

Virtual Reality, Management

VR-unterstützter KVP-Workshop *

Neues Anwendungsfeld des Virtual Engineering

J. C. Aurich, H. Hagen, D. Ostermayer, M. Bertram

Der „Kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP)“ ist eine etablierte Methode zur Verbesserung von Produktionsanlagen und -prozessen mit einer hohen Mitarbeiter-Integration. Das Virtual Engineering als Kombination aus konventionellem Engineering mit Virtual-Reality (VR)-Technologie bietet das Potential zur nachhaltigen Verbesserung des KVP. Ein hierfür entwickeltes Konzept für einen VR-unterstützten KVP-Workshop wird nachfolgend dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf dem zielgerichteten Vorgehen zur Erstellung von geeigneten virtuellen Umgebungen als Workshop-Grundlage.

VR-based CIP-Workshop – New field of application for Virtual Engineering

The continuous improvement process (CIP) is a well established method for improvements of manufacturing systems and processes. Virtual Engineering in terms of a combination of conventional Engi-

neering and Virtual Reality Technology offers great potentials for enhancing CIP. Therefore, we introduce a concept of a VR-enhanced CIP-workshop. Our work is focused on the target-driven development of methods generating proper models facilitating CIP-workshops.

1 Der konventionelle KVP-Workshop als Grundlage

Externe und interne Umfeldeinflüsse wie veränderte Kundenwünsche oder höhere Qualitätsanforderungen führen zu Veränderungen, an die die Produktion anzupassen ist. Dazu sind auch Produktionsprozesse im Sinne der Abwicklung von Aufträgen und der Produktherstellung kurzfristig an diese Veränderungen anzupassen und darüber hinaus in der laufenden Produktion weiter zu verbessern [1]. Ziele der daraus resultierenden Maßnahmen sind die Steigerung von Produktivität und Qualität, das Verkürzen der Durchlaufzeiten oder die Erhöhung der Flexibilität der Prozesse [2]. Hierfür sind im zeitlichen Verlauf stetige Verfahren wie der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) besonders geeignet. Sie zielen auf die ständige Verbesserung in der laufenden Produktion in kleinen, regelmäßigen Schritten [3]. Dabei ist die systematische Feststellung von Verbesserungspotentialen in der laufenden Produktion grundlegend [4]. Eine häufig angewandte Methode ist der KVP-Workshop. Er basiert auf regelmäßig durchgeführter moderierter Gruppenarbeit mit interdisziplinär zusammengesetzten Mitgliedern aus Produktionsmitarbeitern und fachkundigen Spezialisten [3, 5] (**Bild 1**).

Die Durchführung eines KVP-Workshops beginnt mit einer Problemerkennung, in der insbesondere die Produktionsmitarbeiter als Prozesskenner die Probleme und Verbesserungspotentiale in ihrem Bereich beschreiben. Anschließend werden im zweiten Schritt die Ursachen in der Gruppe analysiert sowie priorisiert und die weiter zu betrachtenden Problemstellungen ausgewählt. Konkrete Verbesserungsmaßnahmen für die analysierten Probleme, beispielsweise die Neupositionierung einer Werkbank oder die Neuordnung der Werkzeugschränke an einem Arbeitsplatz, werden anschließend in

Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dirk Ostermayer
Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation (FBK)
Technische Universität Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Str., Geb. 42, D-67663 Kaiserslautern
Tel. +49 (0)631 / 205-2617, Fax +49 (0)631 / 205-3238
E-Mail: aurich@cck.uni-kl.de oder ostermayer@cck.uni-kl.de
Internet: www.uni-kl.de/fbk

Prof. Dr. Hans Hagen, Dr. Martin Bertram
Arbeitsgruppe Graphische Datenverarbeitung und
Computergeometrie – Technische Universität Kaiserslautern
Postfach 3049, D-67653 Kaiserslautern
Tel. +49 (0)631 / 205-4071, Fax +49 (0)631 / 205-3270
E-Mail: hagen@informatik.uni-kl.de
oder bertram@informatik.uni-kl.de
Internet: www-hagen.informatik.uni-kl.de

Info
* Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen „reviewten“
Fachaufsatz: Autoren-unabhängig von Experten auf diesem
Fachgebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben.

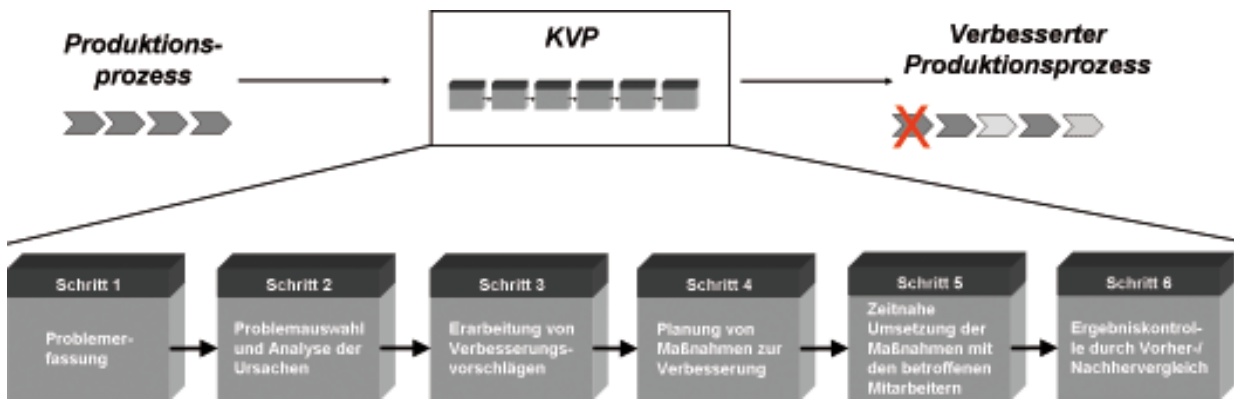


Bild 1. Prinzipieller Ablauf eines KVP-Workshops (in Anlehnung an [5])

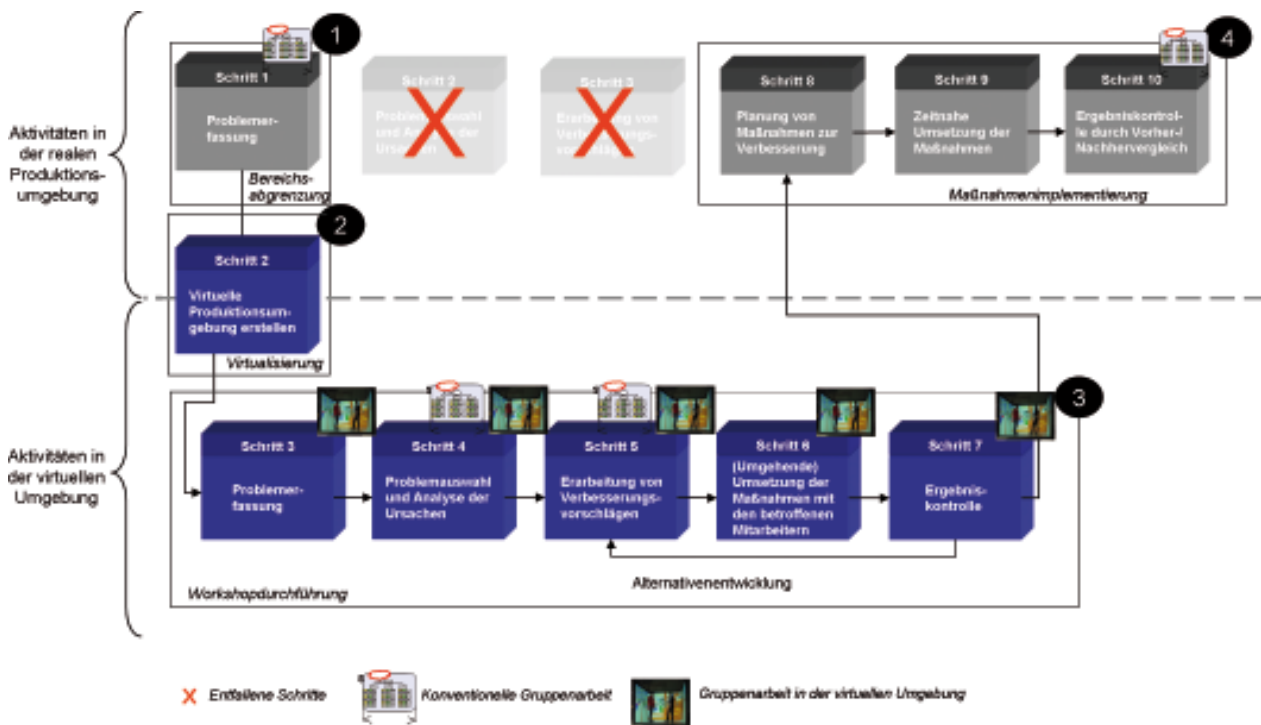


Bild 2. VR-unterstützter KVP-Workshop

der Gruppe erarbeitet. Die Maßnahmen werden dann in Abhängigkeit des zur Realisierung notwendigen personellen und organisatorischen Aufwands direkt im Workshop oder möglichst zeitnah geplant und durchgeführt. Verzögerungen können bei umfangreichen und damit kostenintensiven Maßnahmen durch die zur Umsetzung notwendigen Entscheidungsprozesse entstehen. Abschließend werden die erwarteten mit den erreichten Ergebnissen in der Gruppe verglichen und bewertet.

Aus dem beschriebenen Vorgehen des KVP-Workshops resultierenden folgende wesentliche Nachteile:

- Für die Dauer eines Workshops, die Umsetzung der Vorschläge sowie die Bewertung der realisierten Maßnahmen ruht meist die Produktion, da viele dieser Aktivitäten vor Ort in der Produktion durchgeführt werden.
- Die umgesetzten Änderungen führen unter dem Zeitdruck des Produktionsstillstandes oft zu Einschränkungen in der Qualität der Umsetzung oder in einer geringen Anzahl tatsächlich realisierter Maßnahmen.
- Eine Umsetzung alternativer Verbesserungsvorschläge oder die Rücknahme von bereits durchgeführten Änderungen führen zu weiteren Produktionsstillständen.
- Die tatsächlich erreichten Verbesserungen können meist erst nach der Realisierung durch die Produktionsmitarbeiter getestet werden.

Die Überwindung dieser Nachteile durch Minimieren der ungewollten störenden Einflüsse auf die laufende Produktion erlaubt eine entscheidende Weiterentwicklung des konventionellen KVP-Workshops. Ein Erfolg versprechender Ansatz hierfür ist die Durchführung des KVP-Workshops sowie die Realisierung und Evaluierung von Verbesserungsmaßnahmen parallel zur laufenden Produktion. Mit der bereits in anderen Bereichen wie der Produktentwicklung etablierten Virtual-Reality-Computertechnologie steht ein hierfür geeignetes Werkzeug zur Verfügung.

2 Virtual-Reality-Technologie

Virtual Reality (VR) ist eine Computertechnologie zur Erzeugung und Darstellung von virtuellen Umgebungen bestehend aus computergenerierten, dreidimensionalen (3D) Objekten und ihrer zeitlichen Dynamik [6]. Der Anwender erhält dabei Zugang zu einer virtuellen Umgebung über einen oder mehrere verschiedene Sinneskanäle von der rein visuellen Wahrnehmung bis hin zur Kombination der audiovisuell-haptischen Wahrnehmung. Wesentliche Merkmale der VR-Technologie sind [7–9]:

- Integration des Anwenders in die virtuelle Umgebung (Immersion),
- Möglichkeit der Veränderung von Objekten oder deren Eigenschaften in drei Dimensionen (Interaktion) sowie
- Darstellung von dynamischem Verhalten in Echtzeit (Simulation).

Die VR-Technologie wird bereits in verschiedenen industriellen Anwendungen eingesetzt. Beispiele hierfür sind Visualisierung, Simulation oder Evaluierung von geplanten Produktionsanlagen sowie die Ausbildung von Produktionsmitarbeitern parallel zur laufenden Produktion [10, 11]. Ein wesentlicher Vorteil der VR in diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit, Planungs- und Betrachtungsgegenstände im realen Maßstab darzustellen. Eine geplante Fabrik kann damit beispielsweise bereits vor der ersten Grundsteinlegung in der VR begangen werden.

Basierend auf den Eigenschaften und Erfahrungen aus bereits genutzten Anwendungen bietet die VR-Technologie das Potential zur Durchführung von KVP-Workshops parallel zur laufenden Produktion und damit zur Minimierung von damit verbundenen ungewollten Stillstandzeiten in der Produktion. Hierfür ist die Entwicklung eines neuen Ansatzes zur Nutzung der VR-Technologie mit einem veränderten Ablauf des KVP notwendig. An diesem Punkt setzt das Forschungsprojekt

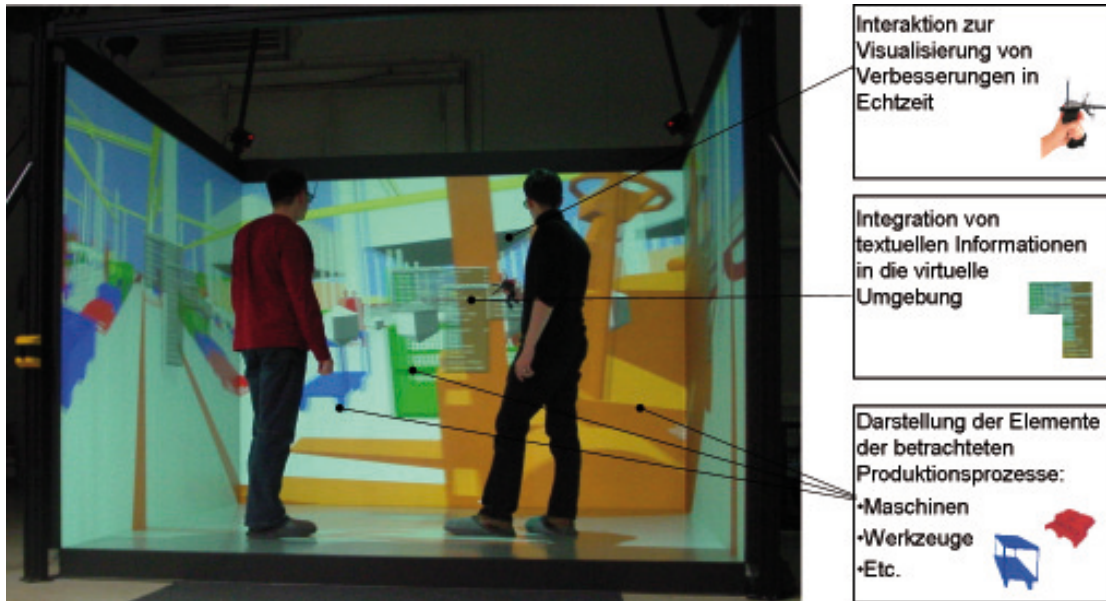


Bild 3. Darstellung einer virtuellen Umgebung als Grundlage eines VR-unterstützten KVP-Workshops

„Kontinuierliche Verbesserung von Produktionsanlagen und -prozessen mit Virtual Reality – KoVir“ an. Das Projekt wird von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation gefördert und in Kooperation vom Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation (FBK) und der Arbeitsgruppe Graphische Datenverarbeitung und Computergeometrie der Technischen Universität Kaiserslautern durchgeführt. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und prototypische Umsetzung der zur Realisierung eines VR-unterstützten KVP-Workshops notwendigen Methoden, Vorgehensweisen und Techniken.

3 Konzept eines VR-unterstützten KVP-Workshops

Das Konzept eines VR-unterstützten KVP-Workshops gliedert sich in die vier Phasen „Bereichsabgrenzung“, „Virtualisierung“, „Workshopdurchführung“ und „Maßnahmenimplementierung“ mit insgesamt zehn Schritten (**Bild 2**). Grundlegend für den VR-basierten Verbesserungsprozess ist die Abbildung der Elemente der betrachteten realen Produktionsumgebung wie Produktionslinien oder Montagearbeitsplätze in einer virtuellen Umgebung. Dafür wird nach einer ersten Problemerkennung und der damit verbundenen Eingrenzung des zu betrachtenden Produktionsbereichs eine virtuelle Produktionsumgebung als digitale Abbildung der realen Produktionsumgebung erstellt. Viele der dafür notwendigen 3D-Modelle können aus vorhandenen 3D-Daten aus der Produktionsplanung oder von Maschinenherstellern gewonnen werden [12]. Fehlende Daten sind zu ergänzen oder neu zu erstellen. Das Ergebnis des zweiten und für die Durchführung grundlegenden Schrittes ist eine virtuelle Umgebung bestehend aus den dreidimensionalen Abbildungen des betrachteten Produktionsbereichs.

Anschließend können die betrachteten Produktionsprozesse in der virtuellen Umgebung ohne Behinderung der laufenden Produktion erfasst werden. Hierzu führen die Produktionsmitarbeiter ihre Tätigkeiten in der virtuellen Umgebung aus. Durch visuelle Aufzeichnungen von Arbeitsschritten in der virtuellen Umgebung wie etwa das Anziehen einer Schraube bei einer Bauteilmontage sowie die Integration von

zusätzlichen Informationen in Textform lassen sich bereits vorhandene Prozessdokumentationen ergänzen oder neue erstellen. Darüber hinaus können die Produktionsmitarbeiter bereits in diesem Schritt Verbesserungsvorschläge einbringen, die ebenfalls in der virtuellen Umgebung in Textform hinterlegt werden und wieder abgerufen werden können (**Bild 3**).

Im vierten Schritt werden die Prozesse auf Verbesserungspotentiale hin analysiert. Die im realen Maßstab abgebildete virtuelle Produktionsumgebung gestattet eine detaillierte Untersuchung der Arbeitsabläufe, sodass einzelne Prozessschritte in der virtuellen Umgebung auch mehrfach ohne störende Einflüsse auf die laufende Produktion durchgeführt werden.

Aus den Ergebnissen der Analyse können im fünften Schritt die konkreten Verbesserungsmaßnahmen von den Spezialisten in Zusammenarbeit mit den Produktionsmitarbeitern erarbeitet werden.

Anschließend werden im sechsten Schritt die erarbeiteten Maßnahmen zunächst in der virtuellen Produktionsanlage umgesetzt. Dabei lassen sich veränderte räumliche Anordnungen von Maschinen oder Arbeitsplätzen sehr schnell ohne Einfluss auf die reale Produktion durchführen. In kurzer Zeit können damit alternative Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt und durch die Produktionsmitarbeiter evaluiert werden. Damit entsteht ein mehrfach verbesserter und bewerteter Produktionsprozess.

Erst im Anschluss daran wird die Umsetzung der erarbeiteten Verbesserungsmaßnahmen im achten Schritt geplant und anschließend umgesetzt. Zum Abschluss werden die realisierten Verbesserungen in der realen Produktionsumgebung bewertet.

Im Endergebnis erlaubt das Konzept die Integration der VR-Technologie in den Ablauf eines KVP-Workshops und damit die Umsetzung sowie Bewertung alternativer Maßnahmen zur Prozessverbesserung vor deren tatsächlicher Umsetzung in der realen Produktionsanlage. Neben dem Verkürzen ungewollter Stillstandzeiten in der Produktion wird damit vor allem die Qualität der erarbeiteten Verbesserungsmaßnahmen

durch die mehrfach durchführbaren Iterationsschleifen vor der Realisierung ermöglicht. Darüber hinaus lassen sich die Produktionsmitarbeiter als Wissens- und Erfahrungsträger der von ihnen durchgeführten Prozesse in großem Umfang in den Verbesserungsprozess integrieren. Entscheidend für die Anwendbarkeit des beschriebenen Konzepts ist die zielgerichtete Erstellung einer geeigneten virtuellen Produktionsumgebung.

4 Kritischer Erfolgsfaktor: Erstellung anforderungsgerechter virtueller Umgebungen

Das Erstellen der virtuellen Produktionsumgebung ist eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung der VR-Technologie im Rahmen eines KVP-Workshops. Der Aufwand und die Nutzbarkeit hierfür hängen im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- vorhandene Daten (3D-Modelle, Prozessdaten etc.),
- vorhandene virtuelle Produktionsumgebung,
- Interaktionsmöglichkeiten in der virtuellen Produktionsumgebung sowie
- Realitätsnähe der virtuellen Umgebung.

Grundlegend für die Erstellung der virtuellen Produktionsumgebung ist ein geeignetes Vorgehen (Bild 4). Zunächst wird eine Prozessdatenanalyse mit Methoden zur Prozessaufnahme und Datenanalyse durchgeführt. Dabei werden die zur Abbildung der realen Produktionsumgebung notwendigen Daten aus der Gesamtheit der vorhandenen Prozessdaten ausgewählt und vorhandene Datenlücken erfasst. Die zum Erstellen der virtuellen Produktionsumgebung notwendigen Daten enthalten neben den 3D-Modellen des abzubildenden Bereiches auch Prozessdaten über Betriebsmittel, Arbeitsschritte oder Prozesszeiten. Diese fließen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in die virtuelle Produktionsumgebung ein, beispielsweise als zusätzliche Informationen oder Objekteigenschaften.

Im zweiten Schritt werden anhand des festgelegten Betrachtungsbereichs 3D-Daten ausgewählt. Neben den Produktionsdaten gehören hierzu auch Produktdaten oder Gebäude-daten. Die Abbildung eines einfachen Arbeitsplatzes, beispielsweise ein einfacher Montagearbeitsplatz für rein manuelle Tätigkeiten, erfordert folgende 3D-Daten:

- zu montierenden Werkstücke,
- notwendige Werkzeuge,
- Einrichtungsgegenstände wie Regale oder Tische sowie
- zusätzliche Gebäude-Informationen wie Art des Bodens, tragende Säulen und so weiter.

Diese 3D-Daten stammen aus unterschiedlichen fachlichen Bereichen wie Produktentwicklung oder Produktionsplanung und werden daher in unterschiedlichen, fachspezifischen CAD-Systemen konstruiert. Die daraus resultierenden unterschiedlichen CAD-Formate erfordern die Konvertierung der benötigten Daten in für VR-Software geeignete Formate. Hierfür werden meist Beschreibungssprachen genutzt, welche die Struktur der jeweiligen VR-Modelle sowie ihre Position in der virtuellen Umgebung im Klartext darstellen. Beispiele hierfür sind die Formate „OpenInventor“, „X3D“ oder die „Virtual Reality Modelling Language (VRML)“. X3D und VRML sind darüber hinaus bereits als industrielle Standardformate etabliert [11, 13, 14]. Aufgrund dieser Standardisierung ist insbesondere die Konvertierung der CAD-Daten in das VRML-Format mit Standard-CAD-Software wie „Catia V5“, „Unigraphics NX“

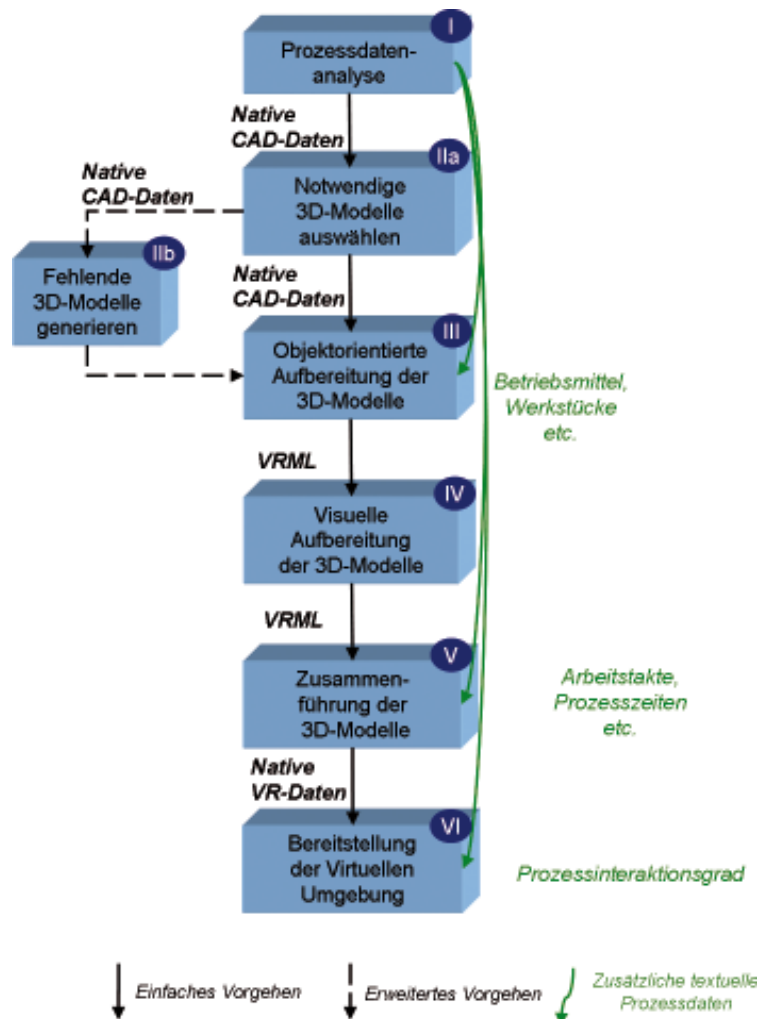


Bild 4. Vorgehen zum Erstellen einer virtuellen Produktionsumgebung

oder „ProEngineer“ ohne zusätzliche Konvertierungssoftware möglich. Die Konvertierung der unterschiedlichen nativen CAD-Formate führt jedoch zu einem Verlust an Informationen (Bild 5). Die in diesen Formaten enthaltenen spezifischen Objektinformationen wie die Bezeichnung von Baugruppen können dabei ebenso verloren gehen wie Dimensionierungsinformationen von Bauteilen. Daher sind im Anschluss an die Konvertierung weitere Aufbereitungsschritte der VR-Modelle notwendig.

Zunächst sind die VRML-Modelle objektorientiert aufzubereiten. Dazu werden die Modelle entsprechend ihrer späteren Verwendung im KVP-Workshop und der zugrunde liegenden Prozessdaten in verschiedene Objekte gruppiert. Objekte eines einfachen Montagearbeitsplatzes sind Drehmoment-schlüssel, Hydraulikschlauch, Tisch oder Lampe (Bild 6). Der Zusammenhang der einzelnen Elemente ergibt sich aus Prozessdaten wie Zusammenbauzeichnungen der Bauteile.

Ein weiterer Aufbereitungsschritt ist die visuelle Aufbereitung der 3D-Modelle. Hierbei werden die aus der Datenkonvertierung entstandenen VRML-Modelle zur besseren Darstellung mit Farben versehen. Darüber hinaus kann die realitätsnahe Visualisierung dieser Abbildungen mit geeigneten Fotos der Oberflächen der realen abzubildenden Objekte („Texturen“) erreicht werden. Im bisherigen Verlauf des Projekts hat sich gezeigt, dass bereits die einfache Einfärbung der Objekte

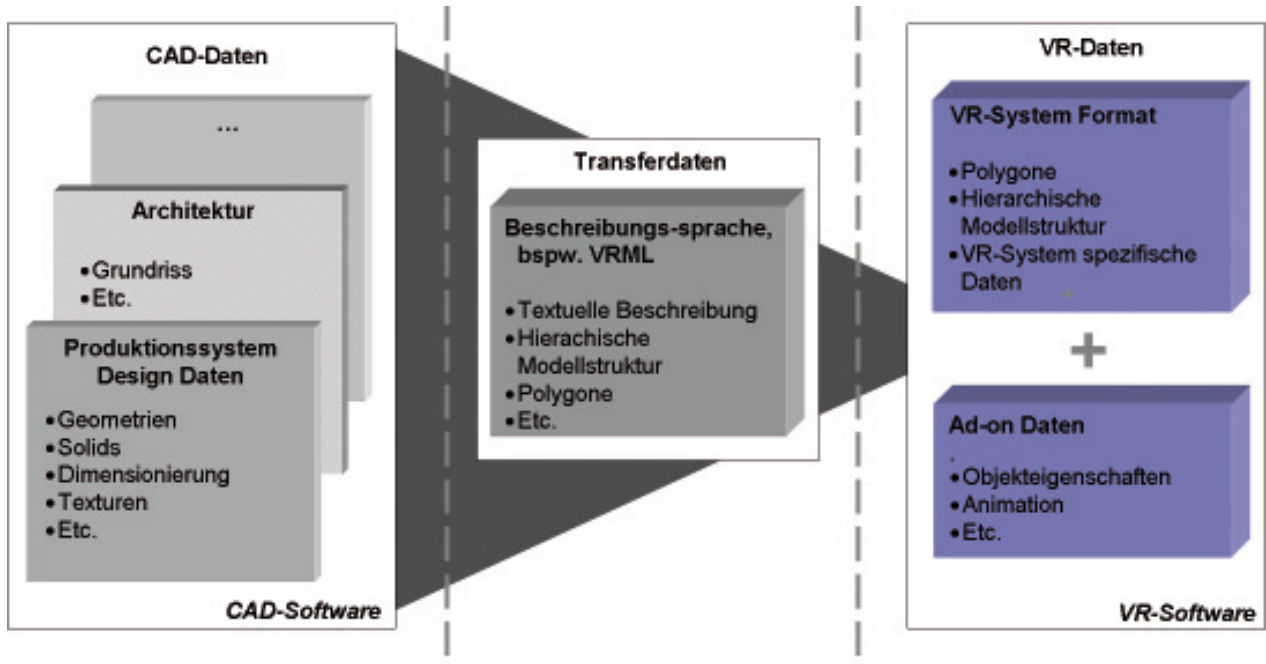


Bild 5. Daten- und Informationstransfer von CAD- in VR-Daten

ohne zusätzliche Texturen eine hohe Akzeptanz der Darstellung ermöglicht.

Nach der Aufbereitung aller VRML-Modelle werden diese zu einer virtuellen Produktionsumgebung zusammengeführt, indem die Modelle entsprechend der realen Produktionsumgebung positioniert werden. Das VRML-Format erlaubt die einfache Veränderung der im Klartext vorhandenen Szenen-Beschreibung ohne spezielle Software nur mit Texteditoren. Darüber hinaus lassen sich VRML-Daten mit verschiedenen kommerziellen und nicht-kommerziellen Software-Programmen bearbeiten Die ergänzenden Prozessdaten wie Arbeits-takte oder Prozesszeiten werden in Form von Objektrestriktionen oder Animationen ebenfalls über geeignete Software oder

direkt in den Quellcode der virtuellen Umgebung eingebunden.

Im letzten Schritt wird die virtuelle Produktionsumgebung mit den für den Workshop notwendigen Interaktionsmöglichkeiten bereitgestellt. Dieser Prozessinteraktionsgrad definiert für die einzelnen Objekte deren Veränderbarkeit innerhalb der virtuellen Umgebung wie Translation, Rotation oder Selektion. Für einen einfachen Arbeitsplatz (beispielsweise ein Montagearbeitsplatz) wird damit festgelegt, dass der Tisch mit den zugehörigen Werkzeugen entlang des Bodens für eine neue räumliche Anordnung verschoben werden kann.

Mit dem Bereitstellen der virtuellen Umgebung liegt diese dann meist in einem nativen VR-Software Format vor.

Montagearbeitsplatz

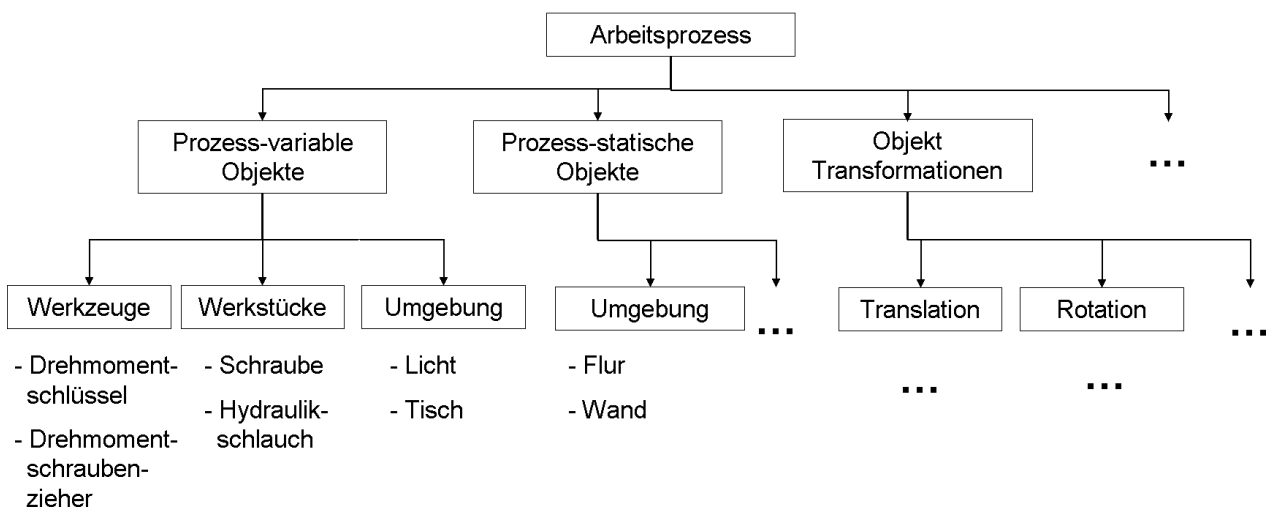


Bild 6. Hierarchische Gliederung eines Modells am Beispiel eines einfachen Montagearbeitsplatzes

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die VR-Technologie bietet das Potential, den konventionellen KVP-Workshop wesentlich weiterzuentwickeln. Damit ist insbesondere möglich, die Stillstandzeiten durch Verlagerung von Aktivitäten parallel zur laufenden Produktion zu verringern sowie alternative Verbesserungsmaßnahmen bereits vor der Realisierung umfassend zu bewerten.

Mit dem entwickelten Konzept sowie dem bereits realisierten Vorgehen zur Bereitstellung einer virtuellen Produktionsumgebung sind die Grundlagen für die Umsetzung von VR-unterstützten KVP-Workshops geschaffen. Im nächsten, darauf aufbauenden Schritt wird die Weiterentwicklung des KVP-Workshops entsprechend den Möglichkeiten und Anforderungen der VR-Technologie realisiert. Darüber hinaus wird das grundlegende Konzept weiter verfeinert.

Literatur

- [1] Schenk, M.; Sallaba; G.; Gröpke, S.: Variantenbewertung in der Fabrikplanung. ZWF 96 (2001) H. 4, S. 171–177
- [2] Wildemann, H.: Kontinuierliche Verbesserung – Leitfaden zur kontinuierlichen Innovation und Verbesserung. München: TCW Transfer-Centrum Verlag 1994
- [3] Klesius, J.; Baumgarten T.: Veränderung zum kontinuierlich besseren – Erfolgreiches KVP setzt auf den Input der gesamten Belegschaft. wt Werkstatttechnik online 93 (2003) Nr. 7/8, S. 560–564. Internetadresse: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag
- [4] Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem – Just-in-time für das ganze Unternehmen. Landsberg: Verlag Moderne Industrie 1995
- [5] Witt, J.; Witt, T.: Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP): Konzept – System – Maßnahmen. Heidelberg: Sauer-Verlag 2001
- [6] Hofmann, J.: Raumwahrnehmungen in virtuellen Umgebungen – Der Einfluss des Präsenzepfindens in Virtual Reality-Anwendungen für den industriellen Einsatz. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 2002
- [7] Bryden, K.; Chess, K. L.: Virtual engineering offers applications for today, challenges for tomorrow. Power 147 (2003) No. 2, pp. 67-70
- [8] Reinhart, G. et al.: Virtual Reality und Augmented Reality in der Montage. wt Werkstatttechnik online 92 (2002) Nr. 1/2, S. 12–15. Internetadresse: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag
- [9] Burdea, G.; Coiffet, P.: Virtual Reality Technology, Second Edition. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons, Inc. 2003
- [10] Wicker, K.: The virtues of virtual reality. Power 148 (2004) No. 4, pp. 59-62
- [11] Schneider, F. J.: VR-Einsatz in der Fabrikplanung. CAD-CAM-Report 24 (2004) H. 10, S. 44–49
- [12] Aurich, J. C.; Ostermayer, D.; Rößing, M.: Models for VR-based reconfiguration of manufacturing systems - Basic demands and requirements. In: ProSTEP iViP Science Days 2005: Cross Domain Engineering, Darmstadt, 28.09.–29.09.2005, pp. 148-157
- [13] N. N.: Homepage des Web3D Consortium. Internetadresse: www.web3d.org. Stand: November 2005
- [14] N. N.: ISO/IEC 14772-1:1997. Internetadresse: www.iso.org. Stand: November 2005