



Ralph Stelzer (Hrsg.)

# ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung  
und Konstruktionstechnik



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



Ralph Stelzer (Hrsg.)

# **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN** 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung  
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

## **Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik**

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

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

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

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

ISBN 978-3-95908-062-0

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

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

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

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





# KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



# EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

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

# Erlebbarkeit von Anlagenkomponenten im Kontext Virtuelle Inbetriebnahme in virtuellen Umgebungen

Andreas Geiger · Ingolf Rehfeld · Uwe Rothenburg · Rainer Stark

## Einleitung

Der Einsatz von Virtual Reality (VR) Methoden in der Fabrikplanung und Absicherung ist bei großen produzierenden Unternehmen heute in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses (PEP) „State of the Art“ (Runde 2012). Virtual Reality ermöglicht die frühzeitige Visualisierung eines Entwicklungsstands in Originalgröße. Dadurch lassen sich Design- oder Konzeptentwürfe visualisieren, frühzeitig Fehler erkennen und Absicherungen hinsichtlich Ergonomie, oder Ein- und Ausbauuntersuchung durchführen (Rademacher, 2014). Diese Absicherungen, insbesondere die Prüfung von Produktionsanlagen wird heute vor allem mit statische Modellen durchgeführt (Westkämper & Runde 2006).

Weiterhin resultiert die zunehmende Vernetzung und Intelligenz von Produktionsanlagen im Kontext von Industrie 4.0 in hochkomplexen Anlagensteuerungen. Zur frühzeitigen Überprüfung der Datenquellen bzw. Planungsdaten für die reale Anlage hinsichtlich ihrer Korrektheit, Vollständigkeit und Konsistenz bereits während der Entwicklung werden daher zunehmend auch Techniken der funktionellen Virtualisierung eingesetzt.

Jedoch erfolgt vor allem im mittelständischen Anlagenbau der Einsatz der virtuellen Inbetriebnahme in Kombination mit VR-Techniken nur in Einzelfällen. Es wird erwartet, dass die Kombination beider Techniken, Virtual Reality und virtuelle Inbetriebnahme, zukünftig zu einer erheblichen Effizienzsteigerung in frühen Phasen der Produktentwicklung und kürzeren Markteinführungszeiten führt. Darüber hinaus trägt es maßgeblich zu einem beschleunigten Anlauf der Produktion bei und kann zudem für die Qualifizierung der Mitarbeiter durch VR-basiertes Training (Schenk et al. 2004) eingesetzt werden. Auch wird die Integration des Menschen in den Montageprozess aufgrund der immer weiter steigenden Mensch-Roboter Kollaboration

schwieriger (Arai et al. 2010) und muss durch geeignete Entwicklungsmethoden unterstützt werden.

Ein entscheidender Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg von Klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist die Innovationsfähigkeit sowie die Fähigkeit Produkte nach internationalen Standards zu entwickeln, (Nader et al. 2011).

Der Beitrag, welcher im Rahmen des Forschungsprojektes VIB-SHP – Virtuelle Inbetriebnahme mit Smart Hybrid Prototyping entstanden ist, greift diese Punkte auf und stellt die Erlebbarkeit, die Absicherung und virtuelle Inbetriebnahme von Produktionsanlagen in einer VR-Umgebung in den Fokus. Für die entsprechende Interaktion in VR-Szenen sind somit unterschiedliche Simulationssysteme und Interaktionsgeräte in geeigneter Weise miteinander zu koppeln. Hierfür wird ein Lösungsansatz vorgestellt sowie erste Ergebnisse präsentiert.

Das Ziel der Entwicklung ist die Kopplung einer Anlagensteuerung mit einer virtualisierten Anlage und deren Signalen mit den Freiheitsgraden in der Visualisierungssoftware. Dies ermöglicht funktionell virtualisierte Anlagen in einer immersiven Umgebung erleben zu können. Es dient der Unterstützung der Entwickler in den unterschiedlichen Phasen des Produktentwicklungsprozesses, wie z. B. eine Designauswahl zu treffen, oder auch Absicherungen, wie Ergonomieuntersuchungen durchführen zu können.

Ausgehend von einer Darstellung des technischen Lösungsansatzes mit den zentralen Softwarekomponenten TUI-Framework, einer Software zur Virtuellen Inbetriebnahme und Visualisierungssoftware wird ausführlich auf die Signalkopplung über das TUI-Framework und die Anbindung von multimodalen Interaktionsgeräten an die VR-Szene eingegangen. Abschließend werden die Möglichkeiten der Nutzung des entwickelten Frameworks und dessen Funktionen beschrieben.

### **Technische Lösung/Softwarebeschreibung**

Zur Darstellung einer virtualisierten Produktionsanlage in einer VR-Umgebung ist es notwendig, einen stabilen und echtzeitfähigen Signalaustausch zwischen der Software zur virtuellen Inbetriebnahme sowie der Visualisierungssoftware herzustellen. Das TUI-Framework übernimmt hierbei die Aufgabe des Signalaustausches. Autodesk VRED wird zur Visualisierung und WinMOD von Mewes&Partner wird zur Virtualisierung der Anlage eingesetzt. Nachfolgend werden die Softwaretools beschrieben.

## WinMOD von Mewes & Partner

WinMOD ist eine Systemplattform für die Virtualisierung von Anlagen und die Virtuelle Inbetriebnahme. Bei der Virtuellen Inbetriebnahme wird ein reales Automatisierungssystem (Steuerungssystem, IPC, Leitsystem) an einer virtualisierten Anlage in Betrieb genommen. Dies ermöglicht den Anlagenentwicklern bereits vor dem Aufbau der Montageanlage die SPS-Software zu entwickeln und zu testen. Die Anlagensteuerung kann somit bereits vor dem Aufbau der Anlage geprüft und abgesichert werden, was die Entwicklungszeiten deutlich verkürzt und einen sichereren und optimierten Betrieb ermöglicht.

Durch die Erweiterung WinMOD-SIMLINE ist es zudem möglich, den Materialfluss der Anlage zu simulieren. WinMOD-SIMLINE ermöglicht darüber hinaus die Visualisierung der CAD-Daten einer Anlage. Um jedoch eine immersive High-End Visualisierung zu erreichen, wurde eine Kopplung von WinMOD mit der Visualisierungssoftware VRED umgesetzt.

## Autodesk VRED und Visualisierungstechnologien

Autodesk VRED ist eine Software zur High-End Echtzeitvisualisierung von Designstudien und Produkten basierend auf Geometriedaten gängiger CAD-Systeme. Die Software wird vor allem in der Automobilindustrie für Design Reviews, Sichtbarkeitsuntersuchungen und zur Erstellung von Bild- und Filmmaterial für das Marketing sowie für Online-Konfiguratoren eingesetzt.

Zur Visualisierung des 3D Content können entweder herkömmliche Displays aber auch stereoskopische Technologien zur immersiven Betrachtung des Objektes verwendet werden. Nach Slater & Wilbur (1997) ist Immersion die den Benutzer „umhüllende“ Eigenschaft eines Systems. Durch die Bereitstellung von visuellen Hinweisen „taucht“ der Benutzer in diese Umgebung. Hierfür können zum einen Head Mounted Displays (HMD) wie Powerwall oder mehrseitige Projektionstechnologien wie die CAVE (Cruz-Neira et al. 1992) genutzt werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens VIB-SHP kommt Autodesk VRED für die Echtzeitvisualisierung von Fertigungsanlagen auf unterschiedlichen Medien – vom Bildschirm bis hin zur mehrseitigen CAVE zur Anwendung.

Der Vorteil des Einsatzes einer mehrseitigen, begehbaren CAVE liegt insbesondere in der Untersuchung der Sichtbarkeit und Erreichbarkeit aller Bedienelemente. Außerdem ist eine direkte Interaktion des Bedieners mit der Anlage möglich, welche insbesondere in Hinblick auf eine sichere Mensch-Roboter-Interaktion abgesichert werden kann.

Über die Python-API von Autodesk VRED und das TUI-Framework werden Interaktions-Geräte und intuitiv zu bedienende graphische Benutzeroberflächen angeschlossen, die es dem Anwender erlauben, sämtliche Fertigungsschritte der Anlage in einer virtuellen Szene zu simulieren und Funktionen der Anlage abzusichern.

### TUI-Framework

Das TUI-Framework (Tangible User Interface) wurde ursprünglich für den Datenaustausch zwischen verschiedenen Ein- und Ausgabegeräten in virtuellen Umgebungen entwickelt. Dabei steht vor allem die Manipulation einer virtuellen Szene im Vordergrund (Israel et al. 2011). Die Softwarearchitektur des TUI-Frameworks bietet die Möglichkeit, den Funktionsumfang auf weitere Geräte und Anwendungen zu erweitern, um einen universelleren Einsatzzweck des Datenaustausches zu erreichen (Belaifa & Israel 2013). Das TUI-Framework besteht aus drei zentralen Komponenten: dem TUI-Server als zentrale Kommunikationsschnittstelle, TUI-Clients als Anwendung von Diensten die das Framework bereitstellt und TUI-Plugins. Erweiterungen durch Plugins werden über eine XML-Konfiguration dynamisch beim Start des Servers geladen. In Abbildung 1 ist der Aufbau des TUI-Frameworks schematisch dargestellt und wird im Folgenden näher erläutert.

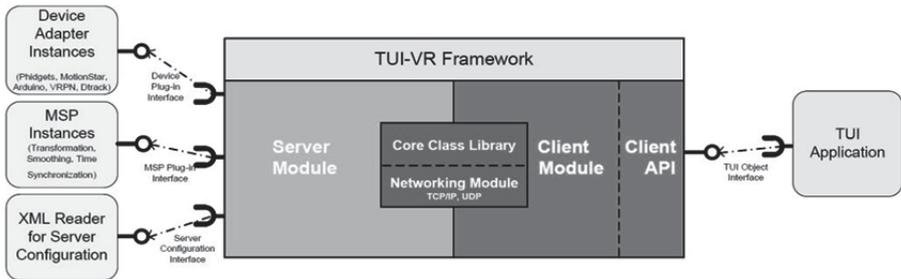


Abbildung 1: Darstellung des TUI-Frameworks (Israel et al., 2011)

### TUI-Server

Der TUI-Server dient als zentrale Datenkommunikationsschnittstelle. Dieser stellt die Daten über das UDP (User Datagram Protocol) bereit. Der UDP-Server kann dabei als Uni- oder Multicastserver betrieben werden und somit die Verwendung des TUI-Frameworks auf mehreren, über das Netzwerk verbundenen Rechner gleichzeitig ermöglichen. Die Konfiguration des Servers zur Laufzeit erfolgt über XML-basierte Dateien, die den schematischen Aufbau eines zu realisierenden Szenarios definieren. Ein Szenario

besteht in der Regel aus ein oder mehreren TUI-Objekten, die mittels Ein- und Ausgangsports mit einander verbunden werden und den Signalfluss zwischen den einzelnen TUI-Objekten festlegen. Verfügbar sind TUI-Objekte zur Anbindung verschiedener Interaktionsgeräte und zur Verarbeitung und Manipulation von Datenströmen im TUI-Framework. Mittels eines grafischen Konfigurators wird die Manipulation von XML-Serverkonfigurationen stark vereinfacht. Eine mögliche Signalkonfiguration wird in Abbildung 2 dargestellt.

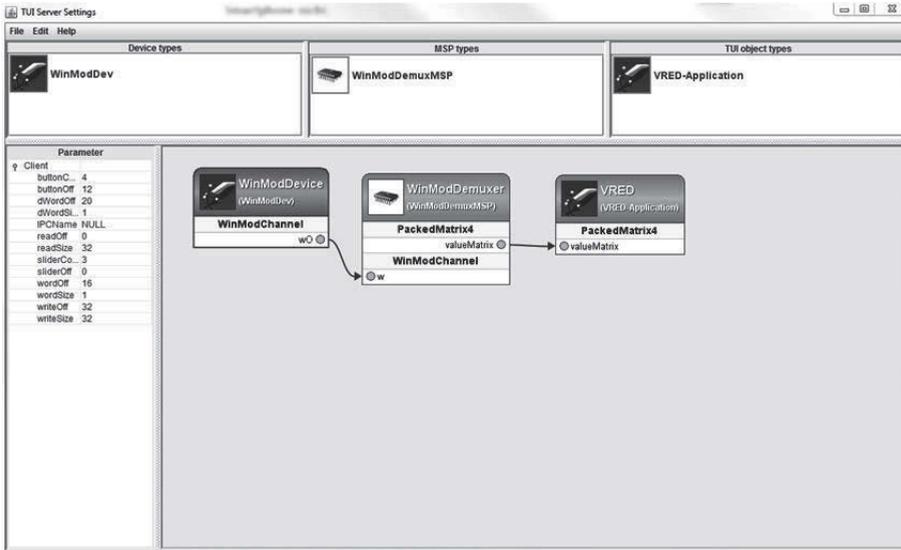


Abbildung 2: TUI-Server Konfiguration zur Visualisierung von Signaldaten aus Mewes & Partner WinMOD mit Autodesk VRED

Über den grafischen Konfigurator ist es möglich, im TUI-Framework implementierte Geräteadapter, MSP-Types (Multi Stream Processing Types) sowie TUI-Objects zu importieren und diese sehr schnell zu einer anwendungsspezifischen Signalkonfiguration zusammenzuschließen. In der dargestellten Konfiguration werden beispielsweise Daten durch das TUI-Device „WinMODDevice“ eingeladen, über den MSP-Type „WinModDemuxer“ verarbeitet und anschließend an das TUI-Object „VRED“ weitergeleitet.

### TUI-Client

Ein TUI-Client beschreibt eine Anwendung, die sich mit dem TUI-Server verbinden kann und in der Lage ist, Daten des TUI-Servers empfangen und verarbeiten zu können. Durch die Bidirektionalität des Frameworks können

auch Daten zum TUI-Server gesendet werden, um diese z. B. für weitere Anwendungen zu Verfügung zu stellen.

### TUI-Plugins

Die TUI-Plugins sind TUI-Bibliotheken, die beim Starten des Servers anhand der XML-Konfiguration dynamisch geladen werden. Die Plugins fungieren dabei als Schnittstelle zwischen externen Geräten oder Anwendungen. Ebenso können Plugins MSP-Types zur Datenverarbeitung beinhalten. Die Einbindung neuer, bisher nicht unterstützter Geräte in das TUI-Framework erfolgt durch die Implementierung entsprechender TUI-Plugins.

Das TUI-Framework bietet somit die Möglichkeit der schnellen Integration von Software und Hardwaretools zur Informationsanreicherung und Interaktion in VR-Umgebungen. Die Visualisierung übernimmt die Software Autodesk VRED, dessen Funktionalitäten nachfolgend erklärt werden.

## **Signalanreicherung der virtuellen Szene zur Erhöhung der Erlebbarkeit**

Zur Verbesserung der Erlebbarkeit ist es notwendig, statische Anlagenkomponenten durch Signale so steuern zu können, damit diese ein reales Anlagenverhalten abbilden. Hierfür sind unterschiedliche Einsatzzwecke ermittelt worden. Im ersten Schritt geht es um die Integration einfacher Interaktionsgeräte wie Gamecontroller in das TUI-Framework für die Steuerung einzelner Anlagenkomponenten. Nachfolgend wird die Kopplung zwischen WinMOD und Autodesk VRED über das TUI-Framework beschrieben.

### Steuerung von Teilen einer Anlage über einfache Interaktionsgeräte

Da in frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses noch nicht alle relevanten Informationen zur Verfügung stehen, ist es nicht möglich eine Anlage bereits virtuell in Betrieb zu nehmen. Einzelne Anlagenkomponenten lassen sich jedoch bereits absichern. Deshalb wurde im Rahmen dieses Projektes ein Gamecontroller, als einfaches Interaktionsgerät an das TUI-Framework angebunden, mit dem sich einzelne Freiheitsgrade von Objekten steuern lassen. Zusätzlich lassen sich Kameraposition und Orientierung über einen Gamecontroller verändern. Somit wurde ein System zur einfachen, kostengünstigen und intuitiven Navigation in einem immersiven Raum geschaffen. Dies ist vor allem bei der immersiven Betrachtung von 3D Content mit Head Mounted Displays von Bedeutung, da für diese wenige kommerzielle und funktionelle Interaktionsgeräte zur Verfügung stehen, welche nativ in die Software Autodesk VRED integriert sind.

Kopplung von Mewes&Partner, WinMOD und Autodesk, VRED mit dem TUI-Framework

Im Rahmen dieses Projektes wurde das TUI-Framework mit dem Ziel weiterentwickelt, eine Signalschnittstelle zwischen verschiedenen Softwaretools zur Verfügung zu stellen. Dabei werden Signale der Software zur Virtualisierung von Produktionsanlagen WinMOD, Mewes&Partner über das TUI-Framework an die Visualisierungssoftware Autodesk VRED weitergegeben. Ziel war es, die Signale, welche in der Software WinMOD erzeugt werden so zu interpretieren, dass eine voll virtualisierte Anlage in der Visualisierungssoftware Autodesk VRED immersiv dargestellt und angesteuert werden kann. Diese Lösung erlaubt die Darstellung über ein Head Mounted Display sowie einer Powerwall oder CAVE.

Die TUI-Konfiguration zum Signalaustausch zwischen WinMOD und VRED wurde bereits in Abbildung dargestellt. Signale aus WinMOD werden durch das WinMOD-Device gelesen und an den WinMOD-Demuxer des TUI-Frameworks weitergegeben. Nach einer Verarbeitung der Daten im Demuxer, welcher eine Transformation der Daten durchführt, werden diese an Autodesk VRED weitergegeben. Im TUI-Framework werden die Informationen in Vektoren umgewandelt und an VRED als Vektoren weitergegeben. Jeder Wert des Vektors wird einem Freiheitsgrad in VRED zugewiesen.

Zur Anbindung der Software WinMOD an das TUI-Framework wird die von WinMOD bereitgestellte Shared-Memory Schnittstelle Y200 genutzt. Zum Datenaustausch können Float-Werte (WORD, DWORD) sowie Bytes, welche Booleans repräsentieren, verwendet werden. Die jeweilige Anzahl der unterschiedlichen Signale wird in der Serverkonfiguration des TUI-Frameworks abgebildet und kann manuell konfiguriert werden.

Die in WinMOD erzeugten Float-Signale können einem Freiheitsgrad eines Objektes in der virtuellen Szene zugewiesen werden. Somit werden für ein Objekt, welches drei translatorische Freiheitsgrade und drei rotatorische Freiheitsgrade insgesamt sechs Float-Signale benötigt. Diese erzeugten Signale werden von WinMOD in den vorgegebenen Shared-Memory Bereich geschrieben und durch den WinMOD-Reader im TUI-Framework eingelesen. Für die Weiterverarbeitung erfolgt im WinMOD-Demuxer des TUI-Frameworks ein Splitting der unterschiedlichen Datentypen. Jeder Float-Wert wird in einen Prozentwert umgerechnet. Wie die Umrechnung der ermittelten Prozentwerte in Bewegungsinformationen erfolgt, wird nachfolgend dargestellt. Es ist somit möglich, ein Objekt durch eine Signalmanipulation in WinMOD in der Visualisierungssoftware Autodesk VRED in der virtuellen Szene zu bewegen. Der beschriebene Signalfloss ist in Abbildung 3 dargestellt.

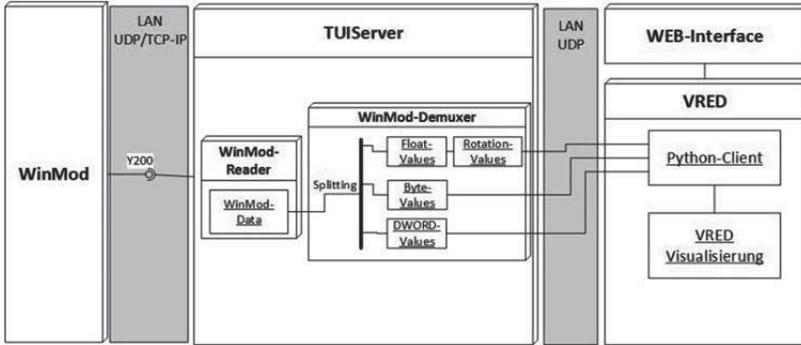


Abbildung 3: Signalfluss von Mewes & Partner WinMOD über TUI-Server zu Autodesk VRED

Die aus WinMOD ausgeleiteten Float-Werte und in Prozentwerte umgerechneten Informationen sind in Relation zu globalen Grenzwerten gesetzt. Ein Signal bildet einen oder mehrere Freiheitsgrade ab. Wenn global für Translationen, z. B. ein Grenzwert von 100000 mm gegeben ist und der Prozentwert 5 % ist, wird eine Verschiebung des Objektes um 5 % von 100000 mm, also 5000 mm entlang des definierten Freiheitsgrades in VRED durchgeführt. Die Veränderung der Position bezieht sich auf die initiale Position im lokalen Koordinatensystem. Zusammengefasst wird dies in Abbildung 4 schematisch erläutert.

Die vom TUI-Framework bereitgestellten Informationen werden den Freiheitsgraden in Autodesk VRED zugewiesen. Somit lässt sich über die verfügbaren Anlagensignale eine immersive Darstellung der virtuell in Betrieb genommenen Anlage erzeugen. In Abbildung 5 wird ein Anwendungsbeispiel dargestellt.

Das Beispiel stellt einen industriell genutzten Roboter dar, welcher nun über Signale aus WinMOD gesteuert werden kann. Im ersten Zustand ist das Signal initial in Nullposition, was eine Veränderung von 0 % darstellt. Wird das Signal nun um einen bestimmten Wert verändert, bewegt sich der Roboter simultan zum veränderten Anlagensignal. Werden mehrere Signale verändert, können so komplexe, virtuell in Betrieb genommene Anlagen abgebildet werden.

Zur Sicherstellung der Echtzeitfähigkeit des TUI-Frameworks bei größeren Datenmengen wurde ein Performance Test durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass derzeit die Echtzeitfähigkeit bis ca. 1000 Float-Signalen gewährleistet ist, da hierbei eine maximale Verzögerung von 40ms aufgetreten ist. Zur Durchführung des Tests wurden Signale aus WinMOD ausgelesen und anschließend wieder an WinMOD gesendet.



Abbildung 4: Schematische Darstellung der Berechnung von Bewegungsinformationen aus den Analogsignalen einer virtualisierten Anlage

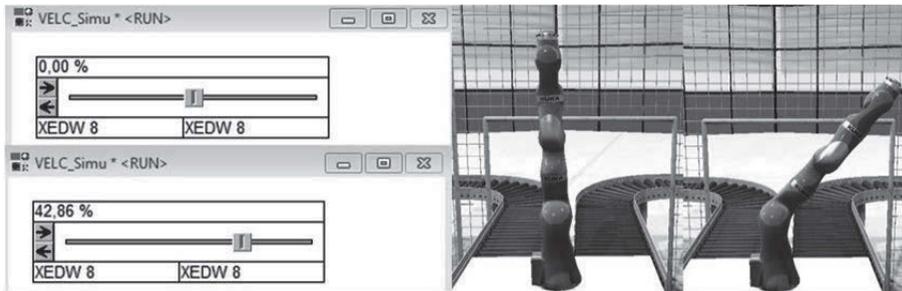


Abbildung 5: Über die Signale in WinMOD wird ein Freiheitsgrad in VRED angesteuert. Links oben/Mitte: Signal ist in Nullstellung; Links unten/rechts: Signalveränderung was zu einer rotatorischen Änderung eines Freiheitsgrades führt

## Nutzung der Entwicklung

Je nach dem betrachteten Zeitpunkt im PEP besteht ein sehr unterschiedlicher Bedarf an Interaktionsgeräten und -methoden mit der virtuellen Umgebung. In frühen Phasen des PEP ist vor allem die Visualisierung erster Konzepte, insbesondere für Marketing und zur Prüfung der Konzepte relevant.

Ziel war die einfache Konfigurationsmöglichkeit einer virtuellen Szene, da die Bedienbarkeit von VR-Software oftmals Spezialwissen erfordert sowie die Komplexität der Tools sehr hoch ist (Dittrich et al. 2013; Runde 2015).

In späteren Phasen nimmt die funktionale Absicherung von Komponenten der Produktionsanlage eine immer höhere Bedeutung ein. Neben Interaktionsverfahren zur Steuerung und Manipulation der Szene, ist es zielführend, auch unterschiedliche Einsatzszenarien durch die Kopplung von Bedienelementen mit der virtuellen Anlage erlebbar untersuchen zu können.

Speziell für das Marketing und für Management Reviews wurde ein Web-Browser Konfigurationstool (siehe Abbildung 6) entwickelt. Für die Konfiguration von Montageanlagen werden mehrstufige Konfigurationsmöglichkeiten bereitgestellt. Dabei können Montagehallen, die Montageanlage sowie das zu montierende Objekt ausgewählt werden. Die konfigurierte Szene

lässt sich direkt in Autodesk VRED starten. Die einzelnen Bestandteile der Szene sind in einer Datenbankstruktur abgelegt und können direkt geladen werden. Somit entfällt die Bedienung der VR-Software, da die Szene direkt aus dem intuitiv bedienbaren Anlagenkonfigurator aufgerufen werden kann. Auch lässt sich der TUI-Server von dieser Oberfläche direkt starten.

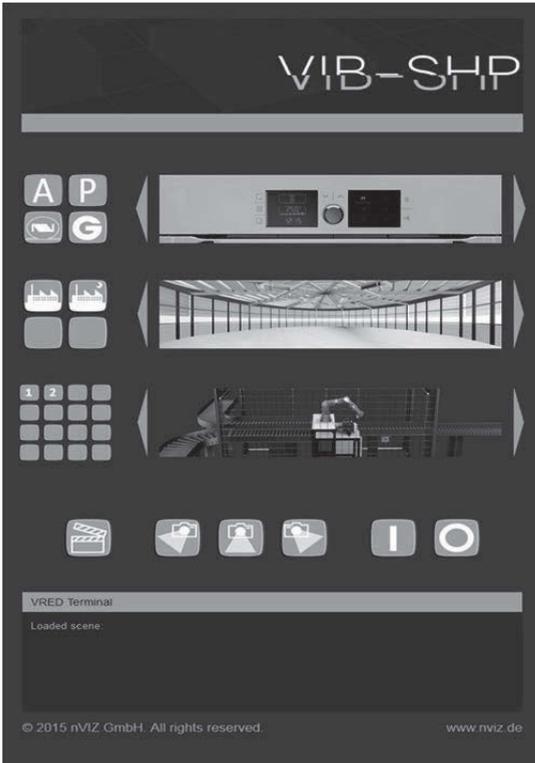


Abbildung 6: Konfigurator zur Szenenauswahl und Start des TUI-Servers

Zur Erprobung wurden einfache Interaktionsgeräte in das TUI-Framework integriert. Es stehen Gamecontroller sowie am Fraunhofer IPK entwickelte Sketching-Devices (Israel, 2011) zur Verfügung. Hiermit lassen sich für den Konstrukteur bzw. Anlagenprogrammierer Plausibilitätstests durchführen, indem bestimmte Signale einzelnen Freiheitsgraden von Objekten zugewiesen werden.

Ist der Entwicklungsprozess fortgeschritten und eine virtuelle Inbetriebnahme erfolgt, kann durch die entwickelte Signalkopplung zwischen WinMOD

sowie der Visualisierungssoftware Autodesk VRED die Anlage immersiv dargestellt werden. Neben der reinen Visualisierung der Anlage ermöglicht die immersive Darstellung der virtualisierten, in Betrieb genommenen Anlage zusätzliche Untersuchungsmöglichkeiten. Folgende Einsatzszenarien ergeben sich:

- Kundenpräsentation/Kundenakquise durch Vorstellung unterschiedlicher Konzepte,
- Virtualisierte Anlage als Kommunikationsgrundlage bei Design Reviews und Entscheidungsfindung über unterschiedliche Konzepte,
- Bedienung der virtuellen Anlage über ein intuitiv bedienbares Human-Machine-Interface,
- Schulung der virtuellen Anlage über reales Bedienpanel, um den Schulungsaufwand an der realen Anlage zu minimieren,
- VR-gestütztes Training bei aufwendigen Montageprozessen,
- Analyse der Sichtbarkeit und Erreichbarkeit bei montagerelevanten Arbeitsschritten,
- Ergonomische Bewertung und Untersuchung einzelner manueller Montagestationen mittels Aufzeichnung von Bewegungen des Nutzers in einer virtuellen Szene durch Motion Capture Systeme und Echtzeitanalyse, und
- Absicherung von Sicherheitsmechanismen der Anlage, z. B. Lichtschranken, Türen etc.

## Ausblick

Im Rahmen dieses Beitrags wurde ein Ansatz vorgestellt, wie es über das TUI-Framework möglich ist, Signale von virtualisierten Anlagen aus WinMOD so umzuwandeln, dass diese als Informationen für die Bewegungen und somit als Steuerung von Freiheitsgraden in VRED eingesetzt werden kann. Jedoch ist derzeit die Zuordnung von Signalen zu den Freiheitsgraden nicht vollständig automatisiert möglich. Damit die zeitaufwändige manuelle Zuweisung von Signalen zu Freiheitsgraden vermieden wird, wird zukünftig eine automatische Kopplung angestrebt. Als zentrale Informationsschnittstelle soll eine PLM (Product Lifecycle Management) Software dienen. Dort sind die Anzahl der Freiheitsgrade, die vorhandenen Anlagensignale sowie die TUI-Framework Konfiguration in einer Baukastenstruktur abgespeichert. Das TUI-Framework, WinMOD sowie VRED werden daran angebunden und erhalten von der PLM-Software die benötigten Informationen, um die Zuordnung der Signale und der Freiheitsgrade automatisiert durchführen zu können.

Die Visualisierung größerer Anlagen mit mehr als 1000 Freiheitsgraden in Echtzeit erfordert eine Optimierung des TUI-Frameworks. Als Ansatzpunkte werden derzeit geeignete Computersetups getestet und Codeoptimierungen zur verbesserten Unterstützung von Multicore-Prozessoren durchgeführt.

Zudem wird, um die Erlebbarkeit der virtualisierten Anlage weiter zu erhöhen ein SHP-Device (Smart Hybrid Prototyping Device) (Beckmann-Dobrev et al. 2010; Exner et al. 2016) an die virtuelle, immersive Szene angebunden. Das SHP-Device dient zur Interaktion des Nutzers mit der virtuellen Anlage und simuliert die auftretenden Kollisions- und Trägheitskräfte.

### Förderhinweis

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt VIB-SHP wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Förderprogramms „IKT 2020 - Forschung für Innovationen“ unter dem FKZ 01IM14002X gefördert und vom Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Bereich Softwaresysteme und Wissenstechnologien betreut.“

### Literaturverzeichnis

- Arai, T., Kato, R., & Fujita, M. 2010: Assessment of operator stress induced by robot collaboration in assembly. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*
- Beckmann-Dobrev, B., Adenauer, J., & Stark, R. 2010: Ein interdisziplinärer Ansatz zur multimodalen funktionalen Absicherung mechatronischer Systeme am Beispiel einer PKW-Heckklappe. In Dr. Jost Bernasch, Dr. Bernd Fachbach (Hrsg.): *Zusammenspiel von Maschinenbau, Elektronik und Software - Der Weg zum Gesamtfahrzeug*, 18–27, Graz
- Belaifa, O., & Habakuk Israel, J. 2013: TUI-Framework zur Integration begreifbarer Objekte in interaktive Systeme. In S. Boll-Westermann, S. Maaß, & R. Malaka (Hrsg.), *Mensch & Computer – Tagungsbände*, 13. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien, 201–206, München: Oldenbourg
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V., & Hart, J. C. 1992: The CAVE: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*
- Dittrich, E., Auricht, M., & Rothenburg, U. 2013: Virtuelles Design Review in der CAVE- Eine Nutzerstudie. In M. Schenk (Hrsg.), *IFF-Wissenschaftstage. Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme*, 235–242, Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag
- Exner, K., Sternitzke, A., Kind, S., & Beckmann-Dobrev, B. 2016: Hybrid Prototyping. In C. Gengnagel, E. Nagy, & R. Stark (Hrsg.), *Rethink! Prototyping. Transdisciplinary Concepts of Prototyping*, 89–128, Cham: Springer International Publishing

- Israel, J. H. 2011: Sketching In Space - Freihändiges Modellieren in Virtuellen Umgebungen. *Futur: Vision und Innovation. Mitteilungen aus dem Produktionstechnischen Zentrum (PTZ)*, 13(3), 18–19
- Israel, J. H., Belaifa, O., Gispén, A., & Stark, R. 2011: An Object-centric Interaction Framework for Tangible Interfaces in Virtual Environments. In M. D. Gross (Hrsg.), *Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction*, 325-332, New York: ACM
- Nader Ale, E., Shamsuddin, A., & Zahari, T. 2011: Virtual Teams for New Product Development: An Innovative Experience for R&D Engineers. *European Journal of Educational Studies*, 109–123
- Rademacher, M. H. 2014: *Virtual Reality in der Produktentwicklung: Instrumentarium zur Bewertung der Einsatzmöglichkeiten am Beispiel der Automobilindustrie*. Wiesbaden: Springer Vieweg
- Runde, C. 2012: *Whitepaper Virtual Reality im Anlagenbau*. [http://www.vdc-fellbach.de/files/Whitepaper/2012%20VDC-Whitepaper%20VR%20im%20Anlagenbau\\_v08.pdf](http://www.vdc-fellbach.de/files/Whitepaper/2012%20VDC-Whitepaper%20VR%20im%20Anlagenbau_v08.pdf), veröffentlicht 2012, abgerufen am 10.11.2015
- Runde, C. 2015: *Ratgeber Virtuelle Techniken im Design*. [http://www.vdc-fellbach.de/files/other/Ratgeber\\_VT\\_im\\_Design\\_Web.pdf](http://www.vdc-fellbach.de/files/other/Ratgeber_VT_im_Design_Web.pdf), veröffentlicht 2015, abgerufen am 08.11.2015
- Schenk, M., Blümel, E., Straßburger, S., Hintze, A., & Sturek, R. 2004: Produktivitätssteigerung durch Virtual Reality - basierte Dienstleistungen. In R. Neugebauer (Hrsg.), *Technologische Innovationen für die Antriebs- und Bewegungstechnik. 4. Chemnitzer Produktionstechnisches Kolloquium*, 301-314, Zwickau: Verl. Wissenschaftliche Scripten
- Slater, M., & Wilbur, S. 1997: A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 603–616
- Westkämper, E., & Runde, C. 2006: Anwendungen von Virtual Reality in der Digitalen Fabrik – eine Übersicht, *Werkstatttechnik online*. (3), 99–103

## **Kontakt**

Dipl.-Sporting. Andreas Geiger  
Fraunhofer IPK  
Pascalstr. 8-9  
10961 Berlin  
*Andreas.Geiger@ipk.fraunhofer.de*

Dipl.-Ing. Ingolf Rehfeld  
nVIZ GmbH  
Alt-Württemberg-Allee 42  
71638 Ludwigsburg  
*IngolfRehfeld@nviz.de*

Dipl.-Ing. Uwe Rothenburg  
Fraunhofer IPK  
Pascalstr. 8-9  
10961 Berlin  
*Uwe.Rothenburg@ipk.fraunhofer.de*

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark  
Technische Universität Berlin und Fraunhofer IPK  
Pascalstr. 8-9  
10961 Berlin  
*Rainer.Stark@ipk.fraunhofer.de*  
*Rainer.Stark@tu-berlin.de*