

# Ein Beitrag zur Verwendung von Technologien der Virtuellen Realität für Design-Reviews

Margitta Pries, Ute Wagner, Johann Habakuk Israel und Thomas Jung

## Design Reviews in der virtuellen Produktentwicklung

Heutige industrielle Produktentstehungsprozesse basieren in weiten Teilen auf dem Einsatz digitaler Methoden, weshalb man oft von Virtuellen Produktentstehungsprozessen (VPE) spricht (Stark et al., 2011). In diesen Prozessen können häufig Elemente bekannter Vorgehensmodelle wie der VDI 2221 (VDI-2221, 1993) oder des V-Modells (Rausch, 2006; VDI-2206, 2003) wiedergefunden werden. Die im Rahmen der Produktentstehung getätigten Entwicklungsentscheidungen werden regelmäßig in sogenannten Design-Reviews geprüft und ggf. weiterentwickelt. Solche Design-Reviews sind typischerweise interdisziplinär z. B. mit Ingenieuren, Designern und Mitgliedern der Geschäftsführung besetzt (Fu & East, 1999). Sie dienen als Element der Qualitätskontrolle und können Ideengeber für konstruktive Lösungen und Entwicklungsimpulse sein. Dabei werden beispielsweise grundsätzliche Entscheidungen zur Auswahl von Varianten getroffen, die Gestaltung konstruktiver Details erörtert oder die Möglichkeit des Ein- und Ausbaus von Produkt-elementen im Servicefall getestet. Die Verwendung virtueller statt physischer Prototypen bietet dabei einen Zeit- und Kostenvorteil (Spur & Krause, 1997). In Teilbereichen des Produktentwicklungsprozesses, in denen Materialität eine wesentliche Rolle spielt, finden physische Modelle und Prototypen weiterhin Verwendung; zum Beispiel werden Tonmodelle nach wie vor im Fahrzeugdesign eingesetzt (Daimler-AG, 2008).

Virtual-Reality-Methoden haben schon vor Jahren Einzug in die Praxis der Design-Reviews gehalten. Dabei werden z. B. VR-CAVE-Systeme (Hou, Hollands, Scipione, Magee, & Greenley, 2009) oder 3D-Bildschirme (Johansson &

Ynnerman, 2004) verwendet, um die in der Entwicklung befindlichen Produkte entweder rein geometrisch (Digital Mock-Ups, DMU) oder sogar in ihrer Funktionalität (Functional Mock-Ups, FMU) abzubilden (Stark et al., 2011). Zusätzlich können auch Produktinformationen und Meta-Daten direkt im virtuellen Raum visualisiert werden (Brandenburg, im Druck). Eine Reihe von Autoren spricht VR-basierten Design-Reviews ein hohes Potential hinsichtlich der Möglichkeit, Fehler zu entdecken und im 3D-Raum zu navigieren, zu (Johansson & Ynnerman, 2004; Satter & Butler, 2015). Andere Autoren fanden jedoch auch gegenteilige Befunde; sie vermuten, dass Nutzer zunächst mit der Handhabung von VR-Systemen vertraut sein müssen, bevor sie diese nutzbringend einsetzen können (Hou et al., 2009).

Die Aufbereitung der für VR-basierte Design-Reviews notwendigen Daten erfolgt in der Regel über unternehmensspezifische Tool-Chains. Typischerweise werden die tagesaktuellen Entwicklungsstände aus den Produktdaten-Management-Systemen (PDM) ausgeleitet und vom VR-System importiert. Einige VR-Systeme sind in der Lage, native Dateiformate gängiger CAD-Systeme direkt einzulesen, andere erwarten die Konvertierung in gängige 3D-Formate wie JT oder STEP. Eine vollständige Automatisierung des Datenaufbereitungsprozesses ist das Ziel vieler Unternehmen, es wird derzeit aber nur sehr selten erreicht. Oft sind manuelle Eingriffe nötig, um DMUs zu generieren und ihre optimale Darstellung im virtuellen Raum zu ermöglichen. Als problematisch erweisen sich ungünstige Positionierungen, fehlende oder inkorrekte Farben und Texturen, zu hohe Detailierungsgrade und nicht für die Interaktion geeignete Produktstrukturen. Letztere haben ihre Ursache häufig darin, dass Produktstrukturen nicht entsprechend der augenscheinlichen Beschaffenheit, sondern anhand anderer Kriterien, wie z. B. funktionaler Gemeinsamkeiten oder nach Kriterien der Herstellbarkeit, definiert werden. Greift ein Nutzer im Design-Review nach solchen Produktteilen, kann der Fall auftreten, dass damit auch unbeabsichtigt weitere Elemente ausgewählt und ggf. transformiert werden. Insbesondere Änderungen der Produktstruktur, die vorgenommen werden, um interaktionsgeeignete 3D-Modelle zu erzeugen, verursachen hohe Aufwände und müssen regelmäßig wiederholt werden, wenn sich der Entwicklungsstand geändert hat.

Um in VR-Design-Reviews neben Vertretern firmeninterner Abteilungen auch Zulieferer und Produkt-Zielgruppen in diese Design-Reviews einbeziehen zu

können, sind zunehmend VR-Techniken in Erprobung, die eine verteilte Echtzeit-Kollaboration unterstützen (z. B. Innoactive 2019).

### **Aktuelle Entwicklungen im Bereich kollaborativer VR-Techniken**

Verteilte virtuelle Umgebungen sind mindestens seit den 1990er Jahren auch in der Automobilindustrie Gegenstand der Forschung. So beschreiben Lehner und DeFanti 1997 eine verteilte virtuelle Umgebung zum Design von Nutzfahrzeugen für Caterpillar (Lehner & DeFanti 1997) und Leigh und Kollegen (Leigh et al 1999) sowie Daily und Kollegen (Daily et al. 2000) Forschungsaktivitäten zu kollaborativen virtuellen Umgebungen bei General Motors in den Jahren 1999 bzw. 2000. Dennoch wurde VR-Technik in der Automobilindustrie lange eher in speziellen VR-Facilities eingesetzt, zu denen sich die Entwickler hinbegeben müssen. Das Design-Review findet dann vor Ort, z. B. in einer CAVE, statt. Dies beschreibt u. a. Zimmermann 2008 mit Bezug auf Volkswagen (Zimmermann 2008).

Berg und Kollegen geben 2016 einen Überblick zum Einsatz von VR in der industriellen Anwendung (Berg et al 2016) u. a. bei Ford, General Motors, Caterpillar, John Deere, Boeing und Lockheed Martin. Zum Design-Review wird dabei unterschiedliche Software eingesetzt, u. a. RTT DeltaGen, Siemens Jack, Autodesk VRED, Division Mockup, ESI IC.IDO und VE-Suite. Verteilte Kollaborationsszenarien werden hier jedoch generell noch nicht beschrieben.

Mit der Verfügbarkeit kostengünstiger Head-Mounted Displays (HMDs) wie Oculus Rift oder HTC Vive ab dem Jahr 2014 gewinnen verteilte kollaborative Szenarien an Bedeutung, da es damit nun wirtschaftlich vertretbar wird, mehrere Entwicklerarbeitsplätze mit VR-Technik auszustatten. So demonstriert ESI im Jahr 2017 ein kollaboratives Design-Review mit Hilfe ihrer IC.IDO-Software (ESI 2017). Dassault Systems integriert seit 2018 eine kollaborative VR-Komponente in ihre Produktpalette (Dassault 2018), Virtualis bietet mit Visionary Render 2 im gleichen Jahr eine ähnliche Funktionalität an (Virtualis 2018), und auch Autodesk stellt seit 2019 für ihre VRED-Software ein Kollaborationsmodul, mit dessen Hilfe mehrere Benutzer über HMDs gemeinsame Design Reviews durchführen können, zur Verfügung (Autodesk 2019).

All diese Lösungen sind jedoch proprietär und ermöglichen keine produktübergreifenden Kollaborationsszenarien. Die Kosten für die einzelnen Softwareprodukte sind dabei relativ hoch. Auch erfordert die Datenaufbereitung nach wie vor häufig aufwändige manuelle Eingriffe.

Eine kostengünstige Alternative bietet die mit einem leistungsfähigen Multiplayer-Modus ausgestattete Spiele-Engine Unity (Unity 2019). Aktuelle PlugIn-Entwicklungen für Unity, die den direkten Import von CAD-Datenstrukturen unterstützen (z. B. PiXYZ 2019), machen diese Plattform zunehmend für industrielle Anwendungen attraktiv.

### **Anforderungen bei der Entwicklung des VR-Kollaborationssystems VENTUS**

Im Rahmen des Hochschulforschungsprojekts VENTUS (Virtual Environment for Teamwork and ad-hoc Collaboration between Companies and heterogeneous User Groups) wurde in Zusammenarbeit mit Industriepartnern ein VR-System entwickelt, das kollaborative Design-Reviews mit Beteiligten aus verschiedenen Bereichen und an verteilten Standorten, wie zum Beispiel von organisatorisch und räumlich getrennten Abteilungen, Zulieferfirmen oder Dienstleistungsanbietern, ermöglicht. Bei der Konzeptionierung des Systems wurde Wert auf eine Lösung gelegt, die plattformübergreifend ist und geringe Installationshürden mit sich bringt, so dass auch kleine und mittelständische Unternehmen in VR-technisch unterstützte Designbesprechungen eingebunden werden können. Da der Austausch von geometrischen Datenmodellen über Firmengrenzen hinweg die Gefahr birgt, dass diese in fremde Hände gelangen, wurde dem Aspekt der Datensicherheit besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Des Weiteren sollte eine problemlose Integration von VR-Review-Sessions in virtuelle Produktentstehungszyklen gewährleistet werden. Dies erforderte die Implementation eines Modellierkerns, der insbesondere das direkte Einlesen von CAD-Daten unter Beibehaltung der ursprünglichen Teile-Struktur ohne manuelle Aufbereitung ermöglicht. Um die im Reviewprozess besprochenen Design-Änderungsvorschläge zügig ins CAD-System übertragen zu können, wurde eine Protokollierung der VR-Session und prototypisch eine automatisierte Erzeugung von CAD-Daten aus der Protokolldatei umgesetzt.

## Umsetzung des Systems VENTUS

Das VR-System VENTUS basiert auf dem Framework Unity (Unity 2019) und nutzt dessen realitätsnahe graphische Darstellung für 3D-Szenen, Funktionalitäten für die Transformation von 3D-Objekten in Echtzeit sowie die Umsetzung eines Client-Server-Modells für die Netzwerkkommunikation im sogenannten Multiplayer-Modus auf unterschiedlichen Plattformen. Für das direkte Einlesen von im Standard-CAD-Datenformat STEP vorliegenden 3D-Modellen wurde eine entsprechende Schnittstelle implementiert. Weitere Dateiformate sollen in folgenden Versionen unterstützt werden. Beim Import werden die CAD-Daten in eine interne Datenstruktur überführt, die sich am hierarchischen Aufbau von CAD-Modellen zur Beschreibung von Baugruppen orientiert (Tag et al. 2018). Über das Interaktionsmodul des VR-Systems kann auf diese Struktur zugegriffen werden, beispielsweise um Unterbaugruppen farblich hervorzuheben oder auszublenden (siehe Abbildung 1).

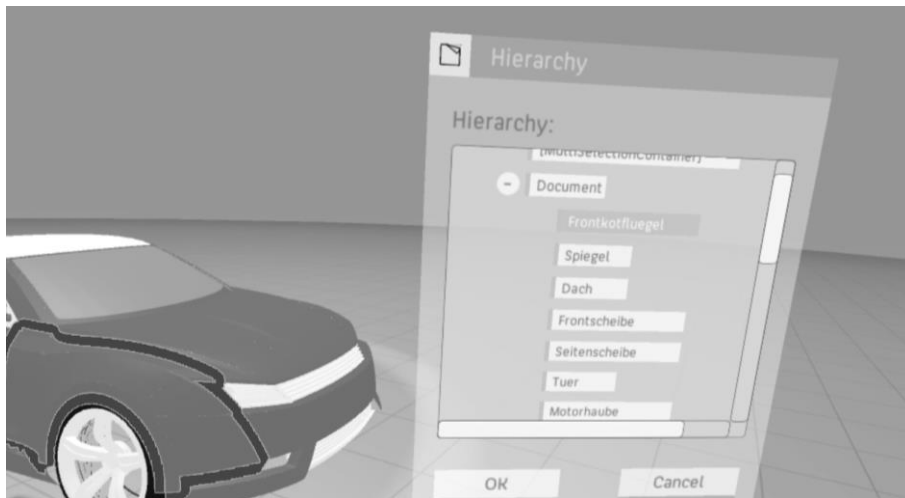


Abbildung 1: Durch Anwahl eines Teils in der Hierarchieansicht wird dieses in der 3D-Ansicht markiert.

Des Weiteren beinhaltet die interne Datenstruktur die vollständige topologische und geometrische Beschreibung des CAD-Modells. Mittels der Algorithmen des integrierten Geometriemodellierkerns, die diese Topologie- und Geometriedaten verarbeiten, können beispielsweise die Unterschiede

verschiedener Varianten eines CAD-Modells berechnet und im virtuellen Raum visualisiert werden (v.d.Heyde 2018). Zudem ist damit eine adaptive Einstellung des *Level of Detail* für einzelne Objekte bzw. Objektteile möglich.

Bei der Kommunikation über das Netzwerk, die gemäß des Client-Server-Modells funktioniert, werden zum Schutz des geistigen Eigentums der Beteiligten einer VR-Session nicht die gesamte CAD-Darstellung, sondern nur die hierarchische Teilestruktur und die tesselierten Geometriedaten zwischen den Teilnehmern übertragen. Die Daten werden vor dem Versenden komprimiert und nach dem *Advanced Encryption Standard (AES)* verschlüsselt.

Im VR-System sind objektspezifische Interaktionstechniken wie 3D-Manipulationen zur Translation, Rotation und Skalierung realisiert. Diese können über ein Kontextmenü ausgewählt werden, welches sich öffnet, sobald der Benutzer mithilfe des Controllers auf ein 3D-Objekt klickt. Die Teilnehmenden eines VR-Meetings werden durch vereinfachte Avatare visualisiert.

Um Besprechungsergebnisse während eines Design-Reviews festhalten zu können, bietet das VR-System die Möglichkeit, 3D-Annotationen zu erzeugen und zu modifizieren. Diese Annotationen im Textformat werden mittels einer (virtuellen) Tastatur erzeugt und jeweils mit einem ausgewählten Modellteil verknüpft. Ihre Zuordnung zu dem Modellteil ist somit auch nach Ausführung einer Bewegung oder Skalierung der Geometrie nach wie vor erkennbar (siehe Abbildungen 2 und 3).



Abbildung 2: Ein Designhinweis wird als Annotation erstellt ...

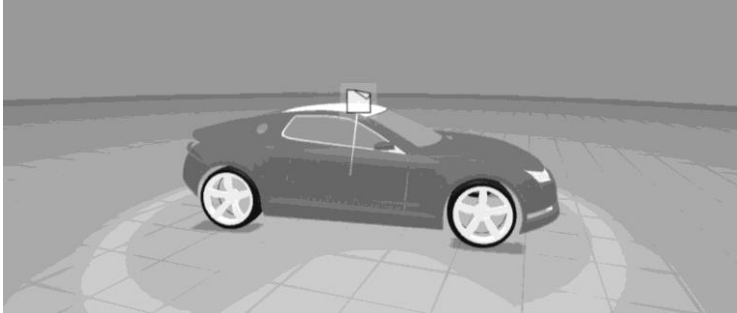


Abbildung 3: ... und dem Modellteil Tuer hinzugefügt.

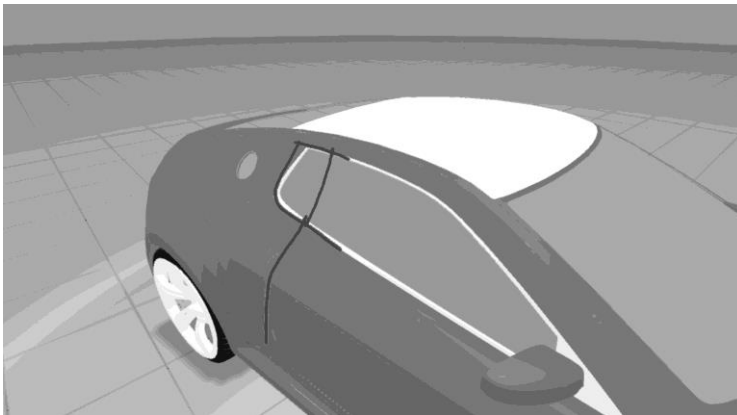


Abbildung 4: Mittels des 3D-Skizziertools können Formänderungsvorschläge (hier für den hinteren Bereich der Seitenscheibe und die Türfuge) festgehalten werden.

Mithilfe eines Controllers des VR-Systems, dessen Bewegungen bei gedrückter Taste in virtuelle Linien umgesetzt werden, kann freihändig im dreidimensionalen Raum skizziert werden. Diese Funktion erlaubt es, bestimmte Partien eines Objekts hervorzuheben (*red lining*), Vorschläge für Designänderungen am Modell einzuzichnen (siehe Abbildung 4) oder Objektteile gänzlich neu zu erschaffen. Letzteres bietet sich insbesondere in frühen konzeptionellen Produktentwicklungsphasen an.

Die Auswirkungen der Interaktionstechniken werden allen beteiligten Benutzern unmittelbar visualisiert. Sie können somit gemeinsam Objekte inspizieren, manipulieren oder mittels Skizzierens neu erstellen.

Das Speichern einer Szene erfolgt mittels einer Datei im XML-Format. Durch erneutes Laden dieser XML-Datei kann eine unterbrochene VR-Session zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden. Zudem können die geometrischen Informationen sowie die Annotationen aus der XML-Datei extrahiert und in einem CAD-Datenformat gesichert werden. Auf diesem Weg ist es möglich, die während eines Meetings entstandenen Design-Ideen automatisiert zur weiteren Bearbeitung in ein CAD-System zu übertragen. In Abbildung 5 wird dies exemplarisch für das CAD-System Rhinoceros3D vorgeführt. Es ist damit ein Weg aufgezeigt, wie eine nahtlose Integration von VR-Design-Reviews in die Prozesskette der virtuellen Produktentwicklung auch ohne proprietäre Softwaresysteme ermöglicht werden kann. An Hand des Systems VENTUS können nun weiterführende Forschungsarbeiten, beispielsweise zu ergonomischen Aspekten der VR-Teamarbeit, durchgeführt werden.

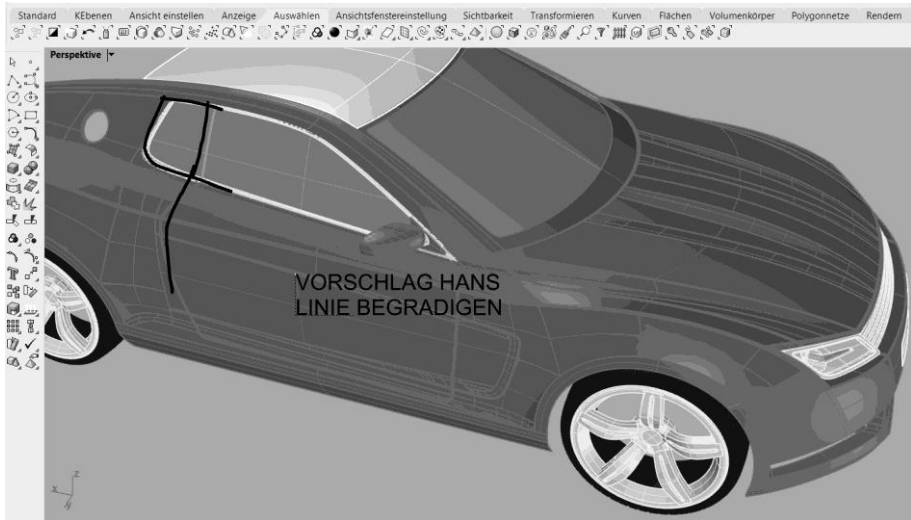


Abbildung 5: Die in der VR-Session erzeugten 3D-Skizzen und Annotationen können im CAD-System weiterbearbeitet werden.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert vom Institut für Angewandte Forschung Berlin (IFAF). Das in den Abbildungen dargestellte Modell basiert auf einem Entwurf von Jorge Biosca ([www.jorgebiosca.com](http://www.jorgebiosca.com)).



## Literaturverzeichnis

- Autodesk 2019: VRED What's New 2019.2, <https://www.youtube.com/watch?v=h5pdr9BAJfE>, 20.2.2019
- Berg L. P., Leif P. & Vance J. M. 2017: Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey, In: *Virtual Reality*, 12(1), 1-17
- Brandenburg, E. (im Druck). *Gestaltungsrichtlinien für die Visualisierung von Produktinformationen in der virtuellen Umgebung CAVE zur Unterstützung von Design Review Teams*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Daily M., Howard M., Jerald J., Lee C., Martin K., McInnes D. & Tinker P. 2000: Distributed design review in virtual environments. In: *Proceedings of the third international conference on Collaborative virtual environments (CVE '00)*, Elizabeth Churchill and Martin Reddy (Eds.). ACM, New York, NY, USA, 57-63.
- Daimler-AG 2008: Auf der kreativen Insel. *HighTechReport HTR, 2008*(1), 12–23.  
[http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/1512145\\_daimler\\_inno\\_2008\\_reports\\_htr0108designcenter\\_de.pdf](http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/1512145_daimler_inno_2008_reports_htr0108designcenter_de.pdf), 4.3.2019
- Dassault 2018: Immersive Collaborative Experience – CATIA,  
<https://www.youtube.com/watch?v=QfZTIFHcp-Q>, 20.2.2019
- ESI. 2017: Virtual Reality Collaboration - no borders with IC.IDO,  
<https://www.youtube.com/watch?v=V7F5JLAL-Wo>, 20.2.2019
- Fu, M. C., & East, E. W. 1999: The Virtual Design Review. In: *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 14(1), 25–35. <https://doi.org/10.1111/0885-9507.00127>
- Hou, M., Hollands, J. G., Scipione, A., Magee, L., & Greenley, M. 2009: Comparative evaluation of display technologies for collaborative design review. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*.  
<https://doi.org/10.1162/pres.18.2.125>
- Innoactive 2019: Enterprise platform to deploy Virtual Reality Training and VR Planning Workshops.  
<https://innoactive.de/>, 4.3.2019
- Johansson, P., & Ynnerman, A. 2004: Immersive Visual Interfaces—Assessing Usability by the Effects of Learning/Results from an Empirical Study. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*. <https://doi.org/10.1115/1.1740775>
- Lehner, V. D. & DeFanti, T. 1997: A.: Distributed virtual reality: supporting remote collaboration in vehicle design. In: *IEEE Computer Graphics and Applications*, 17 (2), 13-17
- Leigh, J., Johnson, A., DeFanti, T., Brown, M. et al. 1999: A Review of Tele-Immersive Applications in the CAVE Research Network. In: *Proceedings IEEE VR 99*, 180-187
- PiXYZ 2019: Unlock your CAD data for real-time development. <https://unity3d.com/pixyz>, 4.3.2019
- Rausch, A. 2006: Das V-Modell XT. [http://www.cio.bund.de/DE/Architekturen-und-Standards/V-Modell-XT/vmodell\\_xt\\_node.html](http://www.cio.bund.de/DE/Architekturen-und-Standards/V-Modell-XT/vmodell_xt_node.html), abgerufen am 23.2.2019

- Satter, K. & Butler, A. 2015: Competitive Usability Analysis of Immersive Virtual Environments in Engineering Design Review. In: Journal of Computing and Information Science in Engineering, 15(3), 031001. <https://doi.org/10.1115/1.4029750>
- Spur, G. & Krause, F.-L. 1997: *Das virtuelle Produkt*. München: Hanser Verlag.
- Stark, R., Hayka, H., Israel, J. H., Kim, M., Müller, P. & Völlinger, U. 2011: Virtuelle Produktentstehung in der Automobilindustrie. Informatik-Spektrum. Sonderheft Informatik und Automobilindustrie, 34(1), 20–28. <https://doi.org/10.1007/s00287-010-0501-z>
- Tag, I., Pries, M., Wagner, U., Israel, J. H. & Jung, T. 2018: Geometrische und softwaretechnische Aspekte bei der Implementierung eines VR-Kollaborationssystems. In: Paul, L. et al.: 21. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten, 149–158, Berlin: Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V. (GFal).
- Unity 2019: Imagine, build and succeed with Unity. <http://unity3d.com/>, 4.3.2019
- VDI-2206 2003: Entwicklungsmethodik für Mechatronische Systeme. (V.-G. E. K. Vertrieb, Ed.), VDI-Handbuch Konstruktion. Berlin: Beuth-Verlag.
- VDI-2221 1993: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. (V.-G. E. K. Vertrieb, Ed.), VDI-Handbuch Konstruktion. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Virtalis 2018: Virtalis Visionary Render 2 –Visualisierung für Industrie 4.0, <https://www.virtalis.de/virtalis-visionary-render-2-visualisierung-fur-industrie-4-0/>, 20.2.2019
- v. d. Heyde, M. 2018: Ermittlung der Unterschiede verschiedener Revisionsstände von CAD-Daten und ihre Darstellung im virtuellen Raum. Masterarbeit, Beuth-Hochschule für Technik Berlin
- Zimmermann P. 2008: Virtual reality aided design. A survey of the use of VR in automotive industry. In: Talaba D, Amditis A (eds) Product engineering: tools and methods based on virtual reality. Springer, Dordrecht, 277–296

## **Kontakt**

Prof. Dr. Margitta Pries  
Prof. Dr. Ute Wagner  
Beuth Hochschule für Technik Berlin  
Fachbereich II – Mathematik, Physik, Chemie  
Luxemburger Straße 10  
13353 Berlin  
*www.beuth-hochschule.de*

Prof. Dr. Johann Habakuk Israel  
Prof. Dr. Thomas Jung  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
Fachbereich 4 / Angewandte Informatik  
Wilhelminenhofstr. 75a  
12459 Berlin  
*www.htw-berlin.de*

