

Anforderungen von VirtualReality als Entwicklungswerkzeug an den Produktentstehungsprozess und seine Datenstrukturen

Beisheim, N.

Der effektive Einsatz von VirtualReality (VR) in der Konstruktion technischer Produkte erfordert einen durchstrukturierten Informationsaustausch aller an der Entwicklung Beteiligten. Dieser Austausch wird durch Schnittstellenproblematiken zwischen einzelnen Programmen wie z.B. CAD- und VR-Programm erschwert. Der Artikel zeigt ein neues Konzept zur durchgehenden Strukturierung der Daten einschließlich der speziell für das VR-Design benötigten Informationen über den gesamten Produktentstehungsprozess und erklärt seine Anwendung an Hand einer Beispielkonstruktion.

The use of virtual reality in an effective way needs a continuous structure of information. The structure must include all persons who are involved in the engineering process. The interfaces between the computer systems like CAD- and VR-software are an other problem. This paper shows a concept to get a structure to manage all information of the engineering process which the VR-designer needs for his work and explains the implementation in a knowledge based system.

1 Kennzeichen für Virtual Reality

Seit einigen Jahren ist der Begriff VirtualReality (VR) im Zusammenhang mit der Abbildung realer dynamischer Objekte durch den Computer großen Teilen der Bevölkerung bekannt geworden. Diese "Erfahrungen" beziehen sich auf Kinofilme mit sehr realistischen Animationen künstlicher Welten oder Objekte wie in "Jurassic Park" oder "Titanic". Auch in den Medien wird mit kurzen Filmsequenzen über die Anwendungen von VirtualReality berichtet, bei denen es sich z.B. um virtuelle Rundgänge durch historische Gebäude als auch virtuelle Objekte wie den Jumbo A3xx handelt. Das einfache Betrachten der Animation von Objekten ist aber noch keine Anwendung von Virtual Reality. Erst mit den Merkmalen der Präsenz, der Interaktion und der Bewegung in Echtzeit wird aus der bloßen Animation eine solche Anwendung.

Die Präsenz ist dabei die Möglichkeit, sich selbst in einem virtuellen dreidimensionalen Raum zu bewegen und nicht nur die Ansichten von Objekten in

dem Raum zu ändern, wie es mit CAD-Systemen möglich ist.

Das Merkmal Interaktion ist die Möglichkeit, durch Programmierung von speziellem Objektverhalten ihr reales meistens dynamisches Verhalten in die Virtualität zu übernehmen. Beispiele für Interaktionen sind Farbänderungen oder die einsetzende Bewegung des aktivierten Objekts. Die Aktivierung kann sowohl von dem Anwender des Systems als auch als Kette von Interaktionen durch Aktivierung der Objekte untereinander ausgelöst werden.

Die Echtzeitfähigkeit eines Modells im VR-System hängt direkt mit der Modellgröße und der Rechnerleistung zusammen. Um einen guten visuellen Eindruck von Bewegungen zu bekommen, muss das Bild 25 mal in der Sekunde wiederholt werden. Die Rechenleistung heutiger Standard PC's (PIII 600 MHz, 256 MB) reicht nicht einmal, um einfache Modelle in Echtzeit zu bewegen. Für umfangreiche Modelle ist deshalb der Einsatz von großen Rechenanlagen nötig. Die größten Anlagen nutzen dabei die Filmindustrie und das Militär.

2 Anwendungsfelder von Virtual Reality

Die Anwendungsfelder für VirtualReality sind bisher hauptsächlich in den Unternehmen der Luft-, Raumfahrt- und Automobilindustrie zu finden. Je nach Einsatzzweck und -zeitpunkt spricht man von:

- Virtual Prototyping
- Virtual Design
- Virtual Manufacturing
- Virtueller Fabrik- und Anlagenplanung
- Master-Slave-Systeme

Virtual Prototyping ersetzt den Bau von physikalischen Prototypen oder verringert deren Anzahl. Das Ziel ist es, mit dem virtuellen Modell viele der Untersuchungen durchzuführen, die sonst erst mit dem physikalischen Prototyp gemacht werden könnten, denn virtuelle Modelle sind kostengünstiger als andere Arten von Prototypen. Beispielhafte Anwendungen sind Crash-, Schwingungs- und Dynamiksimulationen.

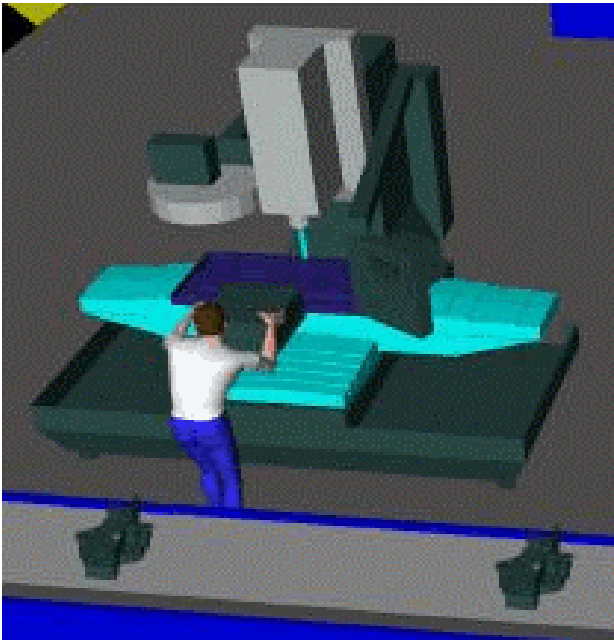


Bild 1: Fräsmaschine und Mannequin /2/

Der frühestmögliche Zeitpunkt zum Einsatz von VR ist die Durchführung von Designstudien, z.B. bei der Neuentwicklung von Autos. Die kostengünstige und zeitsparende Möglichkeit umfangreiche Studien durchzuführen, bei denen nicht nur das Ändern der Kontur möglich ist, sondern bei denen auch Funktionalitäten wie Türöffnen und Lenkbewegungen getestet werden können, hat VR schnell zum unentbehrlichen Entwicklungswerkzeug gemacht. Dabei ist es unerheblich, ob das Innenleben eines Autos oder einer Fabrikhalle, wie bei der Fabrik- und Anlagenplanung, das Objekt der Betrachtung in VR ist. Durch Präsenz und Interaktion mit dem Objekt überzeugt VirtualReality in der Anwendung, genügend Rechenleistung für flüssige Animationen vorausgesetzt.

Auch die Fertigung und Montage der Produkte kann das Objekt der Simulation mit VR sein. Dabei werden die Fertigungseinheiten in der digitalen Welt in Geometrie und Funktionalität abgebildet. Das Ziel der Simulation ist es nun, die geeignete Fertigungseinheit und ihre optimalen Betriebsparameter zu ermitteln. Beispiele sind Simulationen mit Fräsmaschinen wie in **Bild 1** gezeigt und von Montagevorgängen von komplexen Maschinen mit entsprechender Kollisionserkennung.

Bei konsequenter Anwendung von VirtualReality im Entwicklungsprozess können vom virtuellen Designobjekt über den virtuellen Prototyp bis zur Durchführung der virtuellen Fertigung und Montage in einer mit VR geplanten Fabrik alle Informationen als Datenmodell vorliegen. Dieses digitale Modell entspricht dann dem realen physikalischen Objekt

in seinem Zustand nach einigen Iterationen zwischen den Entwicklungsphasen.

Zunehmende Bedeutung bekommt der Bereich der robotischen Anwendungen. Dabei werden nicht nur die mechanischen Bewegungen der Roboter im VR-System abgebildet, sondern die Funktionalität der Steuerungssoftware der Roboter gleichzeitig getestet. **Bild 2** zeigt die mechanische Antriebseinheit eines Roboters zum Erkunden von unwegsamen Geländen.

Zu einem Master-Slave-System wird das Ganze, wenn der Nutzer das virtuelle Abbild des Objekts, in dem Fall den Roboter, in einer virtuellen Umgebung steuert. Das physikalisch reale Objekt macht dann die Bewegungen seines virtuellen Spiegelbilds in der realen Umgebung nach, weil es über Datenschnittstellen mit dem VR-Programm verbunden ist. Eingesetzt werden solche Systeme, wenn die direkte visuelle Kontrolle des Roboters nicht möglich ist z.B. in Kernkraftwerken und auf anderen Planeten.

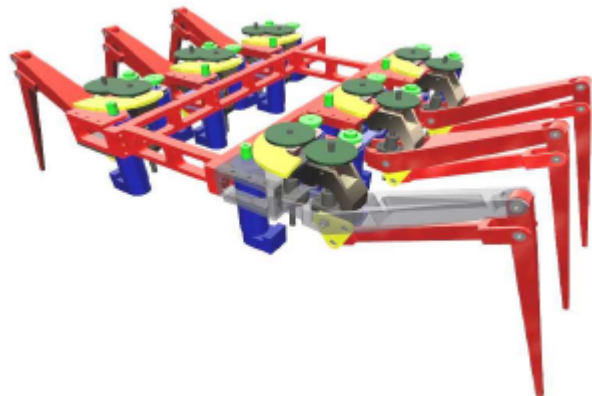


Bild 2: Antriebseinheit eines Roboters zur Erkundung /1/

3 Informationsbedarf zur Durchführung von VR-Studien

Der VirtualReality Designer benötigt zur Durchführung der Kinematikstudien nicht nur die CAD-Geometriedaten des CAD-Konstrukteurs sondern auch die Daten der realen Funktions- und Bewegungsmuster des von ihm zu animierenden Objekts. Die Funktions- und Bewegungsdaten setzen sich aus den Hierarchie-, Wirkstrukturinformationen und physikalischen Parametern des Objekts zusammen.

- Die Hierarchieinformationen sind die Daten über die Anordnung der Teilsysteme, Komponenten, Baugruppen etc. zu einander.

- Die Wirkstrukturinformationen umfassen die Positionen und Orientierungen der Bewegungsachsen, um damit Einschränkungen in den Freiheitsgraden (Constraints) der Objekte zu definieren.
- Die physikalischen Informationen sind die Bewegungsgleichungen für die Aktionen. Für eine genaue Abbildung der realen Bewegungen im VR-System ist die Verwendung der exakten Bewegungsmuster unerlässlich.
- Für die Animationen von Fertigungsvorgängen kommen dann noch Daten über fertigungstechnische Anlagen und ihre Parameter hinzu.
- Weitere Informationen z.B. Werkstoff- und Oberflächendaten wie Texturen werden über Relationen mit den Objekten verbunden. Während die Materialkennwerte zur Realisierung wirklichkeitsnaher Animationen gebraucht werden, verbessern die Texturen mit den enthaltenen Oberflächeneigenschaften die visuelle Darstellung der Objekte.

Der VR-Designer ist damit eine Informationssenke, bei dem im konsequent angewandtem Einsatz von VR alle Produkt- und Produktionsdaten zusammenkommen und auf ihre Konsistenz hin getestet werden.

4 Schnittstellenproblematik zwischen Software und den Konstrukteuren

Nachdem der CAD-Konstrukteur mit seinen Zeichnungen der Geometrie fertig ist, werden diese Daten des 3D-Modells über Dateischnittstellen in die VR-Software eingelesen. Für eine Beschleunigung der Darstellung der Geometrie im VR-System, auch als Real-Time Rendering bezeichnet, werden Details der Geometrie reduziert, z.B. Kreise werden zum n-Eck, damit die Oberflächen der Objekte als Polygonzüge dargestellt werden können. Der VR-Designer ergänzt nun die Informationen, die nicht über die Schnittstelle vom CAD-System mit übertragen werden konnten. Je nach Art der Schnittstelle können das sein:

- Hierarchiestrukturen der Objekte
- Textur und Oberflächendaten

- Sonstige Eigenschaften wie Materialkennwerte, etc.

Außerdem fehlen den Objekten sämtliche Eigenschaften, die ihre Funktion und Bewegung betreffen. Der VR-Designer ergänzt diese Informationen nach Zeichnungen und anderen Unterlagen und nach seinem Erfahrungswissen. Bei Unklarheiten muss er Rücksprache mit dem CAD-Konstrukteur halten.

Hat der VR-Designer alle Informationen zusammengetragen und ergibt seine Simulation der Objekte in der virtuellen Realität eine Notwendigkeit zur Änderung von Geometriemerkmalen z.B. weil zwei Objekte miteinander kollidieren, so kann er nur den CAD-Konstrukteur darauf hinweisen, damit dieser die Geometrie ändert. Er selbst kann die Geometrie auf Grund der Detailreduzierung im VR-System nicht ändern. Der CAD-Konstrukteur muss dem VR-Designer dann die neue Geometrie zuleiten, die dieser für neue Analysen in das VR-Programm integriert. Dieses Vorgehen ist so lange zu wiederholen, bis keine Unklarheiten oder funktionalen Probleme mehr bestehen. Videosequenzen der VR-Animationen sind dabei ein geeignetes Mittel, die erkannten Probleme dem CAD-Konstrukteur visuell darzustellen. **Bild 3** zeigt schematisch diese Iterationen zwischen dem CAD-Konstrukteur und dem VR-Designer.

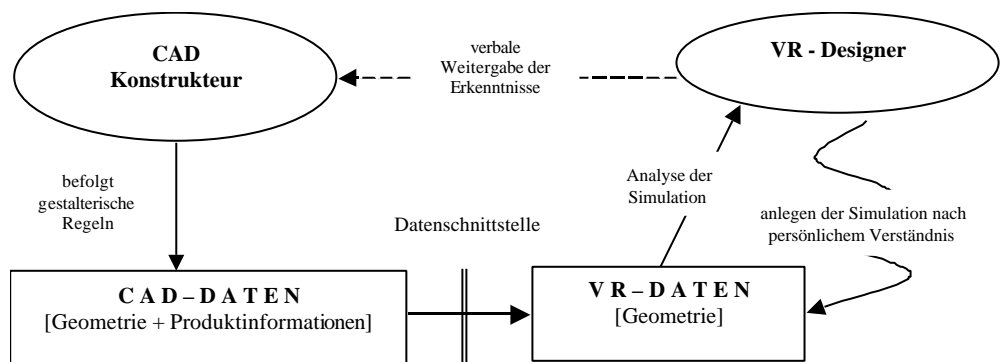


Bild 3: Problem der Iterationszyklen zwischen dem CAD-Konstrukteur und dem VR-Designer, nach /1/

5 Feature basiertes Konzept eines Entwicklungsprozesses

In der VDI-Richtlinie 2218 /3/ ist das Feature definiert als informationstechnisches Element, das Bereiche eines Produkts von besonderem technischem Interesse darstellt. Es ist eine bestimmte Sichtweise auf die Produktbeschreibung in Zusammenhang mit Eigenschaftsklassen und Pro-

duktlebenszyklen. Das Feature ist damit die Relation zwischen den Produktdaten während des Produktlebens.

Im Gegensatz zu üblichen Konzepten der Feature-Technologie, bei der die Feature-Informationen wie Fertigungsdaten, Werkstoffdaten etc. mit der CAD-Geometrie verknüpft werden, stellt das hier vorgestellte Konzept nach /1/ das Feature an sich an den Anfang der Entwicklungskette. Das Ziel ist das vollständige virtuelle digitale Produkt von der Planung bis zur endgültigen Verwertung. Die CAD-Zeichnung oder -Geometrie ist dann nur ein Detail-Feature des gesamten Produktmodells. Durch Definition der Datenformate z.B. STEP und das relationale Zusammenwirken entsteht eine Art Feature Technology Modelling Language (FTML), die mit Hilfe von Editoren mit PDM/EDM-, CAD- und VR-Systemen Daten austauschen kann, wie **Bild 4** zeigt.

6 Potenzial des Feature-Konzepts

In **Bild 4** wird außerdem die neue Vorgehensweise der Kommunikation zwischen dem VR-Designer und dem CAD-Konstrukteur dargestellt. Es zeigt nicht nur den Aufbau des VR-Modells basierend auf Feature-Daten des digitalen Produkts zusammen mit Geometrie-Informationen aus dem CAD-Programm, sondern auch die verbesserte Rückkopplung zwischen VR und CAD. Erkennt der VR-Designer bei seinen Analysen ein Funktionsproblem z.B. die Kollision zweier Bauteile, dann kann er die Bauteile in dem virtuellen Produktmodell markieren und eine Videosequenz erzeugen. Durch Relationen in dem digitalen Modell ist der CAD-Konstrukteur dieser Geometrie bekannt und ihm wird ein Bericht mit Visualisierung des Problems über E-Mail mit Video-Attachement zugestellt. Er kann dann entscheiden, ob eine Änderung des Bewegungsmusters oder der Geometrien durchgeführt wird. Nach Abschluss der Änderungen sendet er

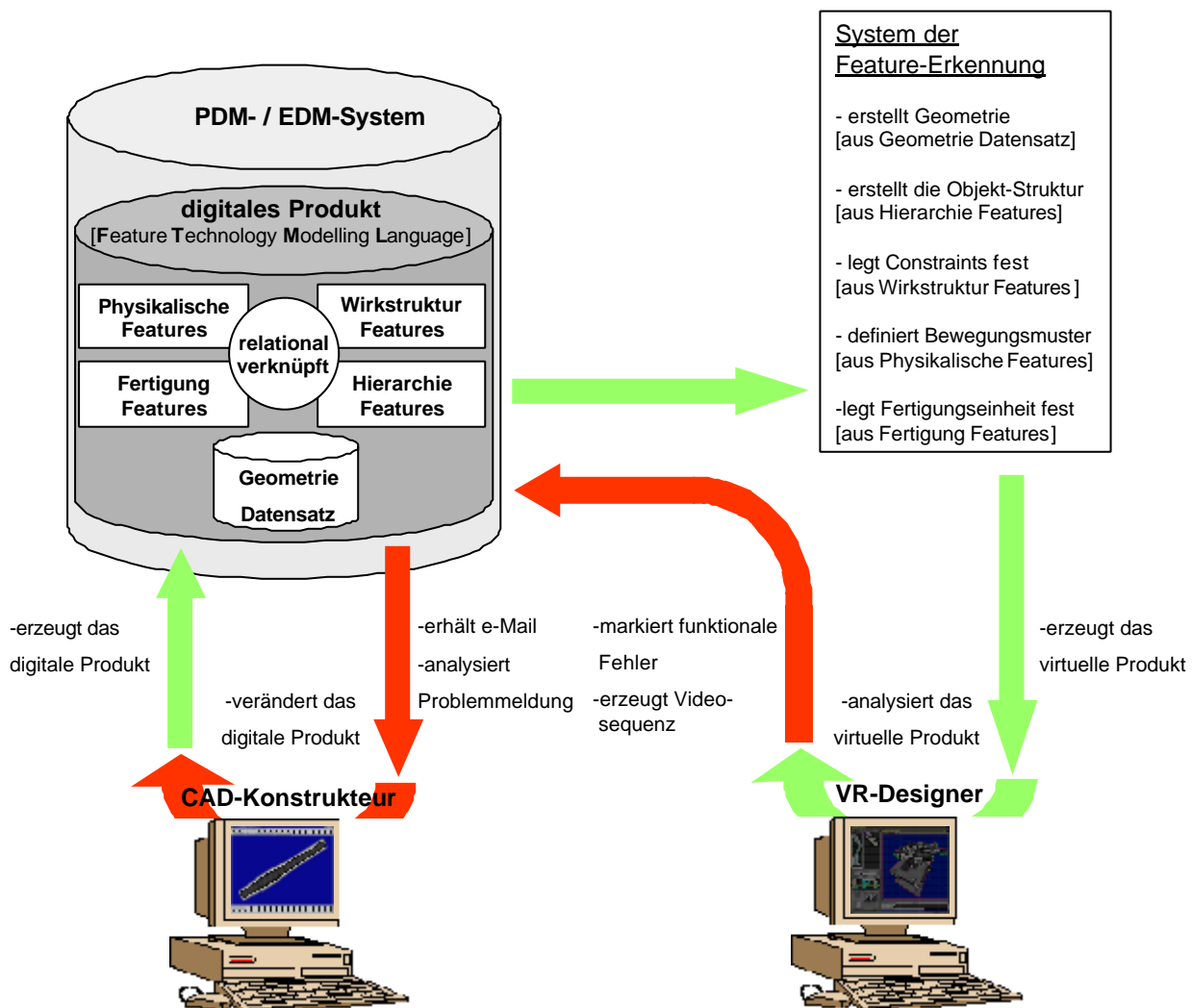


Bild 4: Die vom VR-Designer benötigten Informationen werden dem digitalen Produkt als Feature-Daten durch Editoren entnommen. Eventuelle funktionale Probleme des Produkts werden vom VR-Designer erkannt und in Zusammenarbeit mit dem CAD-Konstrukteur gelöst.

dem VR-Designer eine Meldung. Der VR-Designer führt eine überprüfende Analyse mit den neuen Daten durch. Diese Struktur der Rückkopplung ist genauso mit den Bereichen Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Montage aufzubauen. Die zu untersuchenden Kriterien sind dabei Fertigungs- und Montageverfahren und ihre optimalen Parameter. Dieses Konzept bringt den Unternehmen deutliche Einsparungen an Iterationen und damit Zeit und Kosten, lässt dem Entwicklungsprozess aber noch die Flexibilität für die Anforderungen des Marktes, weil es in bestehende Strukturen integrierbar ist.

7 Funktionalität eines wissensbasierten Informationssystems

Nach der Analyse des Konstruktionsprozesses nach VDI 2221 /4/ wurden dessen Aktivitäten nach den Anforderungen des neuen Feature-Konzepts umgeordnet. Statt des größtenteils seriellen Tätigkeitsablaufs sollen dabei viele Aktivitäten parallel durchgeführt werden. Gerade die Tätigkeiten nach der Zuordnung einzelner Maschinenelemente zu den durch sie zu erfüllende Funktion(en) bietet durch den Einsatz von VirtualReality und anderen computergestützten Werkzeugen viel Potenzial für paralleles Arbeiten. Mit Auswahl des Maschinenelements werden viele weitere Eigenschaften wie Grundgeometrie, Kinematik, Freiheitsgerade, Bewegungsmuster und Fertigungsverfahren automatisch mit bestimmt. Für das Beispiel "Welle" sind das z.B. runder Grundkörper mit Stirnflächen, die Rotation um die Längsachse und das Fertigungsverfahren Drehen. Die Parameter der einzelnen Eigenschaften müssen dann nur noch weiter spezifiziert werden. Es liegt schließlich ein vollständiges, digitales Produktmodell vor, das eindeutig definiert ist und vom VR-Designer einschließlich der Fertigungsprozesse analysiert wird. Er kennzeichnet das endgültige Produktmodell im PPS- oder PDM-System dann als verifiziert.

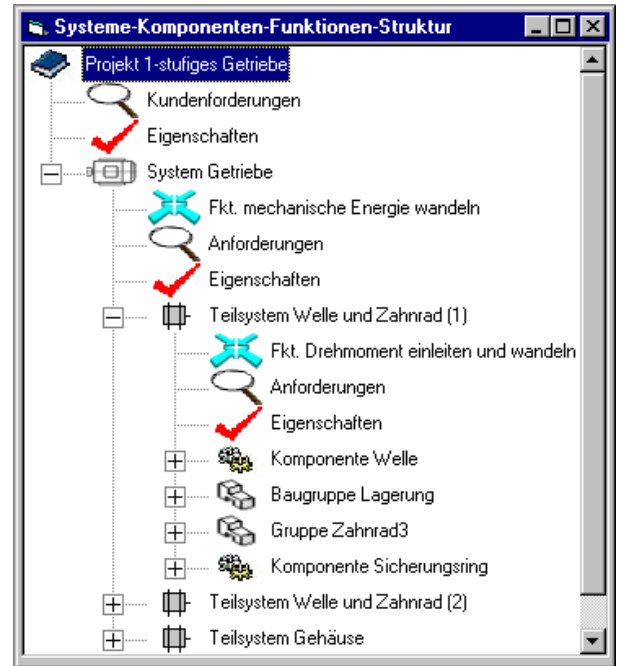


Bild 5: Darstellung der Struktur des digitalen Produkts während der Entwicklung

8 Anwendung des Informationssystems am Beispiel Getriebekonstruktion

An Hand der Konstruktion eines einstufigen Getriebes wird die Funktionalität des wissensbasierten Informationssystem erläutert: Als erstes werden die Funktionen des Konstruktionsobjekts als Struktur angelegt. Das Ergebnis zeigt **Bild 5**. Dabei werden Grundfunktionen z.B. Drehmoment einleiten und wandeln in Unterfunktionen aufgespalten und die Anforderungen z.B. Werte für Drehmomente und -

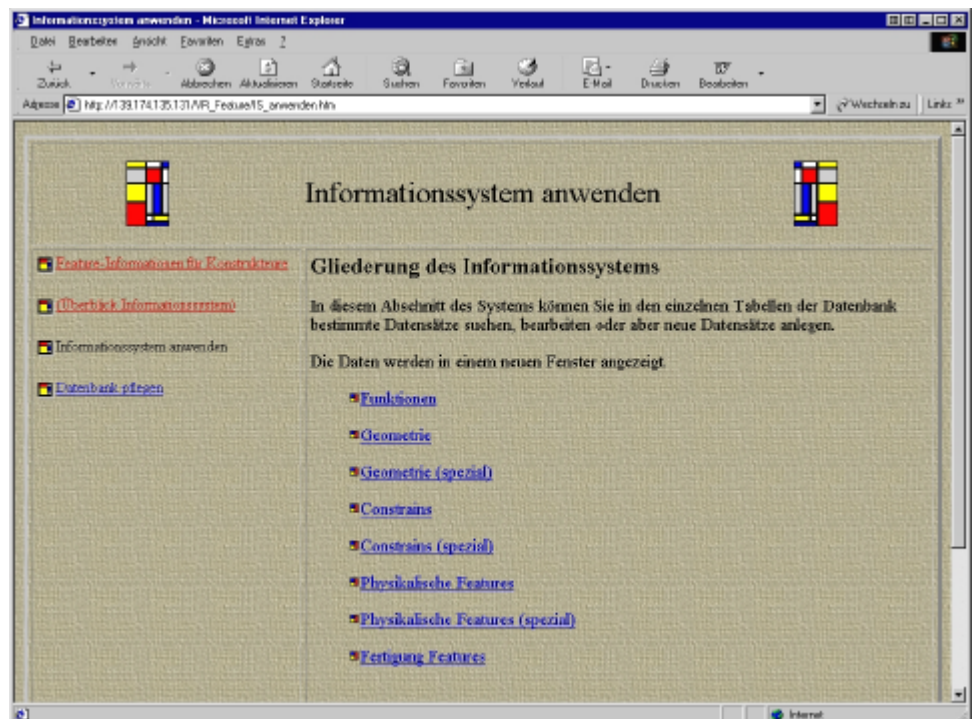


Bild 6: Abbildung einer Benutzeroberfläche des Informationssystems

drehzahlen den einzelnen Funktionen zugeordnet oder näher spezifiziert. Durch die Zuordnung der Funktion(en) zu den Maschinenelementen z.B. Wellen, Zahnräder, Lager mit den tatsächlich vorliegenden Eigenschaften der Bauelemente entsteht die in **Bild 5** abgebildete Gesamtstruktur des digitalen Produkts im Informationssystem.

Aus der Gliederung der Maschinenelemente wird bei der CAD-Konstruktion dann die Hierarchiestruktur des Objekts. Der Konstrukteur wird durch Suchalgorithmen in der Datenbank bei der Zuordnung der Informationen unterstützt. Eine Oberfläche des Informationssystems im Internet-Browser zeigt **Bild 6**. Mit Hilfe des Systems kann der Konstrukteur sich z.B. die geeigneten Maschinenelemente zur Funktionserfüllung anzeigen lassen, deren Eigenschaften er weiter spezifizieren kann, um schließlich die CAD-Geometrie mit Maßen, Toleranzen etc. anzulegen. Mit der Auswahl des Maschinenelements hat er auch die grundsätzlichen Wirkstrukturinformationen festgelegt, deren Parameterwerte er nur noch festlegen muss. Zusammen mit den physikalischen- und Fertigungs-Features ist das Konstruktionsobjekt Getriebe als digitales Produktmodell bestehend aus den Einzel-Features vollständig definiert. Der VR-Designer kann nun das Produktmodell mit einem VR-Programm im Hinblick auf Funktions-, Fertigungs- und Montagefehler analysieren. **Bild 7** zeigt eine Funktionsanalyse des Getriebes bei abgenommenem Gehäuse-

oberteil als Darstellung im VR-Programm. Sind keine Funktionsstörungen oder sonstige Fehler feststellbar werden die Produktdaten zur Fertigung freigegeben.

9 Zusammenfassung

Der Artikel zeigt die Anwendungsfelder für den Einsatz von VirtualReality-Software in der Entwicklung von technischen Produkten. Die Integration von VirtualReality als Entwicklungswerkzeug erfordert wegen der Datenreduzierung an den Programmschnittstellen zwischen den CAD- und VR-Systemen und des erhöhten Kommunikationsbedarfs der beteiligten Fachleute eine Neuorganisation der Entwicklungsaktivitäten und der Datenstrukturen. Dazu wird ein Konzept vorgestellt, bei dem die Strukturierung der Produktdaten auf Features basiert. Alle Features zusammen bilden das digitale Produkt. Anhand der Beispielkonstruktion eines Getriebes wird die Umsetzung des Konzepts mit dem rechnergestützten Informationssystem bestehend aus relationaler Datenbank mit Zugriff durch Internet-Browser, CAD- und VR-Programm erläutert.

10 Literatur

- /1/ Storch, S.: Strategisches Re-Engineering des Produktentstehungsprozesses basierend auf einem Feature-Konzept unter besonderer Berücksichtigung der Virtualen Realität als Entwicklungswerkzeug; unveröffentlichte Diplomarbeit, IMW Clausthal (2000)
- /2/ Mechanical Engineering Center Ltd.
- /3/ VDI-Richtlinie 2218 (Entwurf): Feature-Technologie, Hrsg. von der VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, Düsseldorf (1999)
- /4/ VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Hrsg. von der VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, Düsseldorf (1993)

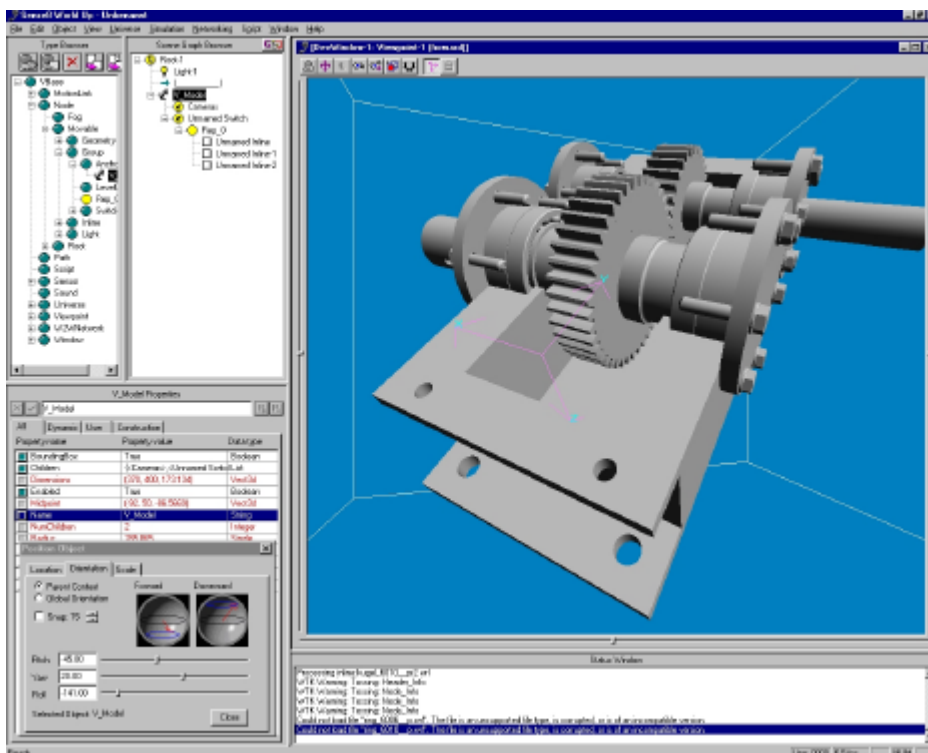


Bild 7: Desktop-Oberfläche des VR-Programms mit dem Getriebemodell