

Einsatz wissensbasierter Methoden bei der VR-Modellgenerierung

Dipl.-Inf. Michael Symietz
michael.symietz@volkswagen.de

Dipl.-Inform. Ralf Rabätje
ralf.rabaetje@volkswagen.de

Volkswagen AG Wolfsburg

1. Zusammenfassung

Im Produktentstehungsprozeß eines Automobils wird seit mehreren Jahren die Virtual-Reality-Technik (VR-Technik) erfolgreich eingesetzt. Anhand von zwei Anwendungsszenarien wird im Folgenden diskutiert, wie wissensbasierte Methoden dabei helfen können, den Einsatz der VR-Technik wie auch deren Integration in den Produktentstehungsprozeß weiter zu vereinfachen.

Im Bereich der *Styling-Datenkontrolle* zeichnet sich heute der Trend ab, vom reinen Visualisierungsmodell überzugehen zu einem mit Zusatzinformationen angereicherten Funktionsmodell, mit dem nach Bedarf direkt und realitätsnah interagiert werden kann. Die dafür notwendige Datenstrukturierung stellt heute einen nicht automatisierbaren Vorbereitungsaufwand dar. Es wird diskutiert, wie dieser Aufwand verringert werden kann. Dabei kommt eine Fahrzeug-Standardstruktur zum Einsatz, der die einzelnen Datensätze zugeordnet werden müssen. Für diese Zuordnung stehen unterschiedliche geometrische Attribute zur Verfügung. Die Standardstruktur muß frei erweiterbar sein, sowohl modellprojektbezogen wie auch projektübergreifend.

Im Bereich der *Konstruktion*, speziell beim Leitungsdesign, besteht die Möglichkeit, den Konstruktionsprozeß so zu erweitern, daß die Grunddaten für eine VR-Modellaufbereitung bereits in strukturierter Form zur Verfügung stehen. Dazu wird vorgeschlagen ein "intelligentes" Konstruktionssystem einzusetzen, das sich an den zu konstruierenden Objekten und nicht an den geometrischen Primitiven orientiert. Damit ergibt sich der Vorteil, daß aus den gewonnenen Konstruktionsdaten teilautomatisiert Simulationsdaten erzeugt werden können, die für Montage- und Demontageuntersuchungen am virtuellen Prototyp zur Verfügung stehen. Insbesondere wird dabei an Simulationsmodelle für flexible Bauteile gedacht.

2. Einleitung

Im Laufe der letzten Jahre hat sich die Anwendung der VR-Technik im Automobilbau in den Bereichen der Modellvisualisierung und -verifikation als ein anerkanntes Werkzeug etabliert. Dazu werden virtuelle Modelle aufgebaut, die der Fugen-, Flächen- und Designbeurteilung dienen, anhand derer aber auch Kollisionsuntersuchungen und Sichtbarkeitsanalysen durchgeführt werden.

Die Erzeugung von Fahrzeugmodellen, mit denen der Anwender direkt in der virtuellen Umgebung interagieren kann (Öffnen von Türen, Bedienung der Fensterheber, Bedienung von Sonnenblende und Lenkradverstellung u.v.m.), bedingt eine Erhöhung des Datenvorbereitungsaufwandes, der oft sehr zeitaufwendig und fehleranfällig abläuft. Funktionen, die am realen Modell durch die physikalischen Eigenschaften und den mechanischen Aufbau automatisch abgetestet werden können, müssen in ein virtuelles Modell

mit integriert werden. Die dazu notwendigen Zusatzinformationen (Strukturierung, Simulationsdaten) werden durch den Produktentstehungsprozeß und die eingesetzten Schnittstellen zwischen den verschiedenen Systemen nur eingeschränkt unterstützt bzw. stehen nicht in digitaler Form zur Verfügung.

Die sich durch den Einsatz der VR-Technik seit geraumer Zeit abzeichnenden Möglichkeiten führen zu der Notwendigkeit, den Prozeß der Modellgenerierung durch geeignete Methoden und Werkzeuge zu unterstützen. Hierbei kommen auch Methoden aus dem Bereich der KI zum Einsatz.

3. Vom CAD-Modell zum VR-Modell

In den folgenden Abschnitten wird der Datenaufbereitungsprozeß vom CAD- zum VR-Modell aus der Sicht der Modellstrukturierung beleuchtet. Dabei werden zunächst die allgemeinen Voraussetzungen beschrieben, die unabhängig von der jeweiligen VR-Anwendung gegeben sind. Anschließend wird die Integration der VR-Modellaufbereitung in die Entwicklungsprozeßkette anhand von zwei Beispielszenarien diskutiert.

3.1. Allgemeine modellstrukturelle Voraussetzungen

Die Grundlage für die VR-Modellgenerierung bilden im Produktentstehungsprozeß die Konstruktionsdaten, die als dreidimensionale Flächenbeschreibungen vorliegen. Diese Daten sind im Produktdaten-Managementsystem (PDM) als Einzeldatensätze enthalten. Diese einzelnen Datensätze bilden die Basisstrukturierung des VR-Modells. Im PDM-System werden diese Datensätze strukturiert verwaltet. Diese Produktstruktur orientiert sich weitestgehend an entwicklungsspezifischen Merkmalen. Als Beispiele seien hier die entwicklungsbezogene, die baustandsbezogene und die lebensdauerbezogene Strukturierung genannt [1].

Ein VR-Modell kann nach verschiedenen Gesichtspunkten strukturiert sein. Diese Strukturierung beeinflusst nicht nur die Renderingperformance einer Anwendung, sondern auch die Funktionalitäten/Interaktionen, die mit einem virtuellen Modell möglich sind. Die hierarchische Szenenbeschreibung eines virtuellen Modells hat beispielsweise Einfluß auf einfache kinematische Simulationen (Öffnen von Türen und Klappen, Betätigung der Lenkradverstellung, Bedienung des Türöffners, der Sonnenblenden u.v.m.), auf Interaktionen wie das Ein- und Ausblenden einzelner Bauteile und Baugruppen, auf die Definition und das Abspielen von Objektanimationen (funktionale Sichten auf das virtuelle Produkt). Darüber hinaus sind weitere Strukturierungen notwendig, um die Möglichkeiten der Produktvisualisierung für die Darstellung und den Vergleich verschiedener Produktvarianten und -versionen nutzen zu können (Bsp.: Varianten- und Versionshandling).

Aus dem Vergleich der beiden unterschiedlichen Systemwelten ergibt sich, daß eine entwicklungsrelevante Produktstruktur nicht notwendigerweise mit der funktionalen Strukturierung eines VR-Modells in einer virtuellen Umgebung übereinstimmen muß. Daraus ergibt sich, daß eine entsprechende funktionale Strukturierung der für das VR-Modell zur Verfügung stehenden einzelnen CAD-Datensätze im Rahmen der Anwendungsvorbereitung unerlässlich ist.

3.2. Modellaufbereitung im Bereich Datenkontrollmodell

Als Datenquelle für die VR-Modellgenerierung dient im Produktentstehungsprozeß die CAD-Welt mit den darin generierten Konstruktionsmodellen. Diese liegen als Flächenbeschreibungen im dreidimensionalen Raum vor. Die VR-Modelle bauen auf diesen Objekten auf. Die Modellaufbereitung ist zeitlich betrachtet demzufolge nach der Modellierungs-/Konstruktionsphase angesiedelt.

Im Bereich der Datenkontrollmodelle werden im Laufe einer Produktentwicklung mehrere verschiedene Entwicklungsstände ein und des gleichen Produktes generiert. Diese Entwicklungsstände unterscheiden sich in ihrer Vollständigkeit, Datenqualität aber auch in inhaltlicher Form. So gibt es Grobmodelle, bei denen beispielsweise nicht jede Verrundung ausmodelliert ist. Es gibt Modelle, für die nicht alle Teilmodelle existieren, es gibt verschiedene Alternativen ein und des gleichen Teiles, welches im Gesamtensemble beurteilt wird.



Abbildung 1: Virtuelles DKM-Teilmodell

Für jedes aufzubereitende VR-Modell ist es notwendig, entsprechend der gewünschten Funktionalitäten die einzelnen Datensätze zu strukturieren. Es werden Baugruppen definiert, auf denen einfache Kinematiken simuliert werden. Es werden Versionen, Varianten, Ausprägungen definiert, zwischen denen innerhalb einer Anwendung gewechselt werden kann. Für diese Strukturierung ist es im Rahmen der Modellaufbereitung jeweils erforderlich, die einzelnen vorhandenen Datensätze unterschiedlichen Strukturknoten zuzuordnen.

Daraus ergeben sich folgende Nachteile:

- Für unterschiedliche Entwicklungsstände ein und des gleichen Produktes wiederholen sich die notwendigen Datenaufbereitungsarbeiten mit jedem zu erzeugenden Modell. Es handelt sich um eine immer wiederkehrende Arbeit, die mit hoher Konzentration ausgeführt werden muß. Das erhöht die Fehlerwahrscheinlichkeit für diesen Prozeß.
- Für den Anwender ist es notwendig, die Interna der Datenstrukturierung des VR-Systems zu kennen, um dessen Möglichkeiten nutzen zu können. Das erfordert hochspezialisierte Mitarbeiter, um ein solches System effektiv einsetzen zu können.

- Der Zeitaufwand für die Anwendungsvorbereitung ist als hoch einzuschätzen, was in direkter Proportionalität zum Kostenaufwand zu sehen ist.

3.3. Modellaufbereitung im Bereich Montageuntersuchung

Genau wie bei den Datenkontrollmodellen basieren die virtuellen Modelle für die Montage-Demontagesimulation (MDS) auf den Konstruktionsdaten aus der CAD-Welt, die zeitlich gesehen vorher erzeugt werden. Beispielhaft wird folgendes Szenario angenommen:

In einer virtuellen Umgebung soll untersucht werden, ob ein Kühlwasserschlauch montierbar/demontierbar ist. Der Kühlwasserschlauch besteht aus einem vulkanisierten Kunststoff und hat eine festgelegte Form. Es handelt sich um ein flexibles Bauteil, das sich unter Einfluß von Kräften verformen kann. Diese Verformung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Montage, ohne den gesamten Motorraum demontieren zu müssen. Der Schlauch wird mit seinen Enden auf fixen Bauteilen (Kühler, Kühlwasserpumpe) durch ein "Aufstecken" befestigt. Während der Montage dürfen keine Durchdringungen des Schlauches mit den umgebenden Bauteilen auftreten. Die Erreichbarkeit des Schlauches mit der Hand soll während der Simulation keine Rolle spielen.

Für das beschriebene Szenario sind die in Tabelle 1 zusammengestellten Informationen notwendig.

Information	Beschreibung
Bauteile der Umgebung	Geometrische Beschreibung der Umgebungsobjekte als VR-Rendering-Modell
Kollisionsmodelle der Bauteile der Umgebung	Geometrische Beschreibung der Umgebungsobjekte als Kollisionsmodell
Geometrie des Schlauches	CAD-Beschreibung des Schlauches (definiert durch seine Mittellinie + Radius)
Geometrisches Simulationsmodell des Schlauches	VR-Rendering-Modell des physikalischen Simulationsmodells
physikalisches Simulationsmodell des Schlauches	Physikalische Simulationsparameter des Schlauches (Materialspezifika)
Kollisionsmodell der Schlauchgeometrie	VR-Kollisionsmodell des physikalischen Simulationsmodells
geometrische Beschreibung der Schlauch-Endbefestigungen (Schlauchstutzen)	Hilfsgeometrien (z.B. Vektoren im 3D-Raum)
Simulationsbeschreibung der Schlauch-Endbefestigungen	Parameter für die Verbindungserzeugung/-auftrennung zwischen Schlauch und Umgebung (Schlauchseite)
geometrische Beschreibung der Befestigungspunkte der Umgebung	Hilfsgeometrien (z.B. Vektoren im 3D-Raum)
Simulationsbeschreibung der Befestigungspunkte der Umgebung (Umgebungsstutzen)	Parameter für die Verbindungserzeugung/-auftrennung zwischen Schlauch und Umgebung (Umgebungsseite)
Verbindungsgraph	Definition der Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Befestigungspunkten

Tabelle 1: Informationen für eine Montage-/Demontageuntersuchung für einen flexiblen Schlauch

Über die zur Verfügung stehenden Schnittstellen zwischen CAD- und VR-Welt sind die in Tabelle 1 aufgeführten Informationen nur zu einem Bruchteil verfügbar. Hauptsächlich die geometrischen Beschreibungen der einzelnen Objekte können aus den verfügbaren

Konstruktionsbeschreibungen gewonnen werden. Im Rahmen der VR-Modellaufbereitung ist es notwendig, die fehlenden Informationen manuell hinzuzufügen. Weiterhin müssen aus den geometrischen Beschreibungen die Simulationsmodelle erzeugt werden. Dieser Prozeß führt zu einer Beschreibung der virtuellen Objekte, die über die reinen Visualisierungsattribute weit hinausgehen. Es werden zu den geometrischen Informationen Attribute hinzugefügt, durch die die einzelnen, in der virtuellen Umgebung abgebildeten Objekte nach semantischen Kriterien klassifiziert werden. Es wird zwischen physikalisch simulierten und nicht simulierten Objekten unterschieden. Es gibt Hilfsgeometrien zur Kennzeichnung spezieller Objekteigenschaften. Es existiert eine Verbindungslogik, die Informationen darüber beinhaltet, welcher Befestigungspunkt mit welchem verbunden werden kann u.v.m..

Es ergeben sich folgende Nachteile:

- Die in den Konstruktionsdaten nicht in digitaler Form zur Verfügung stehenden Informationen müssen im Rahmen der Anwendungsvorbereitung manuell eingegeben werden. Für den Übergang von rein geometrisch beschriebenen Objekten zu virtuellen Objekten, die durch spezielle Simulationsattribute gekennzeichnet sind, ist ein nicht zu unterschätzender Anwendungsvorbereitungsaufwand zu betreiben.
- Die Erzeugung der Modelle aus den Konstruktionsdaten erfolgt durch VR-Spezialisten, aber nicht durch die Konstrukteure der verschiedenen Baugruppen. Das kann zu Fehlern und Mißverständnissen führen. Deren Vermeidung erfordert eine enge Kommunikation zwischen den entsprechenden Spezialisten.
- Eine vollständige Automatisierung der Anwendungsvorbereitung ist nur dann denkbar, wenn die Vielzahl der notwendigen Attribute durch ein entsprechendes PDM-System verwaltet werden. Die Schnittstellen zwischen den Systemen müssen diese zusätzlichen Informationen unterstützen und auf der Konstruktionsseite im Quellsystem müssen diese Attribute "gefüllt" werden. Diese Voraussetzungen sind aus heutiger Sicht nicht gegeben.

3.4. Zusammenfassung

Die Anwendung der VR-Technik im Rahmen des Produktentstehungsprozesses basiert auf den zeitlich gesehen vorher generierten CAD-Datenbeschreibungen. Diese Konstruktionsdaten werden nicht mit dem Ziel erzeugt, daraus ein VR-Modell zu generieren, sondern ein Produkt zu beschreiben, das über den gesamten Produktlebenszyklus bestehen muß. Die CAD-Datenbeschreibungen sind in der Vergangenheit historisch gewachsen und haben sich, orientierend am physikalischen Modell, immer weiterentwickelt. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß sich aus der immer stärkeren Verbreitung der virtuellen Techniken Probleme ergeben, die nicht über herkömmliche Strategien gelöst werden können.

Die für den Produktentstehungsprozeß notwendige Datenstrukturierung muß nicht mit der Struktur eines VR-Modells übereinstimmen. Eine entsprechende Struktur muß manuell im Rahmen der VR-Modellaufbereitung erzeugt werden. Der Umfang der Modellattributierung im Daten-Quellsystem reicht nicht aus, um ein in seinem Verhalten realitätsnahes virtuelles Modell automatisch zu generieren. Auch hier ist eine zeitaufwendige VR-Modellaufbereitung notwendig.

4. Integration wissensbasierter Methoden

Im folgenden Kapitel werden Lösungsansätze für die in Kapitel 3 beschriebenen Problemstellungen diskutiert. Dabei werden wiederum die bereits beschriebenen Beispielszenarien einzeln behandelt.

4.1. Standardstrukturen für das Datenkontrollmodell

Für den Aufbau eines VR-Modells im Bereich Datenkontrolle wird vorgeschlagen, eine für die VR-Anwendung angepaßte Fahrzeugstandardstruktur zu nutzen. Auf dieser Standardstruktur werden die einfachen Kinematiken definiert. Zu Beginn einer Produktentwicklung sind die Parameter für die kinematischen Simulationen (Rotations-/Verschiebungsachsen, Rotationswinkel/Verschiebungslängen) auf Standardwerte gesetzt, die im Laufe der Modellaufbereitung gegebenenfalls angepaßt werden. Ist solch eine Standardstruktur vorhanden, so müssen die Modelldatensätze den Strukturknoten zugewiesen werden.

- Auf der Basis der geometrischen Eigenschaften jedes einzelnen Datensatzes kann ein entsprechendes Vorbereitungswerkzeug dem Anwender Vorschläge unterbreiten, welchem Strukturknoten der Datensatz zuzuordnen ist. Als geeignete geometrische Attribute seien hier die Boundingboxen (objekthüllende Quader entlang der Weltkoordinaten-Hauptachsen), die geometrischen Schwerpunkte, die Geometrieausrichtung und die Geometriegröße genannt. Diese Werte können bezüglich des Weltkoordinatensystems abgetestet und entsprechend ausgewertet werden.
- Die geometrischen Eigenschaften der Objekte können zwischen Objektpaaren vergleichend ausgewertet werden. Umschließt die Boundingbox eines Objektes O_1 die Boundingbox eines Objektes O_2 , so gehört das Objekt O_2 mit hoher Wahrscheinlichkeit zur gleichen Baugruppe des Objektes O_1 . Der Test auf Kollisionen/Verschneidungen der Geometrien zweier Objekte kann dazu genutzt werden, eine Annahme über verschiedene Versionen ein und des gleichen Bauteiles zu treffen.
- Aus dem Vergleich der Materialparameter und der geometrischen Eigenschaften der Objekte kann geschlossen werden, ob es sich um verschiedene Versionen des gleichen Bauteiles handelt.

Über ein geeignetes grafisches Interface bleibt dem Anwender die interne Strukturierung des Modells (Baumstruktur, Objektlisten) verborgen, so daß er die Systeminterna nicht kennen muß, um ein VR-Modell aufzubereiten.

Welche Eigenschaften sollte ein VR-Modellaufbereitungswerkzeug auf der Basis einer Standardstruktur aufweisen?

1. Erweiterbarkeit

Die Standardstruktur kann allgemeine Merkmale eines Fahrzeugmodells abbilden. Allerdings können mit jedem neuen Produkt auch wieder neue Anforderungen an diese Struktur gestellt werden. Daher muß diese Struktur einfach erweiterbar sein.

2. Baustufenübergreifende Nutzung

Die Fahrzeugstruktur muß innerhalb eines Produktentwicklungsprojektes baustufenübergreifend genutzt werden können. Eine für eine Baustufe einmal angepaßte Fahrzeugstruktur mit den entsprechenden zugeordneten Einzeldatensätzen kann für darauf

folgende Baustufen wiederverwendet werden. Damit kann der Modellaufbereitungsaufwand weiter vermindert werden:

- Die Kinematiken ändern sich von einer Baustufe zur nächsten sehr selten. Damit können diese in den meisten Fällen einfach übernommen werden.
- Die geometrischen Beschreibungen der Einzeldatensätze ändern sich in ihrer qualitativen Form. Die Gesamtausdehnung der Objekte und damit ihre Boundingboxen bleiben jedoch weitestgehend erhalten. Damit steigt die Möglichkeit der Anwendung einer korrekten automatischen Zuweisung der Modelldaten zu den Strukturknoten.

3. Verknüpfung qualitativer Aussagen

Die auf der Basis der geometrischen Eigenschaften gewonnenen qualitativen Aussagen über die einzelnen VR-Modelldatensätze müssen durch definierte Regeln so ausgewertet werden, daß sich Hypothesen über deren Strukturzugehörigkeit aufstellen lassen.

4. Lernfähigkeit

Systemvorschläge, die durch den Anwender korrigiert werden, sollten vom System erkannt werden und gegebenenfalls bei weiteren Projekten in die Beurteilung der Strukturzugehörigkeit mit eingehen.

4.2. Montageuntersuchung

Für den Bereich Montageuntersuchung wird vorgeschlagen, bereits bei der Erzeugung der Konstruktionsdaten ein spezielles System für die Generierung von Leitungsverläufen einzusetzen. Im Gegensatz zu den heute eingesetzten CAD-Systemen sollte es sich direkt an den zu erzeugenden Leitungen orientieren. Die Modellierung von Leitungsobjekten setzt sich aus deren Generierung und der Veränderung des Verlaufes zusammen. Weiterhin müssen die Leitungsenden exakt an den zugehörigen Verbindungsstellen positionierbar sein. Da ein Leitungsobjekt durch charakteristische Merkmale gekennzeichnet ist, kann ein solches System diese auch von der umgebenden Geometrie unterscheiden und erkennen.



Abbildung 2: Leitungsverlegung in einer virtuellen Umgebung

Im Rahmen eines mehrjährigen Projektes im VRLab der Volkswagen AG wurde ein entsprechendes Modellierungssystem als Prototyp entwickelt. Es bietet dem Anwender eine VR-Schnittstelle an, wodurch er direkt in einer virtuellen Umgebung Leitungsobjekte erzeugen, verändern und exportieren kann. Es handelt sich dabei um ein reines Modellierungswerkzeug, mit dessen Hilfe auf einfache Art und Weise der Bauraum für eine Leitung ermittelt und deren Verlauf festgelegt werden kann. Ein solches Leitungsobjekt besteht aus einem oder mehreren miteinander verbundenen Linienobjekten (Splinekurven, Strecken, Kreisbögen), durch die die Mittellinie einer Leitung und damit ihr Verlauf definiert ist.

Weiterhin ist einer Leitung ein Radius zugeordnet, der für die Erzeugung der Hüllgeometrie genutzt wird. Das System ist in der Lage selbst zu erkennen, welche Linienobjekte zusammen einen Leitungsverlauf bilden. Dieses Wissen wird im System genutzt, um die Interaktionen mit den Objekten so benutzerfreundlich wie möglich zu gestalten.

Der Einsatz eines solchen Systems eröffnet die Möglichkeit, bereits bei der Generierung der Konstruktionsdaten die Informationen zu erzeugen, die für spätere Montage- und Demontageuntersuchungen in einer virtuellen Umgebung benötigt werden. Damit kann aus den Konstruktionsdaten heraus automatisch ein Datenmodell erzeugt werden, mit dessen Hilfe das physikalische Verhalten der Leitungen im Falle einer Krafteinwirkung simuliert werden kann. Damit ist die Voraussetzung gegeben, Montage- und Demontageuntersuchungen mit den Leitungsobjekten am virtuellen Prototypen durchzuführen.

Die in Abschnitt 3.3. aufgeführten Nachteile, die sich aus der reinen auf CAD-Daten basierenden Anwendungsvorbereitung ergeben, relativieren sich durch die beschriebene Herangehensweise. Für die Konstruktion der Leitungsobjekte ergeben sich folgende Vorteile:

- Die auch für die Modellierung genutzte VR-Schnittstelle ermöglicht eine schnelle, sich am Anwendungsziel orientierende Konstruktion. Die sich aus der 2D-Anwenderschnittstelle eines CAD-Systems ergebenden Nachteile werden durch ein solches System überwunden.
- Die für die Modellierung notwendige Anwendungsvorbereitung kann gleichzeitig für MDU genutzt werden.
- Die Erzeugung des Simulationsmodells kann auf die Zuweisung eines Materialparameterdatensatzes aus einer Datenbank auf ein Schlauchobjekt reduziert werden. (Voraussetzung: Materialparameterdatenbank)
- Durch die Nutzung des gleichen Systems für die Generierung und Simulation von Leitungsobjekten erübrigen sich die Schnittstellenprobleme zwischen unterschiedlichen Systemwelten.

4.3. Schlußfolgerung

Der Einsatz einer modellorientierten Datenvorbereitung für die VR-Modellaufbereitung im Datenkontrollbereich gekoppelt mit einer wissensbasierten Anwenderunterstützung, verspricht eine Vereinfachung der Bedienung eines solchen Systems. Weiterhin kann der benötigte Zeitaufwand verringert werden und die Fehlerwahrscheinlichkeit wird kleiner. Informationstechnische Strukturen wie Listen, Bäume u.ä. werden vom Anwender ferngehalten, was eine erhöhte Anwenderakzeptanz verspricht.

Die Integration semantischer Informationen in den Modellierungsprozeß wirkt sich sowohl auf die Datenerzeugung wie auch auf die Konstruktionsabsicherung (Simulation) vorteilhaft aus. Im Bereich der Modellierung wird der Anwender durch das System aktiv unterstützt. Die Erzeugung der Simulationsdaten kann automatisch in der gleichen Systemumgebung erfolgen. Schnittstellenprobleme werden umgangen, Systeminterna werden vom Anwender ferngehalten.

5. Ausblick

Die im Abschnitt 4.1. beschriebenen Lösungsansätze gilt es in Zukunft mit existierenden Daten zu prüfen und umzusetzen. Im Rahmen eines Projektes wird ein Prototyp für ein

derartiges VR-Modellaufbereitungstool entwickelt werden, anhand dessen weitere Erfahrungen gesammelt werden. Die Ergebnisse werden in die mittelfristige Projektplanung des VRLab der Volkswagen AG mit einfließen.

Durch die Entwicklung des Prototypen für die Leitungsverlegung und dessen Anwendung im Produktentstehungsprozeß konnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, die in die daraus hervorgehende Entwicklung eines kommerziellen Produktes mit einfließen. Die Anwendung des VR-basierten Modellierungswerkzeuges im Produktentstehungsprozeß hat Auswirkungen auf den Gesamtprozeß. Das hat zur Folge, daß ein Umdenkprozeß initialisiert werden muß, um von den Vorteile eines solchen Systems vollständig partizipieren zu können. Die erfolgreiche Integration des Systems in die Produktentwicklung stellt in Zukunft die größte Herausforderung dar.

6. Literatur

- [1] Gehrke, U., Scheibler, M.: "Ein effektives Produktdatenmanagement - Rückgrat für die virtuelle Produktentwicklung" in [2] S.13-30.
- [2] Herausgeber: Verein Deutscher Ingenieure: *Prozeßketten für die virtuelle Produktentwicklung in verteilter Umgebung*; VDI-Berichte 1435; ISBN 3-18-091435-1; VDI-Verlag 1998.
- [3] Zimmermann, Peter; Purschke, F.; Rabätje, R.; Schulze, M.; Symietz, M., Tegel, O.: *Virtual Reality (VR) - Research and Application at Volkswagen*; in [2] S. 43 – 68.
- [4] Symietz, Michael: Grundlegende Interaktionen mit virtuellen Prototypen. In [5] S. 24-35.
- [5] Deussen, O. Lorenz, P: "Simulation & Animation '97", Proceedings der Tagung vom 6.-7.März 1997 der Universität "Otto von Guericke" Magdeburg, ISBN 1-56555-111-7.
- [6] Purschke, F.; Rabätje, R.; Schulze, M.; Starke, A.; Symietz, M.; Zimmermann, P.: "Virtual Reality (VR) – New Methods for Improving and Accelerating Vehicle Development" in [7] S. 105-122.
- [7] Dr. Fan Dai (Editor): "Virtual Reality for Industrial Applications", Springer Verlag Berlin Heidelberg 1998, ISBN 3-540-63348-0.
- [8] Zimmermann, P.; Purschke, F.; Rabätje, R.; Schulze, M.; Symietz, M.; Tegel, O.: "Virtual Reality (VR) – Forschung und Anwendung bei Volkswagen. In *Proceedings Digitale Prototypen: Neue Werkzeuge für die innovative Produktentwicklung*, 24./25.6.1998, Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt.
- [9] Symietz, M.: Virtuelle Leitungsverlegung an einem digitalen Fahrzeugmodell. In *Schriftenreihe „Praxis Forum“ Tagungsband des Arbeitskreises Virtuelle Produktentwicklung „Synthese von Berechnung, Simulation und Visualisierung“*, S.69-84, Tagung vom 14.-15.5.1998 Bad Nauheim, Technik + Kommunikation Verlags GmbH, Berlin (TCI).