

Abstract

Development processes in the automotive industry place high demands on the performance and flexibility of the applied development strategies and tools. With the constant demands for reductions in cost and time for engineering-based development, new strategies have to support a smart connection between the working fields of project engineers, component designers, ergonomic specialists, safety and crash departments, designers and all of the other involved parties. Currently, automotive development is driven by the interaction of virtual design and simulation methods, in combination with physical development and testing procedures. The trend is definitely moving in the direction of integrated virtual development processes. Such processes focus on the product itself, but also take into account both the production and supplier situations, as well as lifetime-relevant factors that pertain to customer use, support, service and disposal.

The present habilitation thesis contains an overview of the author's activities and scientific contributions to the subject Virtual Product Development, with a certain focus on conceptual automotive engineering. After a summary of geometry representation techniques in computational applications, the state of the art and future trends as well as the own scientific contributions in parametric-associative design and knowledge-based engineering are presented. The importance of virtual model configurations for an efficient implementation of networked design and simulation processes is discussed through a consideration of integrated model structures, including their parameter organization and data interfaces.

The automotive-related introduction of this thesis begins with a retrospective that includes selected examples of significant contributions since the beginning of automobile development. An analysis and evaluation of today's full-vehicle development processes at several car manufacturers provides an overview of the various working areas and the complex interactions that occur during the creation of new car models. The concept phase, in particular, represents an important area for the application of virtual product development. For that reason, an approach for the interdisciplinary integration of several design and simulation disciplines into a centralized tool and data structure is introduced, based on the implementation of a networked virtual vehicle model and an enclosed database structure. In addition to the aspects related to development methodology, the habilitation thesis includes a detailed description and discussion of the multifarious requirements and working areas in the concept phase of full-vehicle development, including a consideration of legislation requirements, the implementation of styling, ergonomics investigations, body structure and crash development, weight management, layout of propulsion concepts and driving dynamics.

Kurzfassung

Entwicklungsprozesse in der Automobilindustrie sind geprägt von mannigfaltigen Aufgabenstellungen und der daraus resultierenden Aufteilung der Projektumfänge in unterschiedliche Disziplinen und auf verschiedene Entwicklungspartner. Die umfangreichen Produktdaten machen eine Anwendung von vernetzten, computerunterstützten Entwicklungsmethoden notwendig, was in den letzten Jahren zu einem verstärkten Einsatz von durchgängigen virtuellen Auslegungs- und Evaluierungsprozessen führte. Der Trend geht eindeutig in Richtung einer erweiterten Anwendung von integrierter virtueller Produktentwicklung unter Berücksichtigung verschiedener Einflüsse, wie etwa aus der Produktion, der Einbindung von Zulieferern, sowie von Faktoren aus dem gesamten Produktlebenszyklus, wie der Kundennutzung und dem Service.

Die vorliegende Habilitationsschrift beinhaltet einen Überblick der Tätigkeiten und wissenschaftlichen Beiträge des Autors im Fachgebiet der Virtuellen Produktentwicklung mit Fokus auf die konzeptionelle Gesamtfahrzeugentwicklung. Nach einer Zusammenfassung von Grundlagen zur Geometrieerzeugung und -darstellung in modernen CAD-Systemen werden der Stand der Technik und zukünftige Trends von parametrisch-assoziativen Konstruktionsmethoden in Kombination mit wissenschaftlicher Produktentwicklung beleuchtet und diskutiert. Insbesondere wird auf den Aufbau virtueller Produktmodelle im 3D-CAD und die Parameterorganisation bzw. deren Einflüsse auf Datenschnittstellen zur Vernetzung von Konstruktions- und Simulationsprozessen eingegangen.

Der auf die Automobilentwicklung bezogene Abschnitt der Arbeit beginnt mit einer Retrospektive, welche eine Auswahl bedeutender Entwicklungsschritte in der Geschichte des Automobils beschreibt. Im Anschluss werden die Einflussfaktoren auf die Fahrzeugentwicklung von heute und in naher Zukunft dargelegt und diskutiert. Anhand der verschiedenen Abschnitte eines generischen Gesamtfahrzeugentwicklungsprozesses werden die komplexen Zusammenhänge bei der Entwicklung eines neuen Automobils erörtert. Die Grundzüge der Produkteigenschaften werden in der Konzeptphase definiert, wobei versucht wird, möglichst umfangreiches Produktwissen durch vernetzte, virtuelle Auslegungsmethoden zu erarbeiten. In der vorliegenden Arbeit wird ein Ansatz zur interdisziplinären Integration von verschiedenen Konstruktions- und Simulationsprozessen in eine zentralisierte Werkzeug- und Datenstruktur zur Unterstützung der frühen Phase in der Automobilentwicklung vorgestellt.

Zusätzlich zu den Aspekten bezogen auf die Entwicklungsmethodik beinhaltet die vorliegende Habilitationsschrift eine detaillierte Darstellung der vielfältigen Anforderungen und Arbeitsbereiche in der konzeptionellen Gesamtfahrzeugentwicklung. Dies umfasst die Berücksichtigung von Gesetzesvorgaben und Ergonomieuntersuchungen, die Implementierung von Stylingentwürfen in das Konzeptmodell, die Vorauslegung von Karosserie, Fahrwerk und Antriebstrang, das Gewichtsmanagement, Maßnahmen zur Gewährleistung der Fahrzeugsicherheit, sowie die Abschätzung der fahrdynamischen Eigenschaften des Fahrzeugkonzeptes.