements are very significant. The time required for the sole 3D modeling of the geometrical representation of the seams has been reduced by 83 percent compared to modeling in a 3D CAD system according to case studies carried out by OEMs. The seamless integration into the CAD environment allows efficient data handling. Accurate data concerning length and volume of the sealing seams are available early in the design process.

So, although it is a niche application, the closer look has paid off, as the savings from the process improvement easily pay the bill, not to mention how a lately identified conflict between a sealing seam and a part attached to the body in white can mess up an otherwise smooth ramp up of the production of a new vehicle.

References

[1] *LIVINGSOLIDS SEAL User Manual, 2015*

[2] *Hintze, A., Richnow, N., Stüring, S.: Sealing Software, In: Herausgeber, A.: Magazine Automotive Paintshop Solutions, Ultima Media Ltd., London, 2014, p. 32–33*

[3] *Dürr AG: http://www.durr.com/de/duerr-erlebniswelt/automobillackierung/videos/nahtabdichtung-sealing-unterbodenschutz/*

[4] *Porsche AG.: https://www.porsche-leipzig.com/produktion/lackiererei/*

Wirtschaftlichkeit von Virtual Reality für den Mittelstand

Dücker, J.[1]; Häfner, P.[1]; Ovtcharova, J.[1]

[1] Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen

Abstract

Die Entscheidung eines Unternehmens in eine innovative Technologie zu investieren, kann große Auswirkungen auf das gesamte Unternehmen haben. Insbesondere der Mittelstand braucht eine gute Entscheidungsgrundlage, um Risiken einer Investition abschätzen zu können. Diese Problematik existiert auch bei Virtual-Reality-Technologien, deren Anwendungen viel versprechen, aber deren Kosten nur schwer zu kalkulieren sind. Die Kosten betreffen nicht nur Investitionen für Hardware und Software, sondern auch laufende Kosten, beispielsweise für Personal und Betrieb. Die entwickelte Wirtschaftlichkeitsanalyse für Virtual Engineering (WAVE) setzt bei dieser Problematik an und bietet eine anwender-orientierte Methodik für Unternehmen, die erst begonnen haben sich mit der Thematik Virtual Reality zu beschäftigen.

1 Einleitung

Die Prüfungsordnung des Bundesrechnungshofes definiert den Begriff Wirtschaftlichkeit nach § 4 Abs. 3 folgendermaßen:

„Bei der Prüfung der Wirtschaftlichkeit wird untersucht, ob das günstigste Verhältnis zwischen dem verfolgten Zweck und den eingesetzten Mitteln angestrebt und erreicht wurde.“

Insbesondere die Wirtschaftlichkeitsanalyse von innovativen Technologien zeigt, dass hinter der einfachen Definition komplexe Ansätze stecken. Eine Investitionsentscheidung basiert auf vielen verschiedenen Aspekten. Aus diesem Grund ist es hilfreich auf systematische Methoden zurückzugreifen, die die Ausmaße einer Innovation in Bezug auf monetären Nutzen für das Unternehmen einschätzen und bewerten. So können wichtige Entscheidungen untermauert werden.

Virtual-Reality(VR)-Technologien sind als solche Innovation zu betrachten. Zwar werden diese bereits seit Jahrzehnten in der Industrie eingesetzt, aber der Großteil des Mittelstandes hat die Vorteile dieser Technologie noch nicht für sich entdeckt.

Momentan befinden wir uns in einem gesellschaftlichen Wandel durch viele Faktoren, wie 3D-Kinos oder die sich schnell entwickelnde Spieleindustrie. Die Akzeptanz von VR-Technologien ist demnach in den letzten Jahren enorm gestiegen, wie ein Vergleich der Fraunhofer Studie aus dem Jahr 2003 [1] mit einer am KIT durchgeführten Studie aus dem Jahr 2015 [2] zeigt. Die Hürden für eine VR-Integration werden niedriger und durch technologische Entwicklungen erweitern sich die Anwendungsbereiche. Die diesjährige Studie [2] zeigte, dass die befragten Unternehmen große Befürchtungen bezüglich der hohen Investitionen und dem mangelnden Zugang zu Informationen für eine VR-Integration in ihrem Unternehmen haben.

Festzuhalten ist, dass VR-Technologien große Chancen für den Mittelstand eröffnen können. Benötigt wird eine Methodik, die Unternehmen bei der schrittweisen Annäherung an das Thema VR unterstützen kann. Dazu ist es sinnvoll für ein Unternehmen in einfacher und anwenderorientierter Weise Nutzungsmöglichkeiten zu erarbeiten und die Vor- und Nachteile von verschiedenen VR-Systemen miteinander zu vergleichen. Dadurch wird ein hoher Grad an Transparenz für ein Unternehmen erreicht.

2 Bisherige Modelle und Ansätze

Befragungen von VR-Anbietern und -Nutzern im Rahmen der Arbeit [2] festigte die Aussage, dass die Einschätzung von der Wirtschaftlichkeit von VR-Technologien ein wichtiges und wenig untersuchtes Gebiet ist. Unternehmen halten wegen dem Schutz ihres Know-hows relevante Zahlen zurück oder haben nicht die Kapazität solche Fakten zu erheben. Jedoch widmete sich S. Kunst dem Thema der Wirtschaftlichkeitsanalyse von VR-Technologien für virtuelle Fabriken im Jahr 2005 im Rahmen seiner Diplomarbeit [3]. Er erkannte die Problematik, dass sich klassische Investitionsrechnungen nur schwer auf diesen Kontext anwenden lassen. Deswegen konzipierte er ein Modell, mit dem die Wirtschaftlichkeit von VR-Technologien bewertet werden kann. Besonders die Strukturierung des Nutzenpotentials von VR-Anwendungen ist hervorzuheben. Auf die Zusammenführung der Ergebnisse wird nicht eingegangen. Es wird nur beschrieben, dass das Modell als Entscheidungsgrundlage dient. Auch die Anwendung des Modells wurde nur teilweise und mit sehr konstruierten Beispielen durchgeführt. Aus diesem Grund ist es schwer die Relevanz in der Praxis zu bewerten, da die Schlüsselkomponenten zur konkreten Umsetzung und Interpretation nicht detailliert beschrieben werden.

Ein weiteres grundlegendes Problem liegt in der Schwierigkeit VR-Anwendungen zu gliedern. Im Rahmen der Konferenz *EuroVR* in Bremen im Jahr 2014 wurde dazu

ein Modell zur Klassifikation von VR-Interaktionstechnologien veröffentlicht [4]. Durch ein Schema können „Nicht-VR-Experten“ Anforderungen an solche Technologien stellen und diese bewerten. Es basiert auf einem Tabellenprinzip, das in mehreren Stufen aufgebaut ist. Das Modell liefert einen sehr guten Ansatz, um VR-Interaktionstechnologien aufgrund des vereinigten Wissens aus verschiedenen Fachbereichen zu klassifizieren. Dies ermöglicht einen breiten Anwendungsbereich.

3 Das WAVE-Modell

3.1 Das Konzept des WAVE-Modells

Wie die vorherigen Absätze verdeutlicht haben, ist ein klarer Trend zu VR-Technologien erkennbar. Die Akzeptanz von VR-Technologie ist kein Hindernis mehr bei der Integration in ein Unternehmen.

Jedoch bleibt eine von Unternehmen empfundene Hürde über die Jahre stabil: das Investitionsrisiko. Bei der Integration von VR in ein Unternehmen liegt die Problematik nicht in der Höhe der Anfangsinvestition. Vielmehr beschäftigen Unternehmen die schwer abschätzbaren Folgekosten, die den Erfolg der Einführung und Nutzung der VR-Technologie bestimmen. Die entwickelte *W*irtschaftlichkeits*a*nalyse für *V*irtual *E*ngineering (kurz: *WAVE*-Modell) schafft Transparenz. Es beantwortet folgende Fragen von Unternehmen, die noch nicht über die Einführung von VR nachdenken:

- Können mit der Einführung von VR-Technologien mehr Chancen in dem betreffenden Markt genutzt werden?
- Wie kann VR in dem betreffenden Unternehmen eingesetzt werden?
- Welche Parameter sind bei der Auswahl einer geeigneten VR-Technologie wichtig?
- Welche Investitionen, Nutzen und monetäre Erfolge erwarten das Unternehmen abhängig von unterschiedlichen VR-Systemen?

Das WAVE-Modell ermöglicht ein schrittweises und größtenteils selbständiges Herantasten an dieses komplexe Thema ohne großes Vorwissen. Es bezieht außerdem viele Abteilung ein, um eine flächendeckende Aussage über eine mögliche VR-Integration zu erhalten. Neben den Erkenntnissen über mögliche Verbesserungspunkte im Unternehmen wird auch eine für das Unternehmen optimierte, konkrete VR-Lösung durch eine risikobasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse identifiziert.

3.2 Allgemeines Vorgehen

Das WAVE-Modell ist nicht nur eine Methodik, sondern viel mehr eine Vorgehensweise oder Strategie, die eine Möglichkeit aufzeigt in welcher Weise ein Unternehmen sich mit der Thematik VR auseinandersetzen kann. Im Folgenden wird das Modell schematisch beschrieben.

Durch ein beliebiges Ereignis wird das Unternehmen aufmerksam auf VR-Technologien. Dies kann durch Besuche von Messen, Austausch mit anderen Unternehmen oder auch durch die Unterhaltungsindustrie geschehen. Im besten Fall bewirkt dieser externe Reiz ein Anstoßen zu folgender Überlegung: Kann eine VR-Technologie auch für dieses Unternehmen erhebliche Vorteile bringen? Exakt an diesem Punkt setzt das WAVE-Modell an. Das Interesse des Unternehmens ist geweckt. Es folgt die Beschreibung der acht Schritte des WAVE-Modells, die in Bild 1 abgebildet sind.

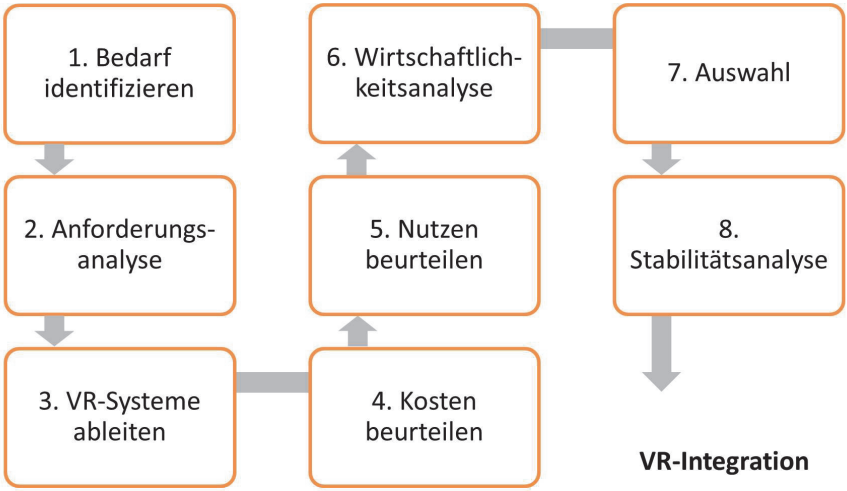


Bild 1: Allgemeines Vorgehen des WAVE-Modells unterteilt in acht Schritte.

Ein grundlegender Schritt bildet die IST-Analyse, um die momentane Lage des Unternehmens zu erfassen. Dazu eignet sich die Betrachtung von den Stärken und Schwächen in Bezug auf das eigene Unternehmen. Ebenso werden Risiken und Chancen durch externe Einflüsse untersucht. Diese Untersuchung wird mittels einer SWOT-Analyse durchgeführt. Daraus kann ein potentieller Bedarf einer neuen Technologie abgeleitet werden. Eine Identifizierung der betreffenden Abteilungen ist nun auch möglich.

Falls das Unternehmen das Projekt fortführen möchte, werden im 2. Schritt allgemeine Anforderungen an das VR-System gestellt. Diese Anforderungen sind sehr

entscheidend, da sie später als Bewertungsgrundlage für die Nutzenbeurteilung verwendet werden. Somit ist ein hoher Grad an Standardisierung wesentlich. Die Anforderungsanalyse für VR-Systeme des WAVE-Modells wird im Abschnitt 3.3 detailliert erläutert.

Die ersten Schritte des WAVE-Modells schaffen eine Grundlage auf denen (meist externe) Experten mögliche VR-Systeme ableiten. Dazu werden Profile aus den im vorherigen Schritt gestellten Anforderungen von verschiedenen Personengruppen herangezogen.

An diesem Punkt wird einer der Vorteile des WAVE-Modells ersichtlich. Das Unternehmen kann durch diese Analyse nicht nur eine Erkenntnis erlangen, ob VR-Technologien relevant sind, sondern es werden mehrere VR-Systeme gegeneinander abgewogen. Diese können nicht nur das Investieren in eigene Systeme, sondern auch das Mieten oder Teilen von Technologien umfassen. Diese neuen Geschäfts- bzw. Nutzungsmodelle ermöglichen eine einfachere VR-Integration [5]. Nun erfolgt in den nächsten Schritten eine detaillierte Betrachtung der einzelnen VR-Systeme für das betreffende Unternehmen. Die Analyse basiert und erweitert die vom Bundesministerium für Finanzen beschriebene allgemeine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung [6]. Zuerst werden für die unterschiedlichen Systeme die Kosten beurteilt. Dabei sollten sowohl einmalige als auch laufende Kosten erfasst werden. Auf Basis der Anforderungen an die VR-Technologien muss der Nutzen identifiziert werden. Die Schwierigkeit des Schritts ist erhöht, da an dieser Stelle viele Informationen zusammenfließen. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wird der monetäre und nicht-monetäre Nutzen in den Kategorien direkt, indirekt und strategisch nach K. Nagel [7] bewertet.

Auf dieser Grundlage wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Diese beinhaltet die Bestimmung eines sinnvollen Verhältnisses zwischen Kosten und Nutzen für jedes VR-System auf verschiedene Weisen. Die Analyse unterteilt sich in drei Bereiche:

1. *Reine kostenbasierte Betrachtung*: beinhaltet den Vergleich der Kapitalwerte der reinen Kosten der verschiedenen VR-Systeme.
2. *Reine nutzenbasierte Betrachtung*: basiert auf der entwickelten Anforderungs-Analyse und beinhaltet den Vergleich neudefinierter, nutzenspezifischer Indexe der verschiedenen VR-Systeme (siehe Bild 2).
3. *Gemischte nutzen- und kostenbasierte Betrachtung mit Einbezug von Risikostufen*: angelehnt an das WARS-Modell [8] und beinhaltet weitere Analysen wie Amortisation der verschiedenen VR-Systeme.

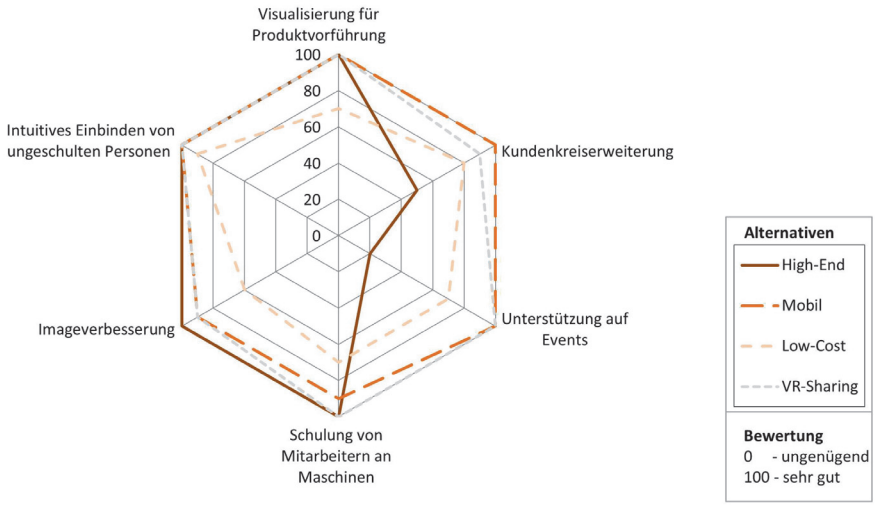


Bild 2: Auszug aus der reinen nutzenbasierten Betrachtung des WAVE-Modells anhand von vier bespielhaften VR-System-Alternativen bewertet in sechs Eigenschaften.

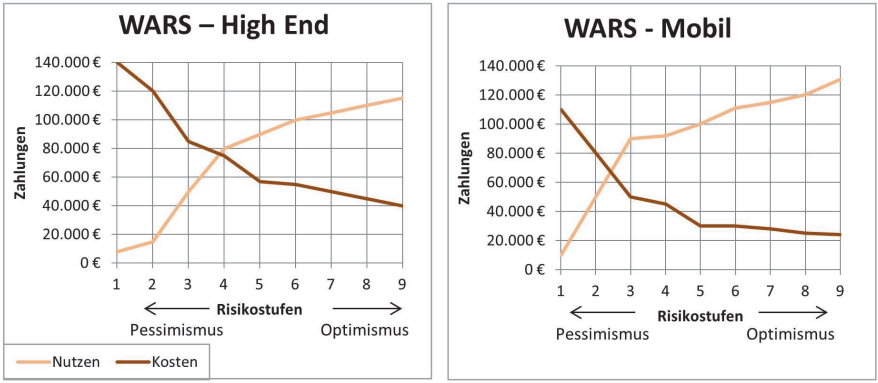


Bild 3: Auszug aus der gemischten nutzen- und kostenbasierten Betrachtung des WAVE-Modells anhand von zwei bespielhaften VR-Systemen bewertet nach der WARS-Methodik [7].

Das System, welches die geeignetsten Analyseergebnisse vorweist, wird abschließend einer Stabilitäts- bzw. Sensitivitätsanalyse unterzogen. Besonders die Risikobeurteilung wird kritisch überprüft. Bei keinem stabilen Resultat wird die Auswahl erneut überprüft.

Ist ein stabiles Ergebnis gefunden, so erfolgt die Festlegung der Indikatoren für die Erfolgskontrolle. Anschließend kann mit der tatsächlichen VR-Integration in die Unternehmensprozesse begonnen werden.

3.3 Die Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse erfolgt mithilfe eines Fragebogens. Aus allen für die VR-Integration relevanten Abteilungen sollten Mitarbeiter an der Befragung teilnehmen, damit das Ergebnis möglichst repräsentativ ist. Dazu wird die Annahme getroffen, dass die Teilnehmer geringe Kenntnisse im Bereich VR aufweisen. Aus diesem Grund wurde der Fragebogen so konzipiert, dass man während der Bearbeitung ein immer tieferes Verständnis für VR-Technologien entwickelt.

Es beginnt mit der Abfrage nach grundlegenden und allgemeinen Tendenzen. Hierrunter fallen beispielsweise die Größe der Hardware und der gewünschte Grad an Unterstützung bei der Nutzung von VR.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Anwendungen und Nutzen. Auf Basis einer umfangreichen Literaturanalyse, stark beeinflusst von S. Kunst Arbeit [3], entstand eine nahezu vollständige Aufzählung aller Anwendungen sortiert nach dem Produktlebenszyklus. Diese reichen von der Konzeptphase über Produktentwicklung bis hin zu Vertrieb und Recycling. Es werden Aspekte wie die frühzeitige interne Zusammenarbeit, die Visualisierung von Montageabläufen, der Einsatz von VR auf Messen oder das Testen in Dienstleistungsumgebungen beleuchtet. Der Fragebogen ist auf die Branchen des Maschinen- und Anlagebaus ausgerichtet, lässt sich aber problemlos auf weitere Branchen anwenden. Neben den Anwendungen wird auch auf die Relevanz von dem erhofften Nutzen eingegangen. Dieser lässt sich in drei Kategorien gliedern: Allgemein, Wissenserweiterung\ Motivation und Prozessoptimierung.

Mit dem vorangegangenen Fragebogenteil wurde der Teilnehmer bei der Identifizierung der möglichen Einsatzgebiete unterstützt. Der nächste, tiefergehende Schritt betrifft die möglichen Funktionen des VR-Systems, die für die Realisierung der Anwendungen notwendig sind. Dazu dient das Klassifikationsschema für VR-Interaktionstechnologien [4]. Die Teilnehmer entscheiden für jede Funktion, ob es sich aus ihrer Perspektive um ein Pflicht- oder Wunschkriterium beziehungsweise um eine irrelevante Funktion handelt.

Abschließend sollten Informationen über die existierende Systemlandschaft und weitere Bemerkungen aufgeführt werden.

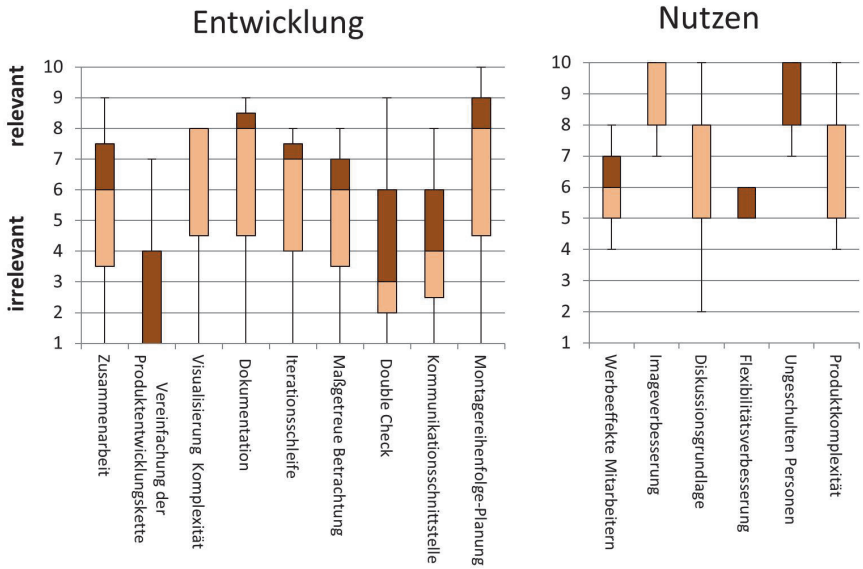


Bild 4: Zwei Boxplots, die einen Auszug der Antworten der Anforderungsanalyse widerspiegeln und den Ausmaß des Antwortspektrums der Teilnehmer verdeutlichen.

Abhängig von der Größe und Struktur des Unternehmens bestimmt sich die notwendige Anzahl der Teilnehmer. Je mehr Mitarbeiter einbezogen werden, desto besser können Anforderungen an das VR-System abgeleitet werden. Dabei ist jedoch auf eine repräsentative Teilnehmermenge zu achten. Die Daten werden erst von der persönlichen Antworttendenz bereinigt, um die gleiche Aussagekraft aller Antworten zu erreichen. Anschließend erfolgt ein Clustering der Daten in Profile. So können die unterschiedlichen Sichten der Teilnehmer besser berücksichtigt werden. Diese können sehr stark variieren, wie Bild 4 verdeutlicht. Die Boxplots geben den Bereich an, in denen die Teilnehmer den jeweiligen Aspekt auf einer 10-elementigen Skala bewertet haben.

Auf der Basis der Anforderungsanalyse werden auch die für das Unternehmen relevanten Eigenschaften der VR-Systeme abgeleitet. Diese und die Gewichtung aller Faktoren fließen in die Wirtschaftlichkeitsanalyse ein. Besonders starken Einfluss haben sie auf die reine nutzenbasierte Analyse.

Der Schritt der Anforderungsanalyse trägt demnach maßgeblich zu der Erkenntnis über potentielle Einsatzgebiete im Unternehmen und der tatsächlichen Entscheidung bei. Aus diesem Grund kann man die Anforderungsanalyse auch als Fundament des WAVE-Modells beschreiben.

4 Zusammenfassung und Ausblick

VR-Technologien bieten dem Mittelstand ein großes Potential in Bezug auf Qualitätssteigerung sowie Zeit- und Kostenreduzierung. Doch die Unsicherheit bezogen auf die zu erwartenden Investitionen ist insbesondere für den Mittelstand ein Hindernis für eine VR-Integration in das Unternehmen.

Fazit dieser Arbeit ist, dass die Bewertung der Wirtschaftlichkeit in der Industrie durch die Forschung kaum untersucht wird, aber ein sehr hohes Interesse an dem Thema existiert. Aus diesem Grund wurde eine anwender-orientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse für Virtual Engineering (WAVE) konzipiert. Diese WAVE-Analyse unterteilt die Wirtschaftlichkeit in Bereiche, die schlüssig aufeinander aufbauen. Die Validierung anhand eines Unternehmens zeigte, dass sich das Modell für diese Aufgabe gut eignet. Durch die vielseitige Analyse können die möglichen VR-Systeme sehr detailliert miteinander verglichen werden. In der Validierung wurde das VR-System eindeutig ausgewählt und es erreichte eine hohe Robustheit bei der Stabilitätsanalyse.

Durch die Etablierung dieses Modell ist zu erwarten, dass mehrere Unternehmen insbesondere der Mittelstand die individuellen Vorteile einer VR-Technologie erkennt. So kann der momentane VR-Nischen-Markt weiter ausgebaut werden. Langfristig wächst damit auch die Nachfrage nach VR-Experten. Dies muss in der Ausbildung beachtet und dementsprechend Lehrangebot an Universitäten, Fachhochschulen, Berufsschulen und Weiterbildungszentren zur Verfügung gestellt werden.

Aktuell wenden weitere Unternehmen das WAVE-Modell mit Unterstützung unsers Instituts an. So ist eine Optimierung aller Komponenten durch die umfangreiche Evaluierung möglich. Um die Anwendbarkeit des WAVE-Modells zu erhöhen, soll eine Anwendung entwickelt werden. Durch eine elektronische Eingabe und semi-automatische Auswertung, können Unternehmen wesentlich schneller, selbstständiger und effizienter die Ergebnisse des WAVE-Modells generieren. Außerdem bietet die Erweiterung des Modells um eine unternehmensspezifische Erfolgskontroll-Strategie eine gute Möglichkeit Unternehmen auch nach der VR-Einführung zu unterstützen.

Literaturangaben

[1] *Klocke, F. ; Straube, A. M. ; Pypec, C.: Vorsprung durch Virtual Reality. Management Summary. IPT, Aachen, 2003. URL: http://publica.fraunhofer.de/documents/B-90013.html [16.10.2015]*

[2] *Dücker, J.: Analyse der Wirtschaftlichkeit der Virtual Reality Technologie im Kontext von Industrie 4.0. Masterarbeit am KIT, Karlsruhe, 2015*

[3] *Kunst, S.: Konzeption eines Modells zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Virtual-Reality-Systemen in der Digitalen Fabrik, Diplomarbeit, Hochschule Wismar, 2005*

[4] *Weidig, C. ; Mestre, D. R. ; Israel, J. H. ; Noel, F. ; Perrot, V. ; Aurich, J.C.: Classification of VR Interaction Techniques, Based on User Intention. In: Eurographics Digital Library, Conference and Exhibition of the European Association of Virtual and Augmented Reality, 2014, S.53-58*

[5] *Häfner P.; Dücker, J.; Ovtcharova, J.: Virtual Reality für den Mittelstand, In: Tagungsband der IFF-Wissenschaftstage Digital Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, Magdeburg, 2015, S.*

[6] *Bundesministerium für Finanzen: Arbeitsanleitung Einführung in Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen. 2011. URL: http://www.olev.de/w/BMF-Arbeitsanleitung.pdf. [16.10.2015]*

[7] *Ott, H. J. : Wirtschaftlichkeitsanalyse von EDV-Investitionen mit dem WARS-Modell am Beispiel der Einführung van CASE. In: Wirtschaftsinformatik, 1993, S.522-531*

[8] *K. Nagel: Nutzen der Informationsverarbeitung: Methoden zur Bewertung von strategischen Wettbewerbsvorteilen. In: Produktivitätsverbesserungen und Kosteneinsparungen. 2. Auflage, Wien: Oldenbourg Verlag, München, 1990.*

Session C

Anwendungen von Augmented Reality

Augmented Reality in der Industrie 4.0

Herold,R.[1]

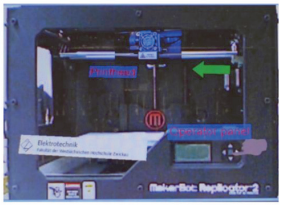
[1] Westsächsische Hochschule Zwickau, Fakultät Elektrotechnik

Abstract

Im Zeitalter von Google „Glass“ und Microsoft „Hololens“ stellen sich oft die Fragen, ob man sogenannte „Smartglasses“ auch in Industrieumgebungen einsetzen kann. Im Vortrag werden Parameter für eine industrietaugliche Datenbrille abgeleitet und mit den Eigenschaften von verfügbaren Smartglasses verglichen. Im zweiten Teil der Präsentation werden Anwendungen erläutert. Es wird eine Remote-Service Datenbrille vorgestellt, womit ein Haustechniker über den Fernsupport eine Produktionsanlage reparieren kann. Ein weiterer Usecase zeigt, wie eine AR-Datenbrille als mobiler Monitor einem Fließbandarbeiter bei Automobilproduktion assistieren kann. Ein letzter Usecase zeigt auf, wie eine AR-Datenbrille einen QM Mitarbeiter in der Produktion unterstützen kann.

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Augmented Reality in Industrie 4.0 Umgebungen



Fakultät Elektrotechnik

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

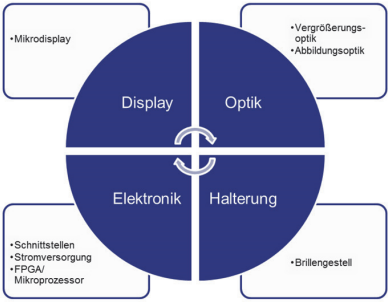
Inhalt

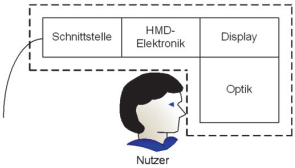
1. Anforderungen an eine industrietaugliche Datenbrille
2. Remote Service
3. AR in der Automobilproduktion
4. AR im Qualitätsmanagement

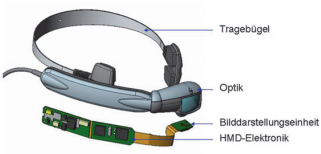
Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

1. Anforderungen an industrietaugliche Datenbrillen

Bestandteile







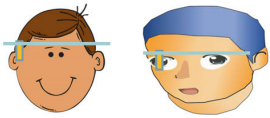
Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

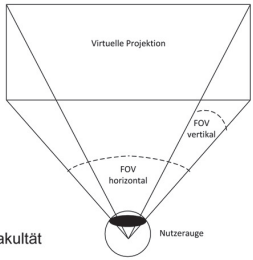
1. Anforderungen an industrietaugliche Datenbrillen

Individuelle Anpassung

Kopfform:
- Keine Einheitsbrillen beim Optiker
- Verschiedene Kopfgrößen bei Nutzern
- Lesebrillen können trotzdem getragen werden

Field of View:
- Winkelausdehnung vom Betrachter
- Sollte diagonal größer 30° sein



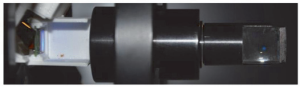


Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

1. Anforderungen an industrietaugliche Datenbrillen

Eigenschaften

Helligkeit:
- Helligkeit der virtuellen Projektion
- Sollte mindestens 100 cd/m2 sein werden



Robustes Gehäuse:
- Stoßfest und elastisch
- 100 bis 1000faches auf- und absetzen
- Zugentlastungen der Kabel

Integrierter mobiler Computer:
- Über eine Box mit DB verbunden
- Derzeitig üblich ARM Quad-Core
- WLAN-Fähig
- Akku als Stromversorgung

04.11.2015 Prof.Dr.-Ing. Rigo Herold Fakultät Elektrotechnik 5

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

1. Anforderungen an industrietaugliche Datenbrillen

Eigenschaften

Gewicht/Ergonomie:
- Abhängig von der Anwendung und Tragedauer
- Sicherheitsanforderungen (Datenbrille im Helm / unter Schutzbrille)

Betriebszeit
- Typisch 8h bzw. 4h (mit Ladung in der Mittagspause)

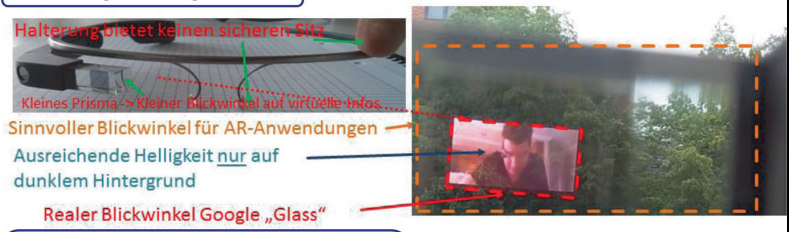
04.11.2015 Prof.Dr.-Ing. Rigo Herold Fakultät Elektrotechnik 6

1. Anforderungen an industrietaugliche Datenbrillen

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Smartglasses vs. Industrieglasses

Beurteilung der Google „Glass“



Fazit:
- Keine ausreichende Robustheit für Industrieumgebungen
- Anzeigebereich zu klein und zu dunkel

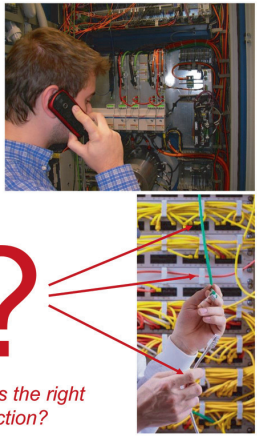
2. Remote Service

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

State-of-the-art

Common situation -> Machine fault

- No on-site support
- Unusual problem
- Komplex an old machine documentaion
- Calling foreign manufactur support
  - Language barriers
  - Missunderstandings
  - Incorrect repair work



2. Remote Service

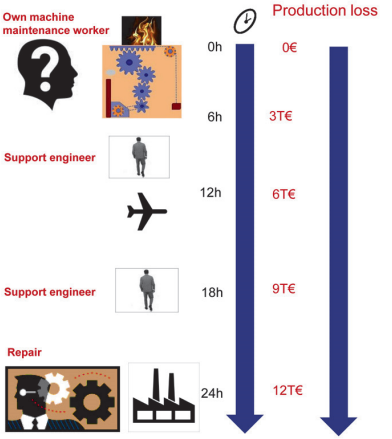
State-of-the-art

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Typical procedure -> If the machine maintenance worker can not handle the problem (process):

- Production is down
- Calling the machine producers support engineer
- Waiting for a free support engineer
- Support engineer starts travelling to client

- Repairing the machine
  - ➢ 12T€ loss in the virtual example
  - ➢ Regress costs ???

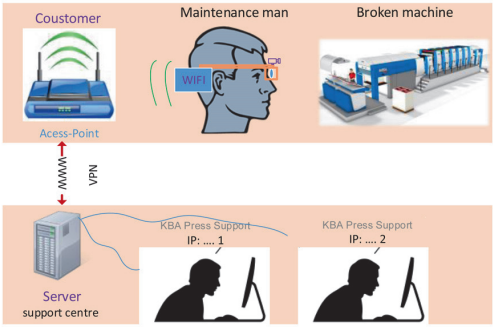


2. Remote Service

Solution

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Using service data-glasses
- Visual and acoustic live connection from broken press to the support team



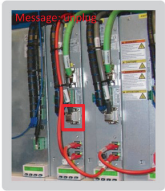
2. Remote Service

Solution

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

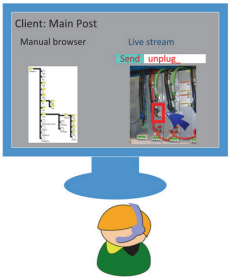
Using service data-glasses
- Visual & acoustic interaction between Customer and support

Coustomer



Maintenance mans view through data glasses

KBA press support



1. Remote Service

User Interface

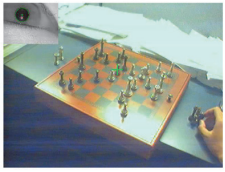
Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

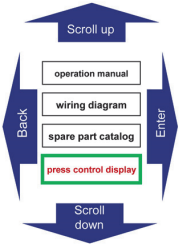
Intuitive contactless interface -> 4-direction eye tracking user interface

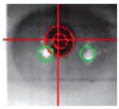
- Camera captures eye movement
- Estimation of the users gaze
- Virtual mouse cursor

Intuitive 4-direction user menu

- Looking in 4 directions to control the menu
- Derived from the file browser
  - ➢ Up/down -> for scrolling
  - ➢ Right -> enter the selected function
  - ➢ Left -> to browse to a higher level







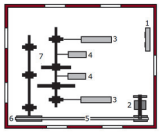
2. Remote Service

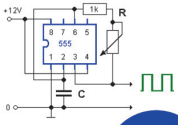
Extended functions

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Improving the support -> selecting the function by using the eye tracking menu

- Spare parts catalogue
  - ➢ Browsing and selection in the catalogue
- Wiring diagram
  - ➢ Browsing and opening the circuit
- Operation manual
  - ➢ Browsing and scrolling the manual
- Press control panel
  - ➢ Receiving current press status information





7:40: Alert: pressure to low
6:03: Stop machine

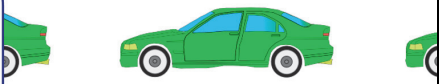
3. AR in der Automobilproduktion

Stand der Technik

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

Einsatz von Datenbrillen bei der Fertigung von Sonderfahrzeugen

- Arbeiter muss für jedes Sonderteil zum Stationären PC
- Werkzeug aufnehmen
- Teil aufnehmen
- Teil montieren
- Für nächstes Sonderteil zurück zum stationären PC

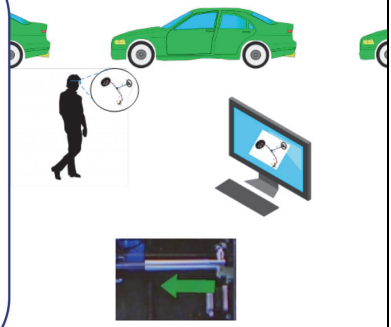


3. AR in der Automobilproduktion

Einsatz von Datenbrillen

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

- Datenbrille lockt sich per WLAN ein
- Arbeiter ist mobil
- Gleichzeitiges Montieren und virtuelle Einblendung der Sonderteile möglich
- Optional AR-Tracking
  - Virtuelle korrekte Anzeige der Montagestelle am Fahrzeug
- Vorteile
  - Schnellere Montage
  - Geringere Fehlmontage durch AR-Tracking



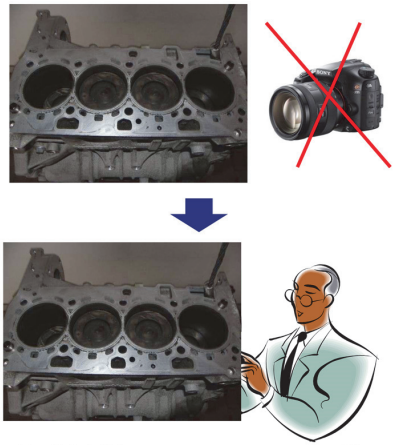
04.11.2015 Prof.Dr.-Ing. Rigo Herold Fakultät Elektrotechnik 15

4. AR im Qualitätsmanagement

Stand der Technik

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

- Viele Maßnahmen im QM sind nur manuell möglich
- z.B. Kontrolle der Entgratung
  - Maschinelle Bildverarbeitung aufgrund von Reflexionen nicht möglich
- Mensch macht Fehler
  - Müdigkeit
  - Ca. 3% Schlupf



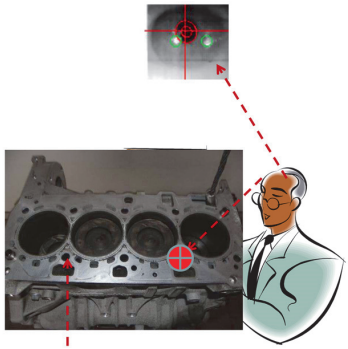
04.11.2015 Prof.Dr.-Ing. Rigo Herold Fakultät Elektrotechnik 16

Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

4. AR im Qualitätsmanagement

Innovation mit DB

- Datenbrille mit Blickverfolgung
- Überwachung, welche Löcher vom Personal überprüft wurden
- Warnmeldung, wenn Löcher nicht beachtet wurden
- Vorteile
  - Reduzierung der menschlichen Fehler
  - Dokumentation



Westsächsische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences

5. Contact

- Email: Rigo.Herold@fh-zwickau.de
- Tel.: +49 (0) 375 / 536 1443
- Postal address:
  Westsächsische Hochschule Zwickau
  Dr.-Friedrichs-Ring 2a
  D-08056 Zwickau
  Germany

Thank you for your attention!

Komplexität einfach erleben: Das Porsche-Testgelände in Nardò mittels Augmented Reality

Koch, J. [1]

[1]Porsche Engineering Services GmbH, Fachprojektleiter Visual Engineering

Abstract

Das Porsche-Testgelände in Nardò erstreckt sich über 700 Hektar Fläche und bietet neben dem 12,6 km langen Hochgeschwindigkeits-Rundkurs zahlreiche weitere Teststrecken für die Fahrzeugerprobung. Für die Präsentation des Geländes und den gebotenen Testmöglichkeiten wurde bis Jahresbeginn eine Nardò Virtual Reality (VR)-Anwendung mit allen relevanten Streckendaten genutzt. Um mehreren Personen gleichzeitig die Erforschung von Nardò auf intuitive Weise zu ermöglichen, haben wir die VR-Anwendung in diesem Jahr auf eine Augmented Reality (AR)-Anwendung für Android-Tablets portiert und erweitert. Umgesetzt wurden die Anwendungen in Unity. Das Tracking wurde mit Vuforia™ der Firma Qualcomm umgesetzt. Gezeigt wird der Entstehungsprozess ausgehend von den ersten 3D-Daten bis zum Einsatz der Applikation (APP).

1 Porsche Engineering Services GmbH

Bild 1: Porsche

1.1 Daten und Fakten

Gegründet 1931 als Konstruktionsbüro Dr. Ing. h.c. F. Porsche GmbH bietet die Porsche Engineering Services GmbH, mit Hauptsitz am Entwicklungszentrum Weissach, seit mehr als 80 Jahren Porsche-Entwicklungsdienstleistungen an. Über 600 Mitarbeiter stehen für Kundenprojekte zur Verfügung. Bei Bedarf erfolgt eine Ressourcenerweiterung durch das Entwicklungszentrum Weissach.

1.2 Unsere Herkunft

Die Porsche Engineering Services GmbH ist eine 100%-ige Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. Sie ist für die zentrale Vermarktung aller Auftragsentwicklungsleistungen von Porsche verantwortlich. Darüber hinaus ist sie Entwicklungspartner der internationalen Automobilindustrie und erbringt Dienstleistungen in Premium-Qualität. Besonders hervorzuheben ist dabei die Gesamtfahrzeugkompetenz.

1.3 Unsere Leistungsbereiche

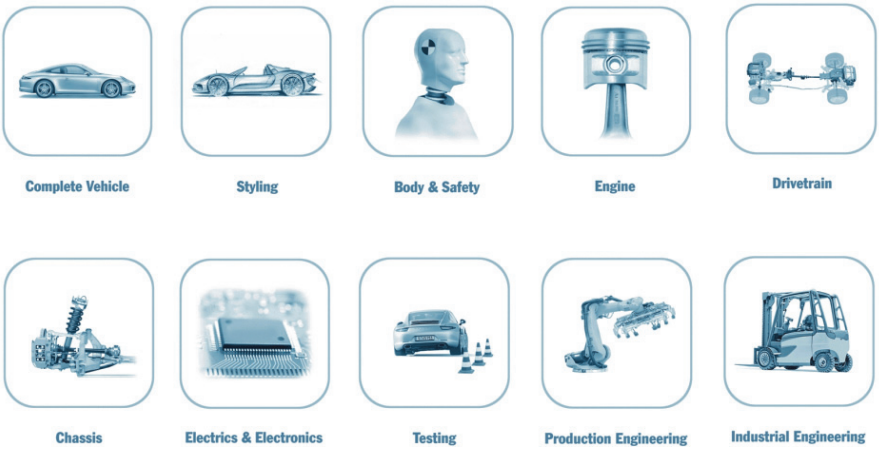


Bild 2: Porsche Engineering Services GmbH Leistungsbereiche

1.4 Entwicklungsstandort Nardò Technical Center

Das Nardò Technical Center (NTC) ist eine 100%-ige Tochter der Porsche Engineering Group GmbH. Auf dem Prüf- und Testgelände in Süditalien sind rund 120 Mitarbeiter beschäftigt. Allen Automobilherstellern weltweit steht ein umfangreiches Angebot für Hochleistungserprobungen zur Verfügung.

2 Nardò Technical Center

2.1 Daten und Fakten

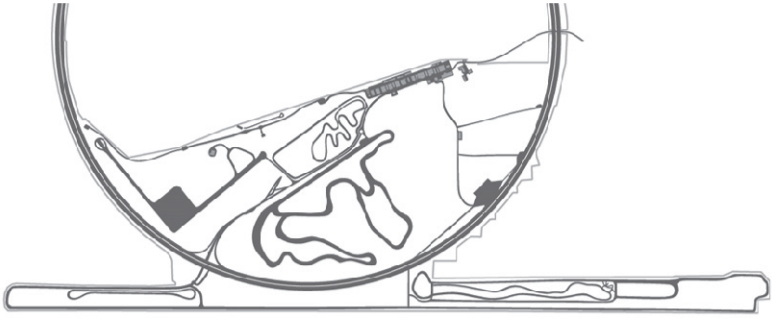


Bild 3: Nardò Top Ansicht

Das Prüf- und Testzentrum befindet sich in Apulien, Süditalien und hat eine Gesamtfläche von etwa 700 Hektar. Dank milder klimatischer Bedingungen bietet es Testmöglichkeiten beinahe 365 Tage im Jahr. Im Jahr 2012 wurde das Prüf- und Testzentrum durch Porsche Engineering übernommen. Geöffnet für die gesamte Automobilindustrie bietet es mehr als 20 Teststrecken und -einrichtungen sowie einen einmaligen Rundkurs mit vier Kilometern Durchmesser und 12,6 Kilometern Länge. Außerdem stehen Replikationen unterschiedlichster Beläge von Staubstrecken, über Asphaltstrecken bis hin zu Sonderbelägen, wie z.B. Kopfsteinplaster, zur Verfügung. Es wird ein breites Spektrum an Erprobungsdienstleistungen, testbegleitenden Dienstleistungen und Events angeboten.

3 Team - Visual Engineering

3.1 Portfolio

Das Portfolio des Teams Visual Engineering umfasst folgende Leistungsbereiche:

- Grafiken für Produktion und After Sales
- Grafiken für Betriebsanleitungen und Preislisten
- 3D Rendering/-Animation
- Präsentationen
- Virtuelle Ein- und Ausbausimulation
- Interaktive AR/VR Anwendungen

4 Eingesetzte Software

4.1 Unity

Unity ist eine Laufzeit- und Entwicklungsumgebung für Spiele (Spiel-Engine) des in Kopenhagen von einem Dänen, Isländer und Deutschen gegründeten Unternehmens Unity Technologies mit Hauptsitz in San Francisco. Die Entwicklungsumgebung erlaubt die Entwicklung von Computerspielen und anderer interaktiver 3D-Grafik-Anwendungen. Die Umgebung läuft auf den Betriebssystemen Windows und OS X. Zielplattformen sind neben PCs auch Spielkonsolen, mobile Geräte und Webbrowser.

4.2 Vuforia™

Vuforia™ ist eine Software-Plattform, welche es ermöglicht, innerhalb von Unity eigene Augmented Reality Apps umzusetzen. Es bietet stabile und effiziente Bilderkennungsalgorithmen sowie eine breite Palette an Funktionen für eigene Ideen. Vuforia™ unterstützt iOS und Android, und ermöglicht Applikationen für eine Vielzahl von Smartphones und Tablets zu schreiben. Zu den technischen Möglichkeiten zählen das Tracking über einen oder mehrere 2D-Marker, über 3D-Objekte, sowie eine Texterkennung.

4.3 Maxon Cinema4D

3D Programm zur Erstellung und Modifikation der 3D-Daten. Der Export nach Unity erfolgt hier im fbx-Format.

5 2012 - Nardò Virtual Reality

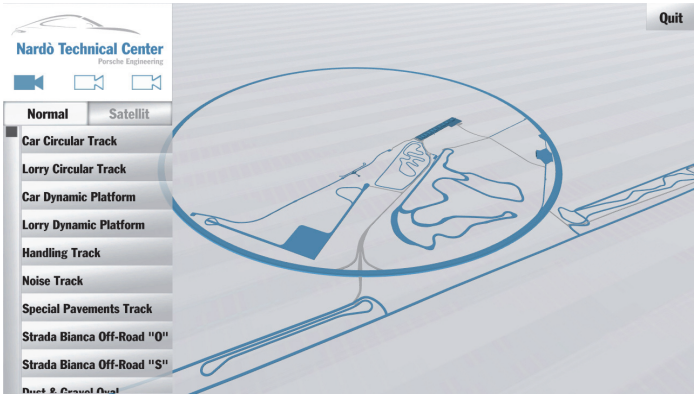


Bild 4: Nardò VR

Die Nardò VR ist eine auf Basis von 2D-Kartenmaterial erstellte Applikation mit Informationen zu allen Strecken. Durch die Optimierung für einen großen berührungsempfindlichen Bildschirm können Informationen zu allen Teststrecken schnell und übersichtlich dargestellt werden. Die Kameraführung ist vordefiniert. Die Anwendung ist sowohl zur Vorführung als auch zum selber Entdecken der Testmöglichkeiten geeignet.

6 2015 - Augmented Reality App

6.1 Motivation

Die AR-APP wurde als Präsentationsmittel zur Vorstellung des Testzentrums bei Messeauftritten erstellt. Dabei stand neben der Darstellung des komplexen Testgeländes auf einfache Art und Weise die Informationsvermittlung in einem spannenden und interaktiven Modus im Vordergrund. Darüber hinaus verkörpert sie die Repräsentation der Zukunftsorientierung und innovativen Ausrichtung des Unternehmens.

6.2 Anforderung an die App

Die 3D-Darstellung des Testgeländes stellt eine ideale Kombination aus Realitätsnähe und Vereinfachung dar. Die mittels einfacher/intuitiver Nutzeroberfläche bedienbare APP integriert die umfangreichen Informationen des gesamten Leistungsspektrums. Durch die Nutzung von Infofenstern ermöglicht die App ein interaktives

Erforschen der Teststrecken und -einrichtungen. Die Navigation ist dabei in zwei Richtungen möglich, über die Teststrecken oder auch über die Erprobungsmöglichkeiten.

6.3 Technische Umsetzung

6.3.1 Verwendung von Geo-Daten für die Nardò Oberfläche

Ausgangsbasis ist ein 3D-Laserscan des Geländes in ein Meter Auflösung. Das entspricht in polygonaler Form einem Mesh mit mehr als 70 Millionen Punkten / Polygonen.

Ein alternativer Ansatz der Oberflächendarstellung wäre die Nutzung einer Bitmap mit den Höhendaten als 16bit Graustufen.

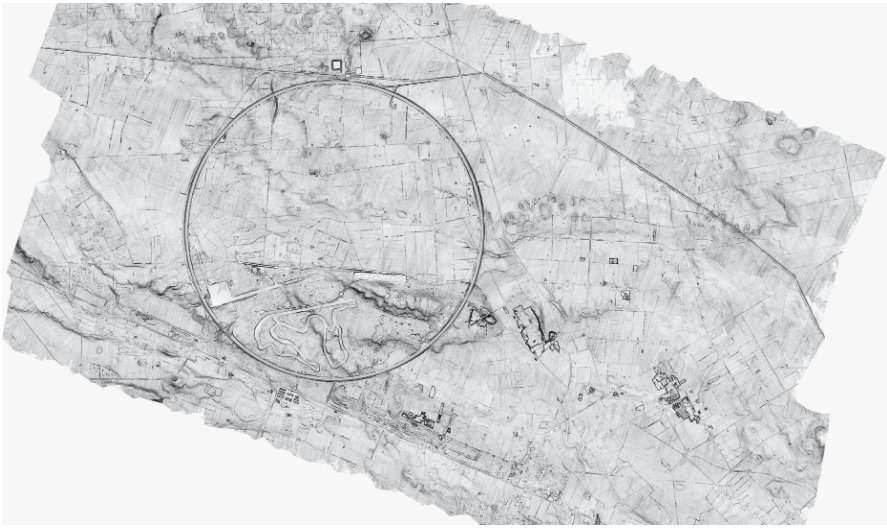


Bild 5: Nardò Scan

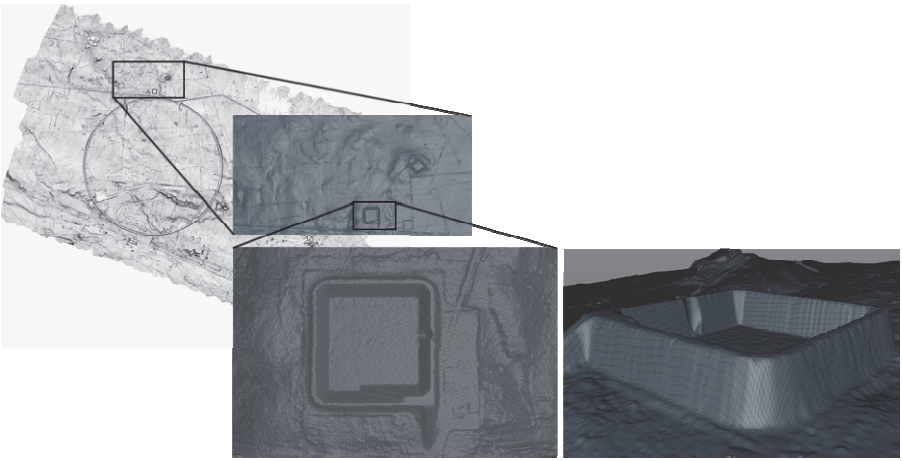


Bild 6: Detailansicht

6.3.2 Test der Oberflächendarstellung mit Unity Terrains

Unity's Terrain System ermöglicht es, weite Landschaften umzusetzen. Dabei wird die 3D-Geometrie aus 2D-Höhenbitmaps zur Laufzeit generiert. Darüber hinaus werden verschiedene Arten der Texturierung unterstützt. Auch Vegetation mit tausenden Bäumen und Pflanzen sind möglich, wobei die Sichtbarkeit und die Detaildarstellung je nach Kameraentfernung variiert werden kann.

Durch den Einsatz von Terrains ist es möglich, die Oberflächengeometrie aus 95 16-bit Höhenmaps zu generieren, wobei abhängig vom aktuellen Kameraausschnitt der Sichtbereich in Echtzeit tesseliert wird. Die 180 Megabyte Daten und die offensichtlich mögliche Detailgenauigkeit waren vielversprechend. Allerdings gelang es nicht, die sichtbaren Stufen zwischen den Höhenwerten ausreichend zu glätten und obwohl die Technik auf dem PC sehr gut funktionierte, ist auf der Android Zielplattform ein deutlicher Geschwindigkeitsverlust eingetreten.

6.3.3 Optimierung der polygonalen 3D-Scandaten für die Echtzeitdarstellung

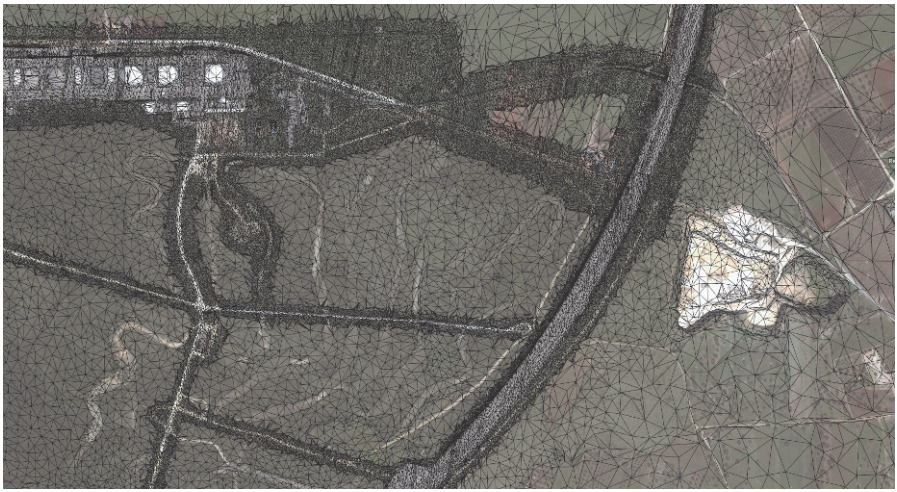


Bild 7: Optimiertes Mesh

Die 3D-Rohdaten wurden zuerst über die Maxon Cinema4D Polygonreduzierung um 95% auf drei Millionen Polygone heruntergerechnet. Dabei werden feinere Strukturen höher unterteilt belassen. Im resultierenden Mesh wurden drei Bereiche definiert: direkte Streckenbereiche die möglichst genau sein sollen, Gebiete um die Strecken herum sowie äußere Randbereiche die keine Details beinhalten müssen. Die einzelnen Bereiche wurden getrennt nochmals polygonreduziert und anschließend wieder verbunden. Das entstandene Mesh bestand noch aus 362.000 Punkten mit 584.000 Polygonen. Später wurde das Gelände-Mesh noch um die Strecken herum beschnitten, um in der AR das durchgereichte Kamera-Hintergrundbild noch sehen zu können.

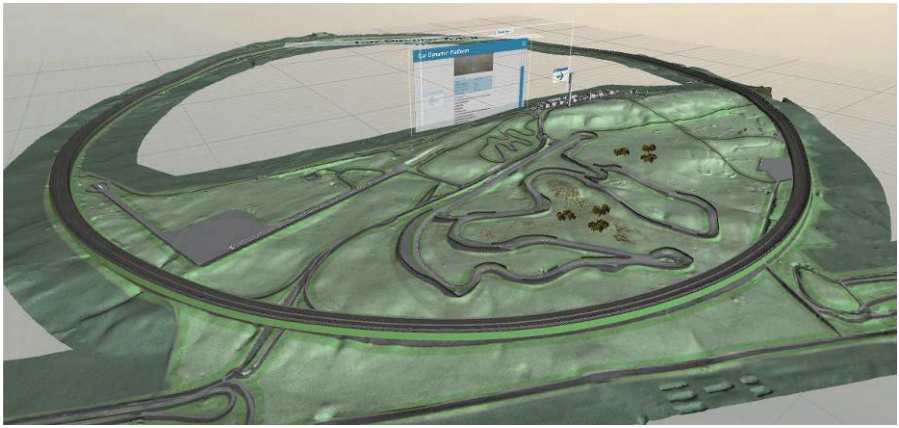


Bild 8: Mesh beschnitten und texturiert

6.3.4 Vorgaben

Für den Einsatzort war ein Tisch mit 2,5 Meter Länge sowie 1,5 Meter Breite vorgesehen, der auf der Oberseite die Nardò-Karte in Graustufen darstellt. Bei der Kartendarstellung wurde der obere Teil der Rundstrecke beschnitten, da die relevanten Strecken in der unteren Hälfte liegen. Das fehlende Stück Strecke ist später in der AR-Anwendung überlagert wieder zu sehen.

Als Hardwareplattform dienen vier zwölf Zoll Android Tablets mit aktueller Performance sowie drei Gigabyte Ram-Speicher.

6.3.5 Tracking

Für das Kameratracking diente die aufgedruckte 2D-Karte von Nardò. Um die für ein stabiles Tracking nötigen Kontraste und Formen zu erhalten, wurde die Karte um eine generierte Vegetation ergänzt, die über eine chaotische Noiseverteilung an jedem Punkt einzigartig ist. Damit später das Tracking an jedem Punkt der Karte eindeutig greift, ist die Karte in einzelne Trackerabschnitte unterteilt. Da Vuforia™ gleichzeitig mehrere Tracker erfassen kann, erhofften wir uns darüber hinaus eine Stabilisierung des Trackings.

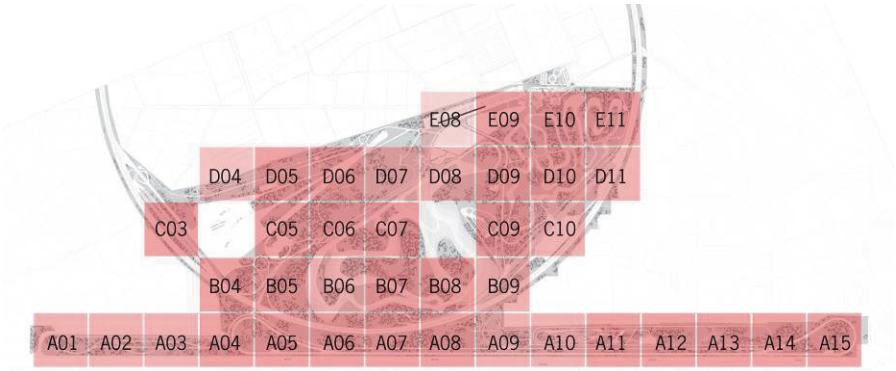


Bild 9: Lage der Tracker

Bild 10: Druckvorlage

6.3.6 Das Interface

Für die Benutzerinteraktion gibt es verschiedene Wege. Generell bietet es sich an, die aktuell im Bildschirm-Fokus liegenden Strecken mit Informationen zu versehen. Somit erhält man beim Bewegen des Tablets über das Gelände erste Daten. Für weitere Informationen erscheint durch direktes Antippen ein im Raum stehendes, scrollbares Informationsfeld mit Bild und Text. Ein einblendbares Menü bietet die Möglichkeit übergeordnete Themen anzuwählen, wonach die betroffenen Strecken hervorgehoben und über weitere Informationen ergänzt werden. Sollten die Stecken außerhalb der Kamera liegen, zeigt ein Navigationspfeil die Richtung zum Objekt an.

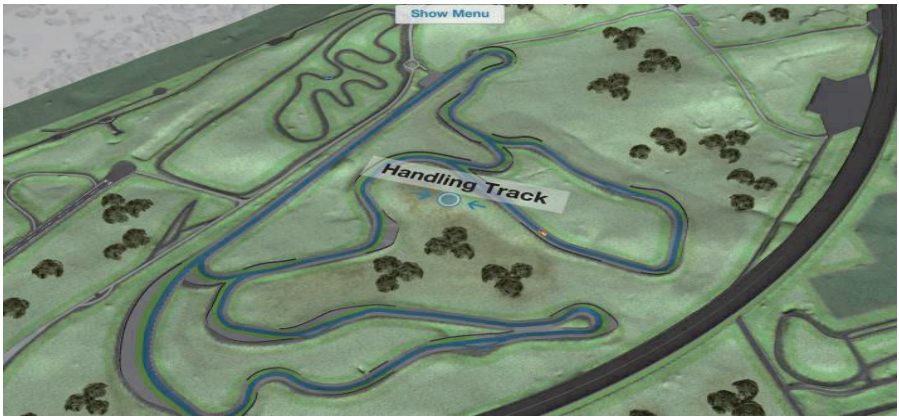


Bild 11: Ansicht mit Streckenname

6.3.7 Programmierung

Die Anwendung wurde innerhalb von Unity/Monodevelop in c# programmiert.

6.3.8 Finalisierung

Das Gelände von Nardò ist im Grunde sehr flach. Damit geht in einer 3D-Darstellung etwas der Sinn verloren, wobei es für den Benutzer schon interessant wäre, das Höhenprofil der Handlingstrecke oder die Geometrie der Kreisbahn zu sehen. Um das zu ermöglichen haben wir das Gelände in der Höhe um Faktor drei skaliert. Diese Verfremdung sind wir eingegangen, da der praktische Nutzen offensichtlich war. Die Gebäude und vor allem der Turm wurden mit einer geringeren Skalierung an das überhöhte Gelände angepasst. Die Beleuchtung ist ebenfalls so gewählt, dass das Relief des Geländes betont wird.

Zur Belebung der Szene fahren auf einigen Strecken Autos, ein Motorrad sowie auf der LKW-Spur der Kreisbahn ein LKW. Die Fahrzeuge sind nicht in Realgröße dargestellt, da sind ansonsten zu klein gewesen wären. An die Fahrzeuge ist jeweils ein Fahrgeräusch gebunden, dass bei Annäherung lauter wird. Die Fahrzeugsteuerung erfolgt über Wegpunkte, wobei sich die Fahrzeuge entsprechend ausrichten.

6.4 Einsatz

Bild 12: Testing Expo in Stuttgart

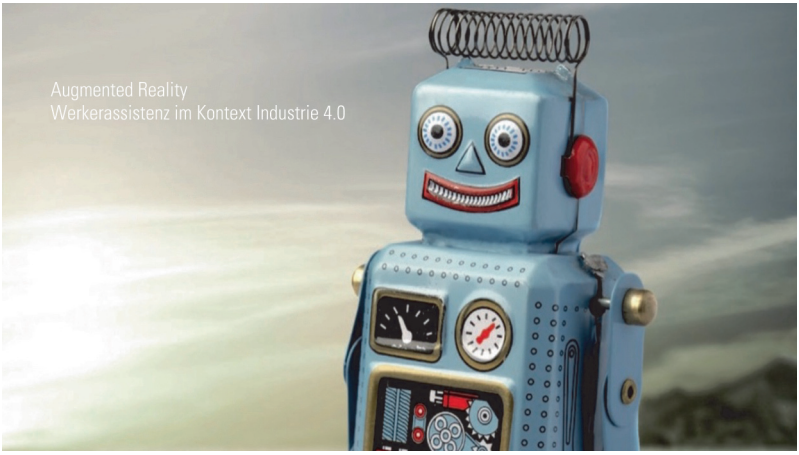
Projektive AR im Schiffbau – Die größte Leinwand der Welt

Schwerdtfeger, B.[1]

[1] Extend3D GmbH

Abstract

Augmented Reality wurde in den 60er Jahren erfunden; als riesige Vision hat Sie sich jedoch nicht innerhalb eines typischen 10-Jahresrhytmusses vom Labor in die Praxis übertragen lassen. Es hat viele technologische Sprünge und einige Hype-Wellen gebraucht um die Technologie in unserem Alltag zu etablieren. Und wir sind gerade erst mittendrin. Dieser Beitrag stellt einige Lösungen im Bereich projektor-basierter Augmented Reality Systeme vor, die bereits heute eingesetzt werden.



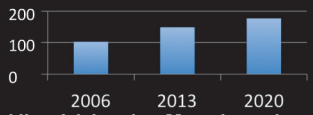
Trend: Augmented Reality

- **Emerging Market Augmented Reality**
  - AR auf dem Weg zum "Plateau of Productivity" – Gartner hype cycle
  - 120 Mrd $ Markt Volume in 2020 – Digi Capital
  - Treiber B2C: Magic Leap, Oculus VR, Metaio, HoloLens, Vuforia
- **Herausforderung B2B Markt**
  - Qualität
  - Prozessintegration
  - Einfachheit
  - Messtechnische Genauigkeit

© 2015 EXTEND3D

Megatrend in der Automotive Industrie

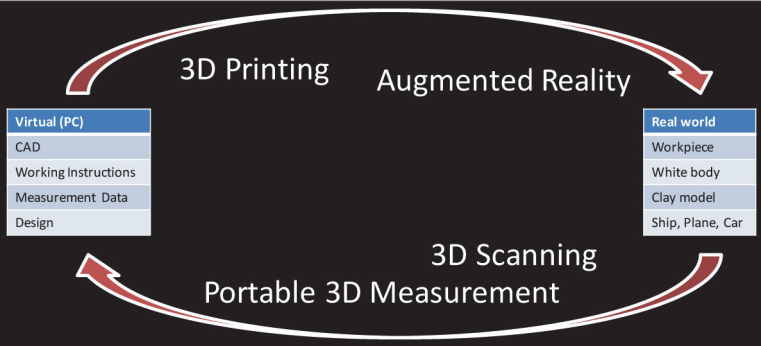
- **Unsere Industrie steht vor einer der größten Herausforderungen seit dem wir Fahrzeuge bauen**
  - Die Kudnennachfrage nach jährlichen spezifischen Innovationen ist durch den Lebenszyklus von Smartphones getrieben und nicht durch die Langwierigen Modelzyklen im Automobil
- **Neue Modell deutsche Autobauer**



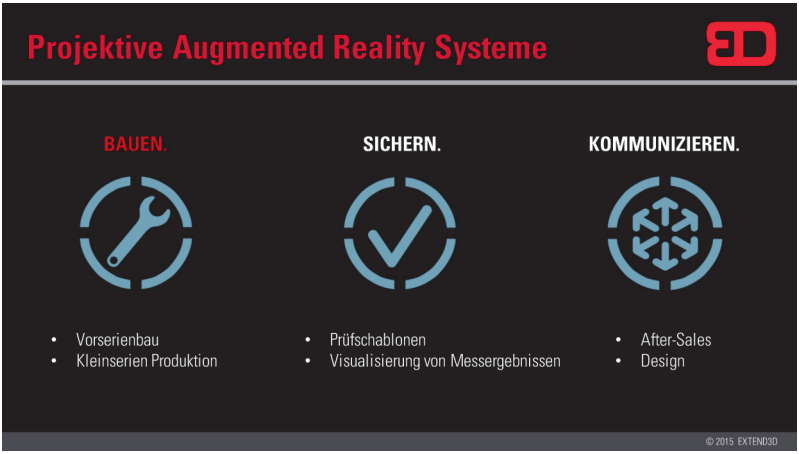
- **Es wird keine Automobilproduktion ohne Menschen geben.**
- **Wiederspruch ständige Innovation vs. hohe Qualität**

© 2015 EXTEND3D

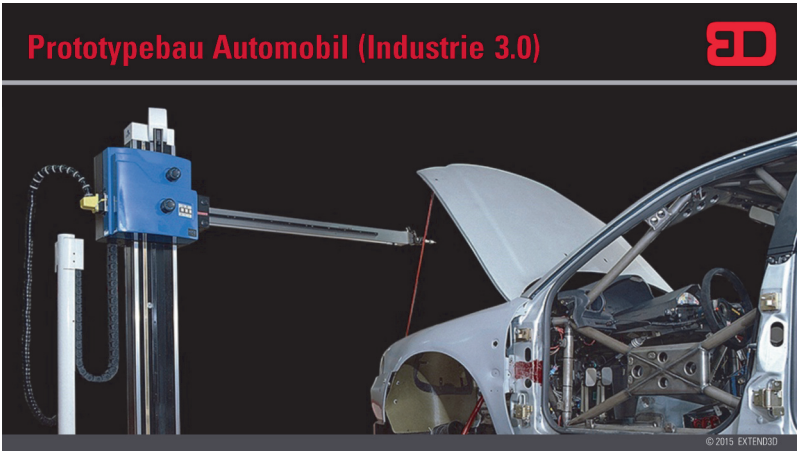
Aktuelle Game Changer

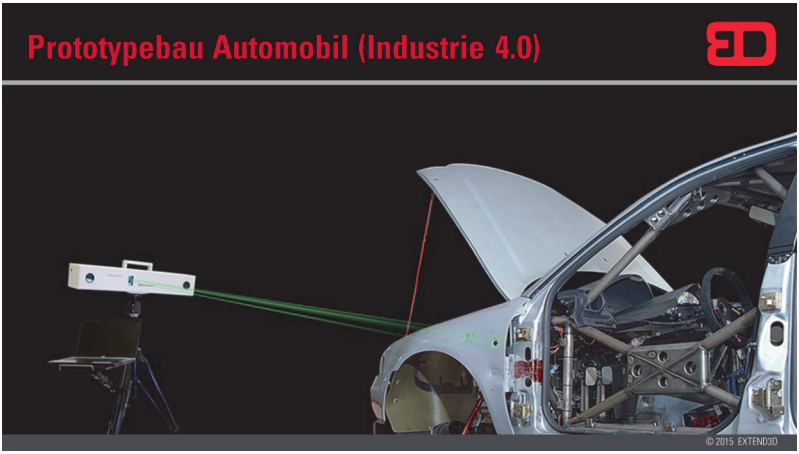


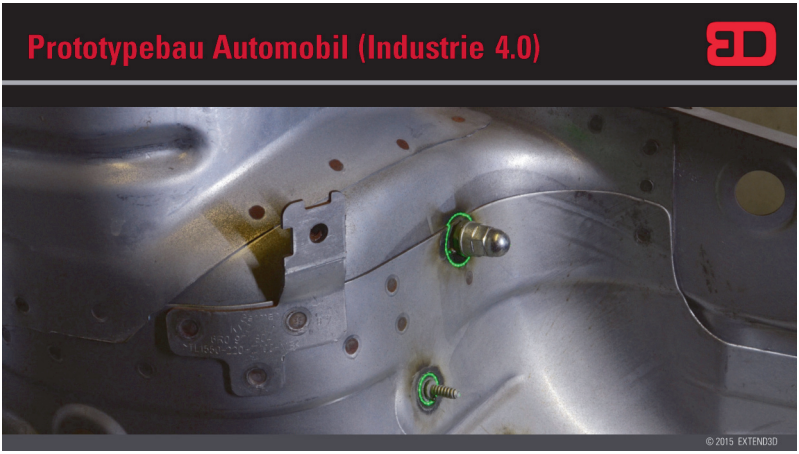
© 2015 EXTEND3D

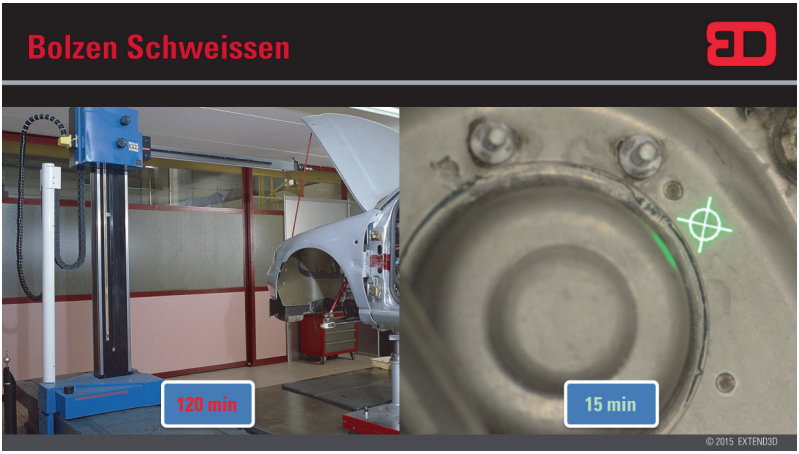

Projektive Augmented Reality Systeme
BAUEN.
SICHERN.
KOMMUNIZIEREN.
• Vorserienbau
• Kleinserien Produktion
• Prüfschablonen
• Visualisierung von Messergebnissen
• After-Sales
• Design
© 2015 EXTEND3D

Prototypebau Automobil (Industrie 3.0)
© 2015 EXTEND3D


Prototypebau Automobil (Industrie 3.0)
© 2015 EXTEND3D

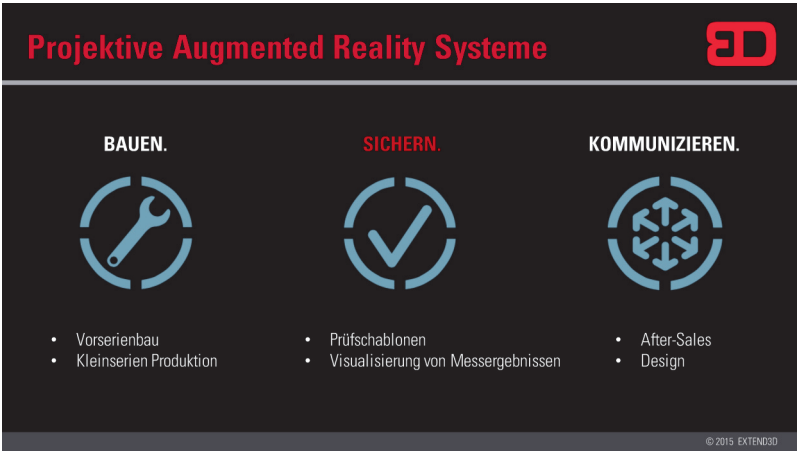

Prototypebau Automobil (Industrie 4.0)
© 2015 EXTEND3D

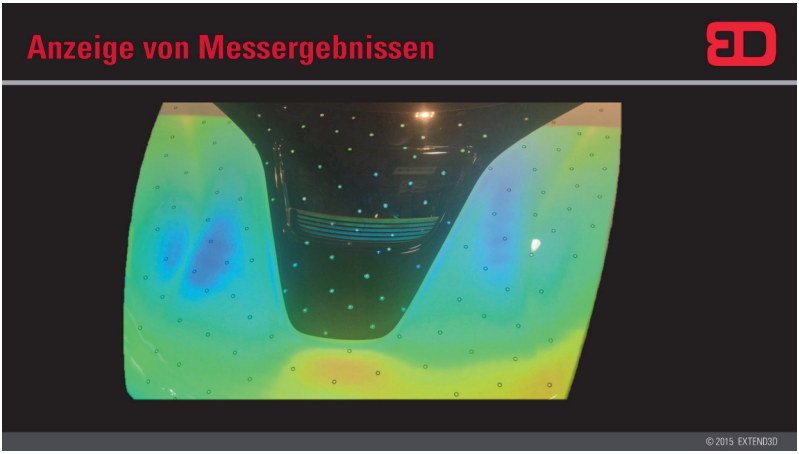

Prototypebau Automobil (Industrie 4.0)
© 2015 EXTEND3D


Bolzen Schweissen
120 min
15 min
© 2015 EXTEND3D

Werkerassitenz im Stahlbau
Aufwändige Schablonen
Teure Messmaschinen
Keine Änderungsflexibilität
Kleinserienproduktion
Teure Fehler
© 2015 EXTEND3D

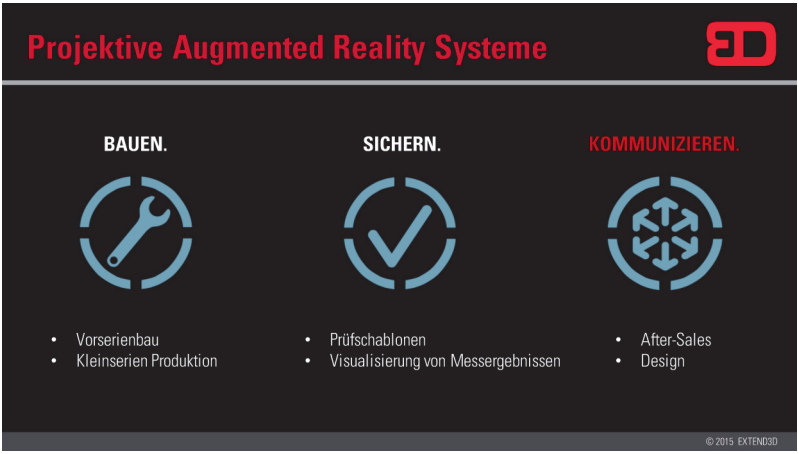
Werkerassitenz im Stahlbau (Industrie 4.0)
© 2015 EXTEND3D

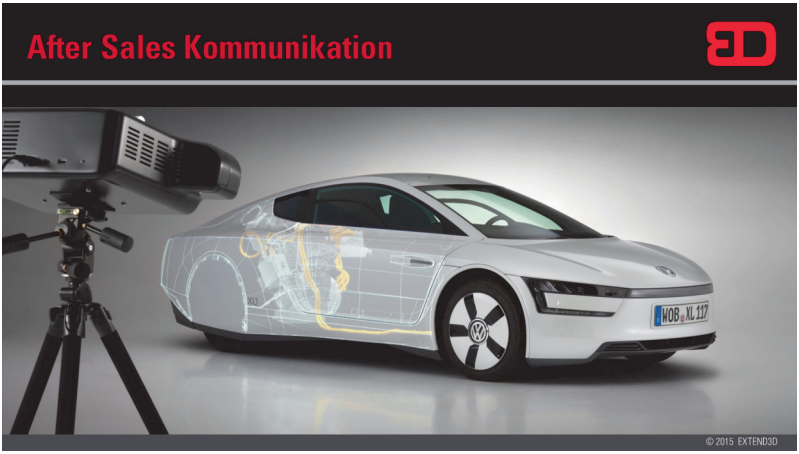

Projektive Augmented Reality Systeme
BAUEN.
SICHERN.
KOMMUNIZIEREN.
• Vorserienbau
• Kleinserien Produktion
• Prüfschablonen
• Visualisierung von Messergebnissen
• After-Sales
• Design
© 2015 EXTEND3D

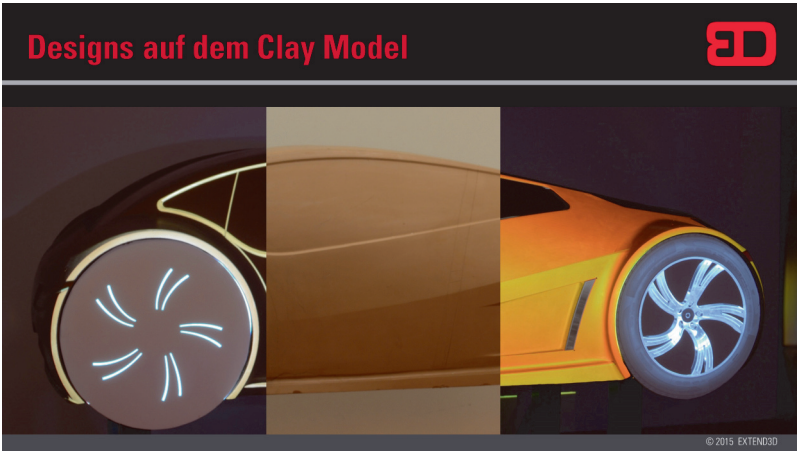

Anzeige von Messergebnissen
© 2015 EXTEND3D

Anzeige von Messergebnissen
AN_134
0.07mm
AN_135
AN_138
AN_139
0.27mm
© 2015 EXTEND3D

3D Projektion von Schweißpunkten
EXTEND3D
www.extend3d.de
n.i.O
Kontrollprojektion:
Genauigkeit bis zu 0,39mm/m Abstand
i.O
© 2015 EXTEND3D


Projektive Augmented Reality Systeme
BAUEN.
SICHERN.
KOMMUNIZIEREN.
• Vorserienbau
• Kleinserien Produktion
• Prüfschablonen
• Visualisierung von Messergebnissen
• After-Sales
• Design
© 2015 EXTEND3D


After Sales Kommunikation
WOB XL 117
© 2015 EXTEND3D


Designs auf dem Clay Model
© 2015 EXTEND3D

EXTEND3D
www.extend3d.de
WERKLICHT®
DIE DIGITALE SCHABLONE
EXTEND3D GmbH
Björn Schwerdtfeger, Bjoern.Schwerdtfeger@extend3d.de, www.exten3d.de
© 2015 EXTEND3D

Fit für Industrie 4.0 – Durchgängiges Engineering und Augmented Reality am Beispiel einer Industrieanwendung

Wittkopp, T.[1]; Kollatsch, C.[2]; Schumann, M.[2]; Klimant, P.[2]; Putz, M.[2, 3]

[1] Bosch Rexroth AG, Lohr am Main
[2] TU Chemnitz, Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
[3] Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Abstract

Im vorliegenden Beitrag werden am Beispiel einer Servopresse modellbasierte durchgängige Engineering-Methoden sowie die augmentierte Informationsaufbereitung als integrale Bestandteile von Industrie 4.0 vorgestellt. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methoden sind offene Standards und automatisierte Workflows, um hohe Flexibilität zu gewährleisten und einen breiten Anwenderkreis zu erreichen. Für das hier diskutierte Beispiel wird ein auf der universellen Modellierungssprache Modelica basierender Workflow vorgestellt, der die direkte Interaktion von virtuellen Simulationsmodellen und realer Industriesteuerungs-Hardware und somit modellbasierte Funktionen wie Zustandsüberwachung und Diagnosefunktionen ermöglicht. Die Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Steuerung sowie den Simulationsmodellen wird mittels Augmented Reality realisiert. Durch die unmittelbare Visualisierung und Einflussnahme auf die Simulation können komplexe Sachverhalte veranschaulicht und Optimierungen direkt durchgeführt werden. Es wird dabei speziell auf die Anbindung der Maschinensteuerung, die Herausforderungen des Trackings sowie die nutzerfreundliche Interaktion eingegangen.

1 Einleitung

1.1 Anwendung von Industrie 4.0

Für Bosch Rexroth ist das modellbasierte durchgängige Engineering ein zentraler Bestandteil seiner Industrie 4.0-Strategie. Ziel ist es, in allen Phasen des Produktlebenszyklus die jeweils entstehenden Modelle wiederzuverwenden und dadurch den Entwicklungsprozess zu optimieren. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die optimale Einbindung des Menschen in die Produktion. Eine Möglichkeit dazu besteht im

Einsatz mobiler Geräte und der Nutzung von Augmented Reality (AR) [1]. Diese Technologie eignet sich sehr gut dazu, relevante Informationen zeitnah und direkt vor Ort in der Produktion anzuzeigen. Dadurch ist z. B. eine optimale Zustandsüberwachung und schnelle Reaktion auf auftretende Störungen möglich. Auf Grundlage der so vorhandenen Modelle und AR-Technologien ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungen für viele Bereiche. So können Simulationen und Optimierungen für Maschinen und Prozesse durchgeführt und visualisiert werden. Auch in den Bereichen Wartung, Diagnose, Sicherheit, Monitoring und Prozesssteuerung können Hilfestellungen für den Anwender entwickelt werden. Am Beispiel einer Servopresse werden Beispielanwendungen entwickelt und für Präsentationen z. B. auf Messen aufbereitet.

1.2 Beispielanwendung Servopresse

Als Beispiel für die Verknüpfung von durchgängigem Engineering und Augmented Reality dient eine 100t-Servopresse mit Stößelantrieb, Tiefziehkissen und Balkentransfer. Die Funktionsweise wird durch das Zusammenspiel aus einem relativ komplexen Bewegungsprofil des sich auf und ab bewegenden Stößels und einer kraftgeregelten Unterstützungsfunktion des Ziehkissens bestimmt, mit dem das Verformungsverhalten des Werkstücks sehr genau definiert werden kann.

Der Stößelantrieb besteht aus einem Servomotor, der eine verstellbare Axialkolbenpumpe antreibt. Deren Förderstrom wird einem hydraulischen Schwerlast-Radialkolbenmotor, einem sog. Torque-Motor, bereitgestellt, mit dem die Abtriebskinematik verbunden ist. Diese Lösung bietet mit der Drehzahl des elektrischen Servoantriebs und dem Verstellwinkel der Axialkolbenpumpe zwei Stellgrößen für die Regelung des Radialkolbenmotors. Auf diese Weise entsteht ein stufenlos verstellbares hydraulisches Getriebe zur Realisierung individueller Bewegungsprofile. Zudem wird die Eigenträgheit des Servomotors als kinetischer Energiespeicher genutzt, so dass der Antrieb auf sehr geringe Spitzenleistung mit der damit verbundenen Reduktion der Investitionskosten ausgelegt werden kann.

Das Ziehkissen wird durch eine sog. Sytronix, bestehend aus einem geregelten Servomotor und einer verstellbaren Axialkolbeneinheit, angetrieben. Diese Lösung zeichnet sich durch hohe Energieeffizienz aus, da die bereitgestellte Leistung bedarfsgerecht an den Maschinenzyklus angepasst werden kann. Beide Antriebe werden über einen Zwischenkreis mit einem Schwungspeicher gekoppelt. Die Rekuperation von Bremsenergie und Zwischenspeicherung von Spitzen sorgt für einen nahezu konstanten Leistungsbezug aus dem elektrischen Netz.

In der hier vorgestellten Beispielanwendung existieren lediglich das Gestell und die Antriebseinheiten als reale Demonstrationsobjekte (siehe Bild 1). Die funktionellen Zusammenhänge erschließen sich erst bei der Betrachtung der Gesamtanlage auf

einem Monitor (Tablets und Leinwand), der die bewegte Kinematik als Simulationsmodell mittels Augmented Reality präsentiert.

Bild 1: Aufbau des Gesamtsystems (Gestell und Komponenten der Servopresse, Augmented-Reality-Anwendung auf Tablets und Leinwand)

An dieser Beispielanwendung werden Monitoring-Funktionen demonstriert, indem physikalische Größen aus dem in Echtzeit parallel zum Maschinenbetrieb gerechneten Simulationsmodell gewonnen werden. Dies stellt eine sehr effiziente Methode dar, da Zustandsgrößen wie z. B. Druckverläufe in kritischen Knoten, Energiebilanzen oder dynamische Lagerkräfte messtechnisch nur mit erheblichem Aufwand beobachtet werden können. Darüber hinaus wird der Verschleißzustand einer Axialkolbeneinheit anhand des mit einem Simulationsmodell berechneten Volumenstroms bewertet. Die Informationen werden in augmentierter Darstellungsform aufbereitet, um die komplexen Zusammenhänge einfach und schnell verschiedenen Nutzergruppen, wie z. B. Inbetriebnehmern oder Wartungspersonal, nahezubringen.

2 Durchgängiges Engineering

2.1 Wiederverwendbare Modelle

Das durchgängige Engineering ist neben der horizontalen und vertikalen Vernetzung die dritte Säule von Industrie 4.0. Dabei wird der Produktlebenszyklus in allen relevanten Phasen (im Wesentlichen Anforderungsmanagement, Entwicklung, Fertigung, Inbetriebnahme und produktiver Betrieb) durch modellbasierte Engineering-Methoden begleitet. Die zugrunde liegenden Modelle werden jedoch derzeit meist spezifisch für jede dieser durch individuelle Randbedingungen charakterisierten Phasen neu entwickelt. Einschlägige Beispiele hierfür sind die Entwicklung von räumlichen MKS- oder FEM-Modellen ohne Nutzung der vorhandenen CAD-Geometriedaten oder die Programmierung von Reglercode unabhängig vom meist vorliegenden Systemmodell. Diese Schnittstellenproblematik beeinflusst die Entwicklungsqualität und -effizienz negativ, da zum einen Arbeitsschritte mehrfach ausgeführt werden und zum anderen die Zahl der Fehlerquellen steigt. Hier setzt das durchgängige Engineering mit der Wiederverwendung von Modellen aus vorherigen Entwicklungsphasen an.

Mit den stetig steigenden Anforderungen an Performance und Wirtschaftlichkeit von Maschinen und Anlagen steigt deren Komplexität. So verschmelzen beispielsweise in der Antriebstechnik hydraulische und elektromechanische Komponenten zu gekoppelten hybriden Systemen. Dies hat Einfluss auf den gesamten Produktlebenszyklus. So ist die Entwicklung und Auslegung solcher Systeme nur mit Domänen übergreifenden Entwicklungswerkzeugen und -methoden zu beherrschen. Ein wesentlicher Grundgedanke des durchgängigen Engineerings bedeutet, die hier entstehenden Simulationsmodelle während des gesamten im V-Modell [2] beschriebenen Entwicklungsprozesses möglichst nahtlos zu nutzen. Darüber hinaus steigen in den späteren Phasen der Inbetriebnahme und Wartung die Anforderungen an entsprechend zu schulendes Personal. Um in diesen Phasen den Aufwand zu minimieren, ist eine effiziente und intuitive Darstellung dieser Anlagen mit ihren funktionalen Parametern zielführend. Hier hat sich eine augmentierte Informationsaufbereitung bewährt, mit deren Hilfe schon vor der Inbetriebnahme oder während des laufenden operativen Betriebs in kürzester Zeit Informationen vermittelt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können.

Diese Verknüpfung von durchgängigem Engineering und Augmented Reality wird im Rahmen des vorliegenden Beitrags an der beschriebenen Servopresse demonstriert. Für diese Anwendung werden mittels eines automatisierten Workflows Simulationsmodelle auf Steuerungshardware übertragen, um damit beispielsweise den Maschinenzustand zu überwachen und Diagnosefunktionen bereitzustellen.

2.2 Offene Standards

Aus den dargelegten Gründen steigt der Bedarf an domänenübergreifenden Simulationsmodellen, die nicht nur in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus Verwendung finden, sondern durchgängig genutzt werden können. Zudem setzt sich durch dezentralisierte Aufgabenteilung, auch über Unternehmensgrenzen hinweg, die Weitergabe von Modellen, z. B. zwischen Projektpartnern, immer mehr durch. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Inkompatibilität der zahlreichen verschiedenen Software-Tools dar. Vor diesem Hintergrund erlangt die von einer Gemeinschaft aus industriellen und akademischen Vertretern entwickelte Modellierungssprache Modelica eine ständig zunehmende Bedeutung und Verbreitung [3]. Dabei handelt es sich um einen offenen, nicht proprietären Sprachstandard, mit dem domänenübergreifende Systemsimulationsmodelle mittels akausaler Gleichungen mathematisch beschrieben werden können. Als integraler Bestandteil der Engineering-Strategie in der Bosch-Gruppe wird Modelica auch bei Bosch Rexroth zur Entwicklung von Systemmodellen verwendet [4][5]. Die auf diesen Modellen basierenden Erkenntnisse wurden im klassischen Simulationsprozess bisher von Entwicklungsingenieuren generiert und anschließend z. B. in Berichtsform an Inbetriebnehmer der realen Anlage übergeben. Aufgrund dieser Schnittstellenproblematik gestaltet sich der Inbetriebnahmeprozess bisweilen fehlerbehaftet und ineffizient. Daher wird in letzter Zeit verstärkt die virtuelle Inbetriebnahme der realen Steuerung an einer virtuellen Regelstrecke, basierend auf den Simulationsmodellen, gefordert. Hierfür ist eine Schnittstelle zu Industriesteuergeräten eine notwendige Voraussetzung.

Zu diesem Zweck stellt die Bosch Rexroth AG für ihre Steuerungshardware das sog. Open Core Interface bereit. Dabei handelt es sich um eine universelle Schnittstelle, die einen direkten Funktionszugriff auf die Steuerungs- und Antriebskomponenten ermöglicht. Die Implementierung des Open Core Interfaces in einer speziellen Modelica-Bibliothek ermöglicht schließlich die unmittelbare Interaktion mit der Steuerungshardware aus einer Modelica-basierten Simulationsumgebung heraus.

2.3 Toolchain für die Codegenerierung

Die bisher diskutierten Methoden erlauben die deterministische und effiziente Gestaltung des Entwicklungsprozesses bis zur Inbetriebnahme einer Anlage. Die zugrunde liegenden Modelle bieten jedoch auch für die im Produktlebenszyklus nachfolgenden Phasen des produktiven Betriebs erhebliches Mehrwertpotenzial. Die funktionalen Zusammenhänge sind im Simulationsmodell in mathematischer Form greifbar und damit für Condition Monitoring-, Diagnose- oder Optimierungsroutinen zugänglich. Voraussetzung hierfür ist jedoch, die Modelle direkt auf der Steuerungshardware parallel zum Maschinenbetrieb rechnen zu können. Hierfür sind mehrere komplexe informationstechnische Arbeitsschritte zur Datenaufbereitung

und -konvertierung nötig. Eine effiziente Methode, die Vorteile des durchgängigen Engineerings dennoch einem breiten Anwenderkreis zugänglich zu machen, ist die Abarbeitung dieser Arbeitsschritte mittels automatisierter Workflows. Für die Interaktion von Simulationsmodellen auf Modelica-Basis mit Steuerungshardware der Bosch Rexroth AG existiert eine sog. Toolchain nach Bild 2. Diese basiert auf offenen Standards und stellt damit eine flexibel einsetzbare und kostengünstige Lösung dar.

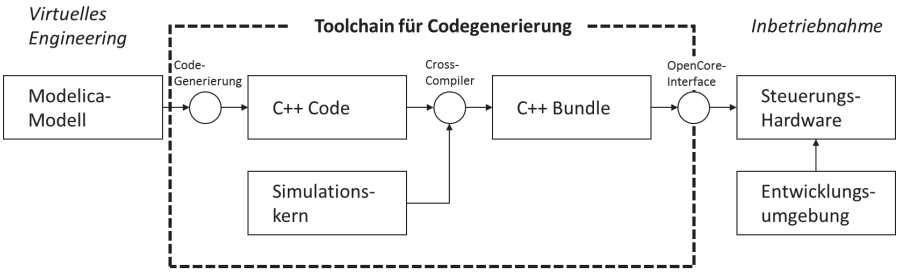


Bild 2: Struktur der Toolchain für die Codegenerierung

Ausgangspunkt für die Anwendung der Toolchain sind die beschriebenen offenen Standards, die zum einen eine domänen- und toolübergreifende Modellierung physikalischer Systeme erlauben und zum anderen deren direkte Interaktion mit Steuerungssystemen der Bosch Rexroth AG ermöglichen. Prinzipiell kombiniert die Toolchain das Simulationsmodell und spezifisch zugeschnittene mathematische Lösungsalgorithmen zu auf Steuerungs-Hardware ausführbarem Code. Der Zugriff auf die Hardware erfolgt dann aus klassischen und für den Anwender gewohnten Entwicklungsumgebungen heraus.

Auf diese Weise stehen dem Anwender während des Maschinenbetriebs sämtliche Zustandsgrößen des Simulationsmodells und ihre funktionalen Zusammenhänge zur Verfügung. Diese sind für mathematische Optimierungs- und Diagnoseroutinen greifbar und bieten somit erheblichen Mehrwert für den Anwender. Beispielhaft wird für die hier vorgestellte Pressenanwendung der Verschleiß an einer Pumpeneinheit auf Basis einer zeitlichen Veränderung des Leckölvolumenstromes berechnet.

3 Augmented-Reality-Anwendung

3.1 Aufbau des AR-Szenarios

Die Idee der vorgestellten AR-Anwendung besteht in der virtuellen Darstellung und Simulation einer gesamten Presse samt Zusatzinformationen, wobei nur einige reale Pressenkomponenten an einem Gestell und eine reale Steuerung vorhanden sind (siehe Bild 3). Alle anderen Pressenkomponenten werden virtuell erstellt und bewegt. Das virtuelle Gesamtmodell wird auf mobilen Geräten über die reale Umgebung überblendet. Die Bewegung der Presse erfolgt über eine reale Steuerung und drahtlose Datenanbindung an die AR-Anwendung..

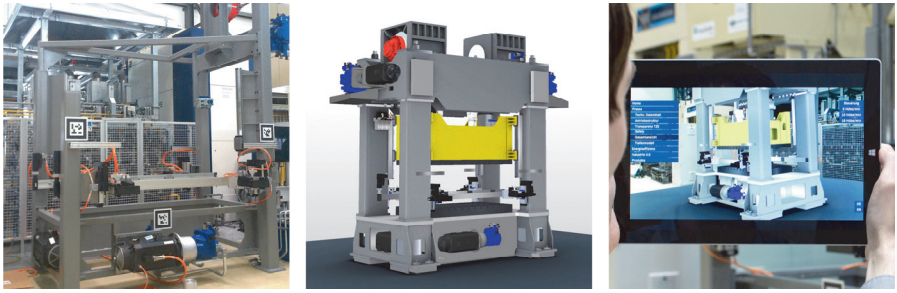


Bild 3: Aufbau des AR-Systems: Gestell mit Komponenten und Markern (links), virtuelle Presse (Mitte), AR-Visualisierung auf einem Tablet (rechts)

Zur Umsetzung der AR-Anwendung wird das Framework ARViewer [6] genutzt. Dieses trennt die Entwicklung einer Anwendung in verschiedene Komponenten (Tracking, Kamera, Grafik, Daten), welche unabhängig voneinander erstellt und verwendet werden können (siehe Bild 4). Daraus ergibt sich eine vereinfachte Entwicklung individueller AR-Anwendungen. Ein weiterer Vorteil besteht in der Zeitersparnis bei der Entwicklung. Durch die vorhandenen Kameraschnittstellen können verschiedene Kameras, z. B. Tablet-Kameras und Industrie-Kameras, direkt angebunden werden. In den folgenden Abschnitten werden die besonderen Herausforderungen der beschriebenen AR-Anwendung für die Anbindung der Steuerung und Datensynchronität, das Tracking sowie die Erstellung der GUI (Graphical User Interface) und des VR-Modells näher betrachtet.

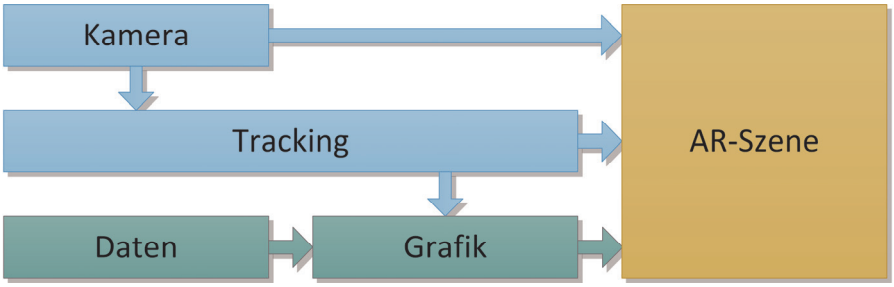


Bild 4: Aufbau des AR-Frameworks

3.2 Anbindung der Steuerung

Um Simulationen ausführen zu können, sind sowohl die realen Pressenkomponenten als auch das virtuelle Modell an die reale Steuerung mittels Hardware-in-the-Loop-Kopplung (HiL-Kopplung) [7] angebunden (siehe Bild 5). Die realen und virtuellen Komponenten bewegen sich anhand der aktuellen Steuerungswerte und können über diese beeinflusst werden. Durch die bidirektionale Verbindung der Steuerung zu den mobilen Geräten der AR-Anwendung können nicht nur virtuelle Bewegungen ausgeführt und Werte angezeigt, sondern auch die Steuerung beeinflusst werden. Es ist z. B. möglich die aktuelle Hubzahl zu ändern und auf Fehler zu reagieren. Die Schnittstelle der AR-Anwendung zur Steuerung ist mit dem Bosch Rexroth Open Core Interface MLPI (Motion Logic Programming Interface) implementiert [8]. Durch diese kann in einfacher Art und Weise auf Funktionen und Variablen der Steuerung zugegriffen werden.

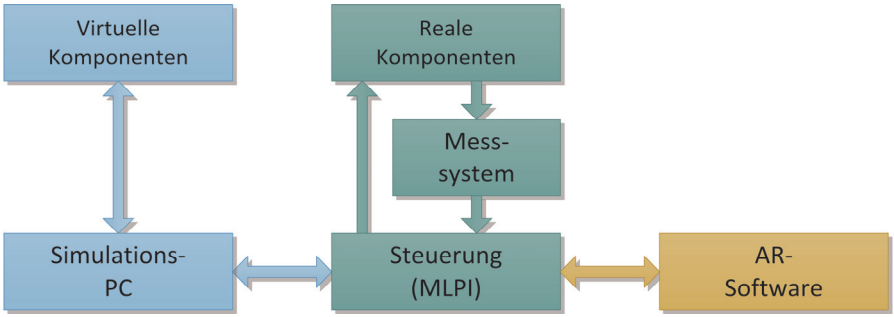


Bild 5: Aufbau der Kommunikation

Die mobilen Geräte für die AR-Anwendung müssen per drahtlosem Netzwerk an die Steuerung angebunden werden. Dazu stehen die verbreiteten Technologien WLAN

und Bluetooth zur Verfügung. WLAN hat den Vorteil, dass es sehr schnell ist und eine relativ große Reichweite besitzt. Durch die z. B. auf einer Messe auftretende Vielzahl an vorhandenen WLAN-Verbindungen können jedoch Störungen auftreten, so dass kein zuverlässiger Betrieb möglich ist. Die Bluetooth-Verbindung ist sehr stabil, allerdings sind Reichweite und Verbindungsgeschwindigkeit eingeschränkt. Ein weiteres Problem ist die Latenz bei Datenanfragen an die Steuerung. Durch die drahtlose Kommunikation mit Bluetooth benötigen Daten im Mittel 50 ms, bevor Sie auf AR-Seite verfügbar sind. Bei den Geschwindigkeiten des Transfers ergab sich so eine Wegdifferenz von 10 cm und mehr zwischen virtueller und realer Welt. Ein Lösungsweg, um die Synchronität zwischen realen und virtuellen Komponenten wiederherzustellen, bestand in der Einführung von virtuellen vorlaufenden Achsen.

3.3 Tracking des Pressengestells

Jede AR-Anwendung zur Überblendung der Realität mit einem 3D-Modell muss das Problem des Trackings lösen, um die Position der virtuellen Kamera in der realen Welt zu ermitteln. Im vorliegenden Szenario liegt die besondere Herausforderung im Tracken eines sehr großen Gestells (ca. 4,30 m), das zudem wenige markante Eigenschaften besitzt und aus den meisten Betrachterpositionen nicht vollständig im Bild ist (siehe Bild 1).

Dazu wurden verschiedene Trackingverfahren von verschiedenen Quellen getestet. Beispielsweise lieferte das markerlose Tracking von Metaio [9] für das zu trackende Gestell keine ausreichend stabile Kameramatrix für die Ausrichtung der virtuellen Presse. Auch war die Notwendigkeit, das Tracking immer von einer bestimmten Blickposition aus starten zu müssen, für den gewünschten Einsatzzweck nicht tragbar. Da Stabilität das wichtigste Kriterium darstellte, fiel die Wahl auf markerbasiertes Tracking. Dies hat zwar den Nachteil, dass am Gestell zusätzliche, gut sichtbare Markierungen angebracht werden müssen. Marker besitzen jedoch den Vorteil, dass diese sehr robust erkannt werden. Getestet wurden neben den definierten ID-Markern auch Bilder als Marker – das Natural Feature Tracking (NFT) [10]. Im direkten Vergleich mit ID-Markern ist die Trackingentfernung jedoch geringer. Des Weiteren setzt NFT-Tracking für die initiale Erkennung einen annähernd frontalen Blick auf den Marker voraus.

Aber auch bei dem verwendeten Markertracking sind einige Herausforderungen zu lösen. Um das komplette Gestell aus möglichst vielen Blickwinkeln zu tracken, sind mehrere Marker notwendig. Diese sollten zudem nicht zu groß sein und müssen an geeigneten Stellen positioniert werden, um den optischen Eindruck nicht zu stören. Zu kleine Marker im Kamerabild führen jedoch zu einer Instabilität des Trackings und damit zu einem Wackeln oder Flimmern der virtuellen Presse durch keine oder falsche Transformationsmatrizen. Der Zusammenhang zwischen geeigneter Markergröße und maximaler Entfernung mit stabilem Tracking kann dabei als linear

angesehen werden. Für eine maximale Entfernung der verwendeten Kamera zum Gestell von 7 m erwiesen sich Marker mit einer Kantenlänge von 22 cm als ausreichend.

Da mehrere Marker erforderlich sind und dadurch auch mehrere Marker im Bild sein können, kann es zu einem Springen der virtuellen Presse zwischen den Markern kommen, weil eine optimale Ausrichtung für jeden einzelnen Marker nicht möglich ist. Durch den Einsatz von möglichst wenig Markern an entfernten Positionen und der Berücksichtigung des Problems im Trackingalgorithmus kann dieses minimiert werden. Eine weitere Grundvoraussetzung für ein gutes Trackingergebnis ist eine gute Kamerakalibrierung [11]. Zudem ist die Einrichtung der einzelnen Marker (Position und Ausrichtung) im AR-System zur Definition der einzelnen Transformationsmatrizen notwendig. Dazu ist ein initialer Aufwand notwendig.

3.4 Visualisierung und Interaktion mit der virtuellen Presse

Zur Visualisierung der Presse muss ein virtuelles Modell mittels DCC-Software (Digital Content Creation, z. B. 3ds Max [12]) erstellt und in das Grafikformat der AR-Software exportiert werden. Für dieses Modell liegen CAD-Daten und Fotos der Komponenten zu Grunde. Diese Daten können allerdings nicht direkt verwendet, sondern müssen aufbereitet werden. Zum einen ist es erforderlich die Polygonanzahl stark zu reduzieren um die Echtzeitfähigkeit zu gewährleisten, zum anderen sollen realitätsnahe Texturen verwendet werden, um einen möglichst guten visuellen Eindruck für den Nutzer zu erreichen. Die Hierarchie des Szenegraphen der einzelnen Komponenten muss den kinematischen Aufbau der Konstruktion berücksichtigen und nachbilden, um die Bewegungsbefehle von der Steuerung korrekt ausführen zu können.

Zur Interaktion des Nutzers sowohl mit dem virtuellem Modell als auch der realen Steuerung über ein Tablet wurde eine nutzerfreundliche Oberfläche geschaffen (siehe Bild 6). Neben den Funktionen zur Beeinflussung der Presse selbst können verschiedene Zusatzinformationen angezeigt werden. Dies sind z. B. Daten über die Komponenten oder die Anzeige des Safety-Bereichs der Presse. Wichtige Informationen werden direkt an den Komponenten der Presse angezeigt. Die Oberfläche und Informationen sind in mehreren Sprachen verfügbar.

Bild 6: Überblendung des Gestells mit der virtuellen 3D-Presse und Zusatzinformationen auf einem Tablet

Neben statischen Zusatzinformationen werde außerdem Live-Werte der angebundenen Steuerung angezeigt. Neben z. B. der aktuellen Hubzahl können so auch Fehlermeldungen ausgegeben werden. Zudem ist es möglich die Steuerung zu beeinflussen, um z. B. die Hubzahl zu ändern. Sowohl die realen Komponenten als auch das virtuelle Modell wird so in Echtzeit geändert. Es ist dadurch für den Nutzer in einfacher Form möglich, den Prozess jederzeit zu kontrollieren und zu beeinflussen, ohne die Maschinensteuerung direkt zu nutzen [13]. Somit können auch verschiedene Simulationen und Optimierungen in schneller Art und Weise durchgeführt und durch das Monitoring verifiziert werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Am Beispiel einer Servopresse wurden die Herausforderungen und Vorteile des modellbasierten durchgängigen Engineerings gezeigt. Als wichtiger Bestandteil von Industrie 4.0 können so Produkte und Prozesse im gesamten Produktlebenszyklus durch offene Standards und automatisierte Workflows verbessert werden. Durch die Augmented Reality wird der Anwender optimal in die Prozesse eingebunden und bekommt alle relevanten Informationen automatisiert angezeigt. Dadurch wird die Mensch-Maschine-Interaktion erheblich verbessert und Prozesse beschleunigt. Neben Anwendungen für das Monitoring, der Steuerung und der Fehlersuche kann die Visualisierung von Energieflüssen zukünftig bei der Effizienzsteigerung helfen.

Literaturangaben

[1] Azuma, R.; Baillot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S.; MacIntyre, B.: Recent advances in augmented reality. In: IEEE Computer Graphics and Applications. 21, Nr. 6, 2001, S. 34-47

[2] VDI 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Beuth Verlag GmbH Berlin, 2004

[3] Fritzson, P.: Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 3.3: A Cyber-Physical Approach. Wiley, 2014

[4] Mikelsons, L. et al.: Symbolic Model Reduction Applied to Realtime Simulation of a Construction Machine. In: Proceedings of the 7th Modelica Conference, Como, Italy, September 20-22, 2009

[5] Hofmann, A. et al.: Simulating Collisions within the Modelica MultiBody library. In: Proceedings of the 10th International Modelica Conference, Lund, Sweden, March 10-12, 2014

[6] Schumann, M.; Klimant, P.; Kollatsch, C.; Wittstock, V.: Modulares Framework zur Entwicklung von Augmented-Reality-Anwendungen. In: VAR² – Realität erweitern, 2. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien an der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik der TU Chemnitz, Chemnitz, 2013, S. 115-123

[7] Neugebauer, R.; Klimant, P.; Witt, M.: Realistic Machine Simulation with Virtual Reality. Procedia CIRP – 45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012, ELSEVIER, 3/2012, S. 103-108

[8] Bosch Rexroth AG: Open Core Engineering, URL: http://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/engineering/open-core-engineering/open-core-engineering [30.10.2015]

[9] Metaio, URL: https://www.metaio.com [30.10.2015]

[10] Neumann, U.; You, S.: Natural Feature Tracking for Augmented Reality. In: IEEE Transaction on (Volume 1), 1999, S. 53-64

[11] ARToolKit: Camera Calibration, URL: http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/usercalibration.htm [30.10.2015]

[12] Autodesk: 3ds Max, URL: http://www.autodesk.de/products/3ds-max/overview [30.10.2015]

[13] Kollatsch, C.; Schumann, M.; Klimant, P.; Wittstock, V.; Putz, M.: Mobile Augmented Reality based Monitoring of Assembly Lines. In: 5th CATS 2014 - CIRP Conference on Assembly Systems and Technologies, Procedia - CIRP, Vol. 23, Dresden, November 12-14, 2014, S. 246-251

Intuitive Mensch-Maschine-Interaktion als Enabler für AR in der Automobilproduktion

Dehlke, J.[1]

[1] Audi AG

Abstract

Für Audi heißt die Zukunft der Automobilproduktion Smart Factory. In den intelligenten Fabriken der Marke mit den vier Ringen arbeiten Mensch und Maschine immer enger zusammen, um die individuellen Wünsche seiner Kunden bestmöglich umzusetzen. Das Audi Production Lab arbeitet deshalb an innovativen Technologien wie Augmented Reality, die neue Möglichkeiten bieten, die Interaktion zwischen Mitarbeitern und Produktionsmitteln noch intuitiver zu gestalten.

Kurzvorstellung
Jens Dehlke, Audi Production Lab

- 30 Jahre, Ingolstädter
- Dipl. Ing. für Technologiemanagement (Uni Stuttgart)
- seit Gründung (2012) im Audi Production Lab tätig
- Projektleitung Mensch-Maschine-Interaktion
  - Fokus: Augmented und Virtual Reality

Audi Production Lab

- Abteilung der Technologieentwicklung Produktion
- Schwerpunkt Zukunftstechnologien in der Vorentwicklungsphase
- Koordination interdisziplinärer Projektteams
- Vernetzung interner und externer Experten

2 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

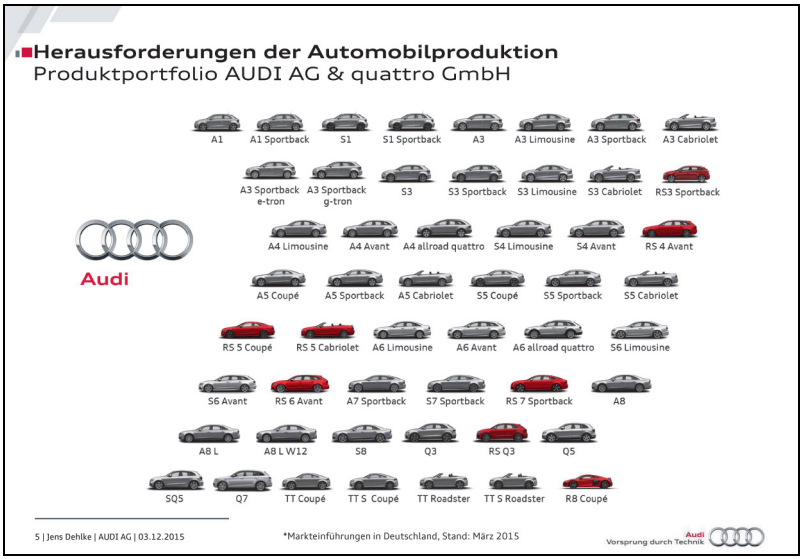
Audi Vorsprung durch Technik

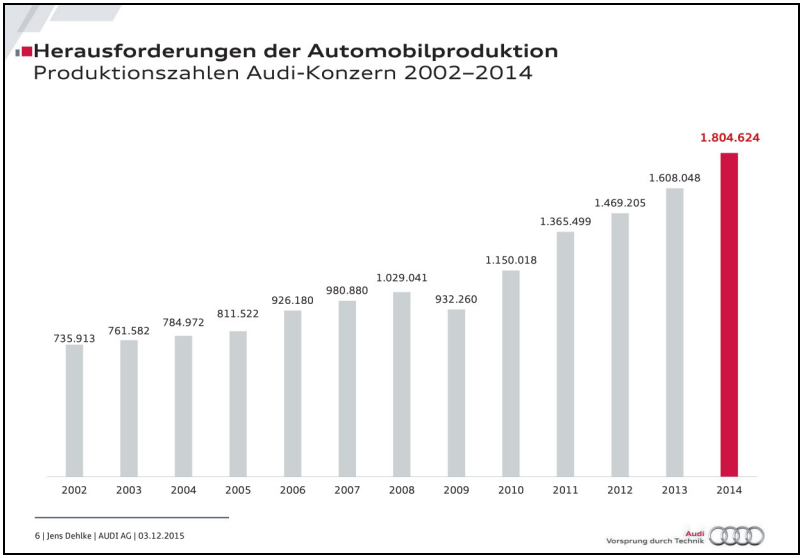
Agenda

1. Audi Smart Factory – der Mensch in der intelligent vernetzen Fabrik
2. Augmented Reality im Einsatz bei Audi
3. Beispiele für intuitive Interaktion von Mensch und Maschine
4. Augmented Reality im Audi Production Lab
5. Herausforderungen und Potenziale für Augmented Reality im Produktionsumfeld

4 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi Vorsprung durch Technik


Herausforderungen der Automobilproduktion
Produktportfolio AUDI AG & quattro GmbH
Audi
A1
A1 Sportback
S1
S1 Sportback
A3
A3 Limousine
A3 Sportback
A3 Cabriolet
A3 Sportback e-tron
A3 Sportback g-tron
S3
S3 Sportback
S3 Limousine
S3 Cabriolet
RS3 Sportback
A4 Limousine
A4 Avant
A4 allroad quattro
S4 Limousine
S4 Avant
RS 4 Avant
A5 Coupé
A5 Sportback
A5 Cabriolet
S5 Coupé
S5 Sportback
S5 Cabriolet
RS 5 Coupé
RS 5 Cabriolet
A6 Limousine
A6 Avant
A6 allroad quattro
S6 Limousine
S6 Avant
RS 6 Avant
A7 Sportback
S7 Sportback
RS 7 Sportback
A8
A8 L
A8 L W12
S8
Q3
RS Q3
Q5
SQ5
Q7
TT Coupé
TT S Coupé
TT Roadster
TT S Roadster
R8 Coupé
5 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015
*Markteinführungen in Deutschland, Stand: März 2015
Audi
Vorsprung durch Technik


Herausforderungen der Automobilproduktion
Produktionszahlen Audi-Konzern 2002–2014
735.913
761.582
784.972
811.522
926.180
980.880
1.029.041
932.260
1.150.018
1.365.499
1.469.205
1.608.048
1.804.624
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
6 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015
Audi
Vorsprung durch Technik

Schneller, effizienter, nachhaltiger
Smart Factory ist die Zukunft der Audi Produktion

- Die intelligent vernetzte Fabrik der Zukunft heißt bei Audi **Smart Factory**
  - Dort produzieren wir noch schneller, effizienter und nachhaltiger
- In der Smart Factory ist der **Mensch** weiterhin der Motor der Produktion
  - Eine einfache und sichere Interaktion von Mensch mit Maschine ist dafür elementar
- **Augmented Reality** ist eine wichtige Grundlagentechnologien für Mensch-Maschine-Interaktion
  - Einsatzmöglichkeiten für Analysen, Trainings, Arbeitsanweisungen und Fernzusammenarbeit

Agenda

1. Audi Smart Factory – der Mensch in der intelligent vernetzen Fabrik
2. Augmented Reality im Einsatz bei Audi
3. Beispiele für intuitive Interaktion von Mensch und Maschine
4. Augmented Reality im Audi Production Lab
5. Herausforderungen und Potenziale für Augmented Reality im Produktionsumfeld

Augmented Reality für Kunden und Händler
virtuelles Bordhandbuch Audi eKurzinfo

9 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Augmented Reality für Mitarbeiter
Soll-Ist-Abgleich von Prototypen mit CAD-Daten

10 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Augmented Reality Einsatz heute

Interaktion findet häufig mit etablierter Technik statt

Mensch-Maschine-Interaktion

wird **heute** in der Regel

über **etablierte Eingabemethoden**

realisiert.

Alternative Ansätze

haben sich

noch

nicht durchgesetzt.

Agenda

1 Audi Smart Factory – der Mensch in der intelligent vernetzen Fabrik

2 Augmented Reality im Einsatz bei Audi

3 Beispiele für intuitive Interaktion von Mensch und Maschine

4 Augmented Reality im Audi Production Lab

5 Herausforderungen und Potenziale für Augmented Reality im Produktionsumfeld

Wie interagieren Mensch und Maschine heute?
Elektronische Wagenbegleitkarte

13 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Wann ist Mensch-Maschine-Interaktion intuitiv?
Wenn sie „babyleicht“ ist...

Quelle: Youtube

14 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

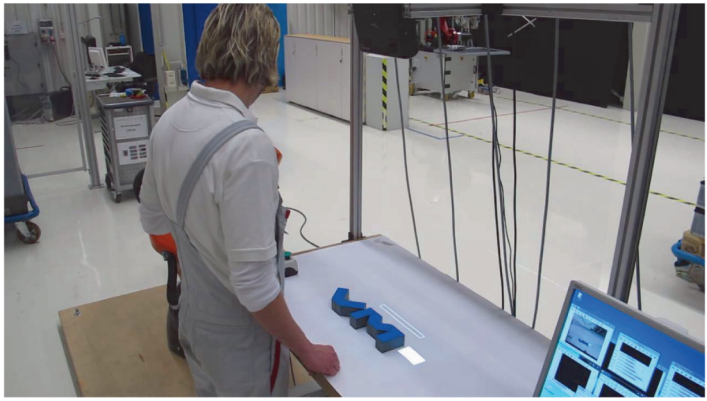
Wie interagieren Mensch und Maschine morgen?
Potenziale intuitiver Mensch-Maschine-Interaktion

Quelle: Vimeo

Agenda

1. Audi Smart Factory – der Mensch in der intelligent vernetzen Fabrik
2. Augmented Reality im Einsatz bei Audi
3. Beispiele für intuitive Interaktion von Mensch und Maschine
4. Augmented Reality im Audi Production Lab
5. Herausforderungen und Potenziale für Augmented Reality im Produktionsumfeld

Bisherige Projekte:
Proof of Concept Montageassistenzsystem (2012)



18 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

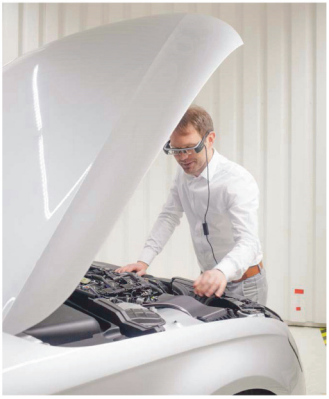
Audi
Vorsprung durch Technik

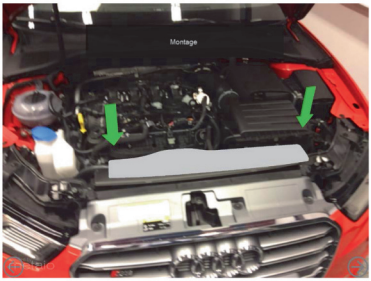
Bisherige Projekte:
Motorraumprüfung per Tablet (2013)

19 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Bisherige Projekte:
Montageanweisungen durch AR-Brille (2014)





20 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Bisherige Projekte:
intuitives Interaktionskonzept für AR (2014)

21 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Agenda

1. Audi Smart Factory – der Mensch in der intelligent vernetzen Fabrik
2. Augmented Reality im Einsatz bei Audi
3. Beispiele für intuitive Interaktion von Mensch und Maschine
4. Augmented Reality im Audi Production Lab
5. Herausforderungen und Potenziale für Augmented Reality im Produktionsumfeld

22 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi Vorsprung durch Technik

Ein kleiner Schritt auf einem langen Weg
Herausforderungen bis zur Serienreife von Augmented Reality

Erfassen

- Robuste, schnelle Referenzierungs-verfahren
- Interaktionserfassung
- Eyetracking

Verarbeiten

- Intuitives Bedienkonzept
- Automatisierte Ableitung von Referenzpunkten
- Schnelle, einfache Datenaufbereitung
- Automatisierte Kontexterkennung

Ausgeben

- Ergonomische, robuste Ausgabegeräte
- Akkulaufzeit > 8h
- Latenzfreie, kontaktanaloge Darstellung von Inhalten

23 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi Vorsprung durch Technik

Augmented Reality im Produktionsumfeld
Potenziale für die Smart Factory

24 | Jens Dehlke | AUDI AG | 03.12.2015

Audi
Vorsprung durch Technik

Zur Konferenz

„Realität erweitern“ – so lautet auch das Motto der 3. Fachkonferenz zu VR/AR-Technologien der Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik der Technischen Universität Chemnitz. Im Mittelpunkt der Konferenz stehen neben Basistechnologien virtueller Techniken wieder Anwendungsbeispiele von Virtual und Augmented Reality aus Industrie und Forschung.

Schon jetzt laden wir Sie herzlich zur 4. Fachkonferenz VAR² ein. Diese wird im Dezember 2017 in Chemnitz stattfinden.

AVARE – Netzwerk zur Anwendung von Virtual und Augmented Reality

Mitveranstalter der Konferenz ist das durch die Professur geführte Forschungsnetzwerk AVARE (Netzwerk zur Anwendung von Virtual und Augmented Reality). In diesem Netzwerk haben sich im Oktober 2015 interessierte Unternehmen zusammengeschlossen, um anwenderorientiert den Einsatz und die Möglichkeiten virtueller Techniken zu erforschen. Dabei orientiert sich die gemeinsame Forschung des Netzwerkes an drei Hauptentwicklungslinien:

- Integrative Lösungen für die direkte Weiterverwendung von 3D-Daten aus der Konstruktion
- Innovative Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMI) für manuelle Tätigkeiten
- Problemlösung durch Vernetzung aktiver Systeme mit VR/AR

Weitere Informationen zum AVARE-Netzwerk finden Sie unter **www.avare.info**