

TKA EXCHANGE PORTAL FÜR DIE MECHATRONISCHE PRODUKTENTWICKLUNG

Reiner Anderl, Arnulf Fröhlich, Sven Kleiner

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden durch eine Prozessanalyse zahlreiche Entwicklungswerkzeuge (Tools) ermittelt, die als Hilfsmittel bei der Entwicklung von elektrohydraulischen Aktuatoren für die Ruderverstellung zur Anwendung kommen. Die mit diesen Tools erzeugten oder verarbeiteten Modelle enthalten Produktdaten, die im Entwicklungsprozess vielfältig und mehrfach verwendet werden. Die Durchgängigkeit eines rechnerunterstützten Datenaustauschs ist dabei nur unzureichend gegeben. Ziel war es deshalb eine Entwicklungsumgebung zu konzipieren und prototypenhaft zu realisieren, die es erlaubt beispielsweise Parameter aus der Spezifikation oder aus CAD-Modellen zu selektieren und diese den parametrisch aufgebauten Simulationsmodellen zur Verfügung zu stellen. Damit sollte es zum Beispiel möglich sein das Simulationsmodell automatisch zu parametrieren ohne eine manuelle Parametereingabe durchführen zu müssen. Der vorliegende Beitrag fasst die Ergebnisse des Projekts zusammen.

1 Einleitung

Die Analyse des Entwicklungsablaufs von luftfahrttechnischen Geräten zeigt, dass die Entwickler eine Vielzahl von Konstruktions-, Berechnungs- und Simulationsaufgaben zur Definition und Sicherstellung der Produktqualität während der Produktentstehung zu bewältigen haben. Dabei ist insbesondere eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Konstrukteuren der mechanischen, elektrischen und hydraulischen Komponenten, den Berechnungsingenieuren sowie den Simulationsexperten sicherzustellen. Dem Datenaustausch zwischen Konstruktion, Berechnung und Simulation wird daher eine besondere Bedeutung beigemessen.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse eines Forschungsprojekts vorgestellt, die in Kooperation mit einem Partner der Luft- und Raumfahrtindustrie und der Technischen Universität Darmstadt entstanden sind [1]. Das Projektziel war die Schaffung einer „Toolkette Aktuator“, die die Entwicklungsaktivitäten - am Beispiel der Entwicklung von elektrohydraulischen Aktuatoren für die Ruderverstellung an Flugzeugen - ganzheitlich sicherstellt und insbesondere einen konsistenten, redundanzfreien Datenaustausch zwischen den genannten Disziplinen gewährleistet.

Ausgehend von einer detaillierten Prozessanalyse zur Identifikation der prozesstechnischen Abläufe, der Datenflüsse sowie der eingesetzten rechnerunterstützten Werkzeuge wurden in diesem Forschungsprojekt Anforderungen an die Unterstützung des Entwicklungsprozesses - insbesondere an die Integration von Konstruktion und Simulation - erarbeitet und sollen zunächst dargestellt werden. Das Konzept für die „Toolkette Aktuator“ und die Funktionalität auf der Basis des Assistenzsystems „TKA Exchange Portal“ zur Gewährleistung des Datenaustausches wird in diesem Beitrag anschließend vorgestellt.

2 Die Entwicklung von Aktuatoren für die Ruderverstellung

Der Entwicklungsablauf von Aktuatoren umfasst die Phasen Specification, Basic Actuator Design, Preliminary Actuator Design, Detailed Actuator Design und Documentation, die durch Meilensteine (Preliminary Design Review, Critical Design Review, Qualification) abgeschlossen werden.

In der ersten Phase „Specification“ wird das flugtechnische Gerät spezifiziert, d.h. die Qualitätsmerkmale des zu entwickelnden Systems werden als Anforderungen definiert. Außerdem werden Konzeptlösungen entwickelt, wobei ein Konzept abschließend zur Ausgestaltung freigegeben wird. Die Spezifikation geht neben dem Konzeptentwurf als zentrales Dokument in den Entwicklungsprozess ein und steht jedem Entwickler als Pflichtenheft zur Verfügung, um die festzulegenden Produkteigenschaften einzuhalten bzw. zu überprüfen.

In der Designphase „Basic Actuator Design“ wird der konzipierte Aktuator ausgelegt und berechnet. Insbesondere sind dabei den Anforderungen bzgl. Leistung, Festigkeit und Sicherheit Rechnung zu tragen. Dabei werden schon in den frühen Phasen Auslegungsrechnungen und (ungeheure) Simulationen durchgeführt, um die spezifizierten Eigenschaften zu gewährleisten. Die Konstruktion stellt in dieser Phase bereits erste 3D-CAD-Modelle (Volumenmodelle) des Aktuators zur Verfügung, die Parameterwerte für Auslegungsrechnungen liefern. Als Werkzeuge kommen hier CAD-Systeme (PRO/ENGINEER), allgemeine Berechnungswerkzeuge (MATLAB) und FEM-Systeme (ANSYS) zur Berechnung des statischen Strukturverhaltens zur Anwendung. Der Datentransfer zwischen den beteiligten Entwicklungspartnern läuft hauptsächlich über den papierbasierten Austausch von technischen Dokumenten. Oftmals werden durch dieses Verfahren nicht mehr aktuelle bzw. durch fehlerhafte Eingabe ungültige Daten verwendet.

In ähnlicher Weise lassen sich auch die Prozessabschnitte „Preliminary“ und „Detailed Actuator Design“ charakterisieren. Allerdings nimmt die Tiefe der Verwendung von rechnerunterstützten Entwicklungswerkzeugen zu, wobei die Vernetzung der Entwicklungsschritte und somit die Komplexität der ausgetauschten Daten dadurch drastisch erhöht werden. Waren in der Konzeptphase die verwendeten Tools und der einhergehende Datenaustausch gerade noch überschaubar, werden nun die durch zahlreiche Iterationsschritte während des Entwicklungsfortschritts erzwungenen Beziehungen unüberschaubar. Neben der Definition von Geometrieigenschaften, Bauteilen und Baugruppen werden durch die Konstruktion Detailzeichnungen und Strukturstücklisten für die Fertigung abgeleitet sowie Zusammenstellzeichnungen und Stücklisten für die Montage erstellt. Daten der CAD-Modelle werden während der Entwicklung zugleich für die Simulation der Leistungseigenschaften sowie zur Reglerauslegung unter MATLAB/SIMULINK oder auch für Analysen mit FE-Methoden zur Festigkeitsberechnung mit ANSYS bzw. für elektromechanischen Berechnungen (FEMAG, MAFIA) verwendet. Der Konstrukteur wird bei der Verwaltung seiner CAD-Daten durch ein Produktdatenmanagementsystem (PDM-System PRO/INTRALINK) unterstützt, das die Dokumentenverwaltung, die Lebenszyklusverwaltung, den Workflow sowie die Zugriffsverwaltung organisiert. Die in anderen Abteilungen daraus abgeleiteten Daten sowie die im Rahmen von Berechnungen und Simulationen erzeugten Informationen werden lediglich im Dateisystem verwaltet, was zur inkonsistenten und redundanten Datenhaltung führen kann.

Der abschließende Prozessschritt („Documentation“) zur Qualifizierung beinhaltet Erstflug und Zulassung und benötigt die Dokumentation aller Entwicklungsergebnisse inklusive der Nachweise über durchgeführte Berechnungen und Simulationen. Die bedeutende Prozesskette der Dokumentation ist nur unzureichend standardisiert und automatisiert. Sie

ist vor allem von der Disziplin jedes einzelnen Entwicklers bei der Datenverwaltung für die Dokumentation abhängig.

Ein vollständiger Austausch von Informationen über Abteilungsgrenzen hinweg sowie der Austausch von Daten zwischen den genannten Entwicklungsbeteiligten, den Prozessen und Entwicklungswerkzeugen existiert für eine ganzheitliche Produktentwicklung bislang noch nicht. Lediglich volumenmodellbasierte, unidirektionale Prozessketten, wie zum Beispiel die Prozesskette Gestaltung - Strukturmechanische Analyse (CAD-FEM) oder die Prozesskette Gestaltung - Mehrkörpersimulation (CAD-MKS), haben sich etabliert und werden rechnerisch unterstützt. Bislang existieren allerdings noch keine Prozessketten und somit keine definierten Schnittstellen zwischen domänenfremden Systemen wie CAD- und Simulationssystemen, die den Entwicklungsprozess ohne Medienbrüche unterstützen sollen.

Auf Grund der Erkenntnisse aus der Prozessanalyse lassen sich folgende wesentliche Anforderungen an die Funktionalität der Toolkette Aktuator ableiten:

- Unterstützung des parametrischen Datenaustauschs zwischen den eingesetzten Tools (Toolkette),
- Verwaltung von digitalen Spezifikationen (Anforderungsmanagement, engl. Requirement Management),
- Automatische Berichterstellung auf Basis der Produktmodellparameter zur Dokumentation (Reportgenerierung),
- Ganzheitliche, zentrale Verwaltung aller anfallenden Produktdaten und Dokumente (Produktdatenmanagement),
- Unterstützung des Simultaneous/Concurrent Engineering,
- Automatisierung des ganzheitlichen Änderungs- und Freigabewesens (Workflow-Management).

3 TKA Exchange Portal - Basis für die Toolkette Aktuator

In diesem Abschnitt soll das Konzept der Toolkette Aktuator dargestellt werden. Das Architekturkonzept der „Toolkette Aktuator“ wird in Abbildung 1 schematisch gezeigt und illustriert die genannten Tools neben einem Produktdatenmanagementsystem und dem TKA Exchange Portal als Basis für den parametrischen Datenaustausch [2]. Der parametrische Datenaustausch zwischen den eingesetzten Tools wurde dateibasierend realisiert und wird durch das TKA Exchange Portal unterstützt.

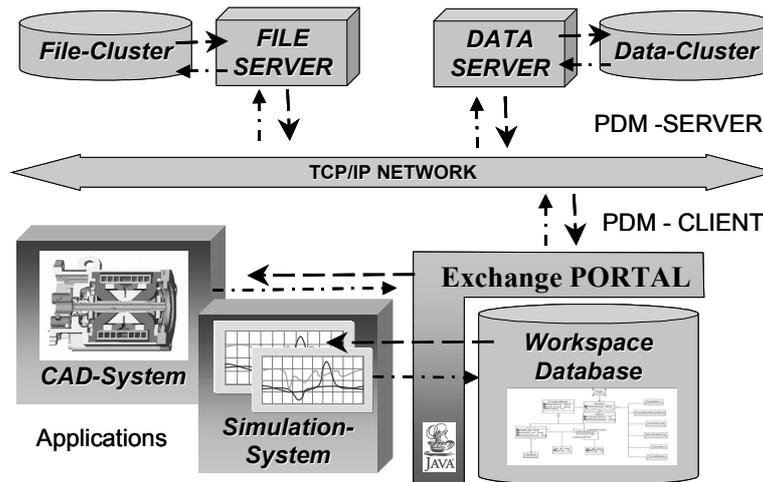


Abbildung 1: Architekturkonzept der „Toolkette Aktuator“

Das TKA Exchange Portal weist vornehmlich folgende Komponenten auf:

- neutrales Datenmodell zur Strukturierung und persistenten Speicherung der importierten bzw. zu exportierenden parametrischen Produktdaten,
- verschiedene Schnittstellen zum Einlesen der Daten aus diversen Erzeugersystemen bzw. zur Übertragung der gespeicherten Daten in ein Zielsystem,
- Benutzeroberfläche zur Bedienung des TKA Exchange Portals.

Die Verwaltung von Spezifikationen für das rechnerunterstützte Anforderungsmanagements wird ebenso durch das Portal geleistet. Das neutrale Datenmodell weist ein Modul für die Repräsentation von Anforderungsklassen und deren Attribute auf. Über die Benutzerschnittstelle ist es somit möglich, Anforderungen gemäß der papierbasierten Vorgabe zu erzeugen, zu verändern, zu löschen oder zu sichten. Des weiteren wird der Export von selektierten Parametern der Spezifikation in ein Zielsystem unterstützt.

Darüber hinaus ist die automatische Berichterstellung zur Dokumentation auf Basis der Produktmodellparameter ebenfalls im Funktionsumfang des Portals enthalten. Grundlage für die Reportgenerierung ist die Struktur der Spezifikation, die als XML basierter Datensatz ausgelesen wird. Eine Client-Server Architektur, auf die in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden soll, sorgt mit Hilfe verschiedener Mechanismen dafür, dass beispielsweise aus der ausgelesenen Struktur einer Spezifikation und den selektierten Produktparametern ein Bericht über die Leistungsdaten erzeugt werden kann.

Die Forderungen nach einer ganzheitlichen, zentralen Verwaltung der Produktdaten, nach Unterstützung des Simultaneous/Concurrent Engineering sowie die Notwendigkeit eines Workflow-Managements werden durch die Kopplung des Portals an das in der Konstruktion verwendete Produktdatenmanagement erfüllt. Das eingesetzte PDM-System verfügt bereits über die gewünschte Funktionalität, ist allerdings hauptsächlich für den Einsatz im CAD-Bereich ausgelegt. Daher waren für die Nutzung im gesamten Entwicklungsbereich zahlreiche Anpassungen am PDM-System durch Programmierung,

Konfiguration und Administration notwendig, um neben den Prozessen und Daten aus der Konstruktion auch die aus Berechnung und Simulation zu unterstützen.

4 Die Funktionsweise der Toolkette Aktuator

Innerhalb der beschriebenen Architektur und mit Hilfe des Portals ist es möglich Produktparameter (z.B. aus der Spezifikation, PRO/ENGINEER) zu analysieren, zu selektieren und für den Datenaustausch vorzubereiten. Im Anschluss daran können Dateien mit den gewünschten Parametern in ein spezifisches Format überführt und an das Zielsystem (z.B. MATLAB) übertragen werden. Das PDM-System übernimmt dabei die Verwaltung aller vorhandenen Modelle und Dokumente über den Entwicklungsprozess und sorgt für die Organisation der Prozesse sowie für die Konsistenz und Redundanzfreiheit der Produktdaten. Das in Abbildung 2 dargestellte Schema soll den Ablauf des Datenaustauschs abschließend beispielhaft verdeutlichen.

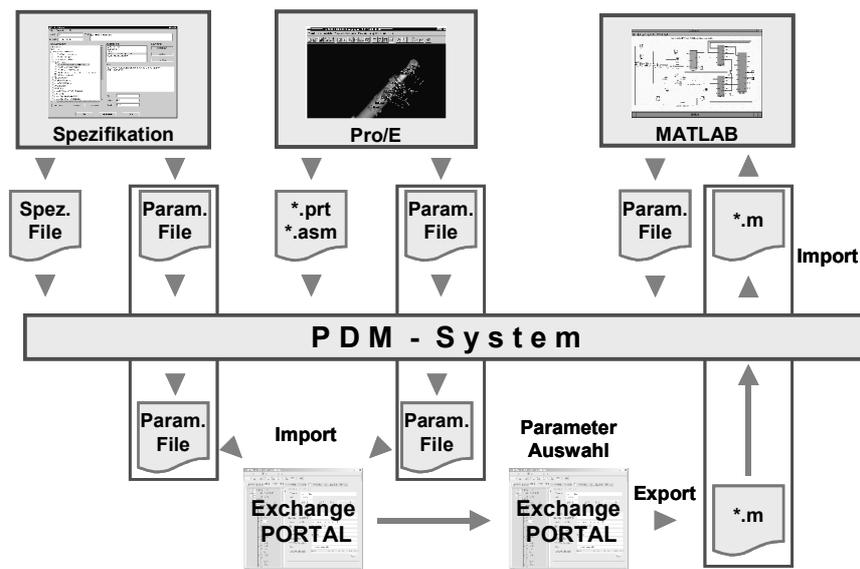


Abbildung 2: Ablauf des Datenaustauschs zwischen Konstruktion und Simulation

5 Bewertung der Ergebnisse

Die Funktionsweise der Toolkette Aktuator wurde zu Projektende getestet und bewertet. Die Funktionalität des TKA Exchange Portals bezüglich Datenaustausch ist praxistauglich und wird bereits genutzt. Das ganzheitliche Datenmanagement ist allerdings durch die Integration des PDM-Systems der Konstruktion nur eingeschränkt für die tägliche Arbeit brauchbar, da es nur unzureichend die Daten aus Berechnung und Simulation verwalten kann. Ein Ansatz für die Lösung dieser Unzulänglichkeit könnte die Verwendung von umfangreicheren PDM-Systemen sein, die man auch als Engineering Management Systeme (EDM) bezeichnet. Außerdem ist es sinnvoll das Konzept insbesondere um die Integration auf Basis der verschiedenen Modellstrukturen und vorhandenen Produktstruktursichten zu erweitern. Abbildung 3 zeigt die Benutzeroberfläche des TKA Exchange Portals für die Selektion von geometrischen Parametern aus einem importierten CAD-Produktmodell.

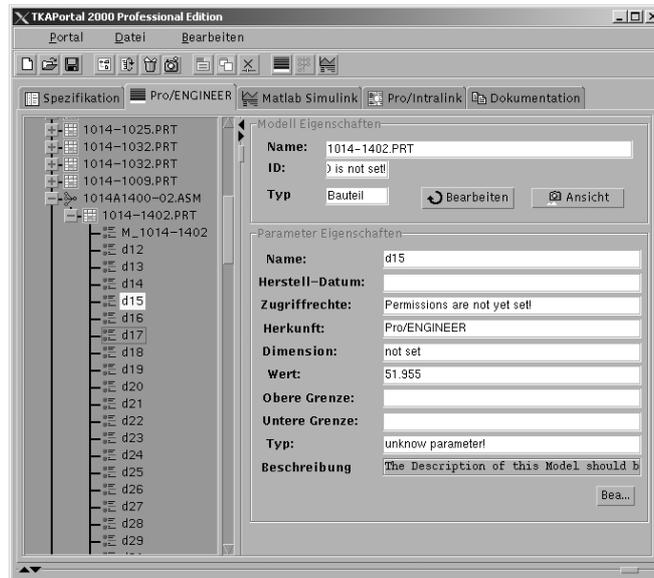


Abbildung 3: Benutzungsoberfläche des TKA Exchange Portals

Allgemein lässt sich festhalten, dass das erarbeitete Konzept und insbesondere der Einsatz des TKA Exchange Portal nicht nur auf die Entwicklung von Aktuatoren beschränkt ist. Es lassen sich darüber hinaus vielfältige interdisziplinäre Entwicklungsprozesse unterstützen, beispielsweise die Entwicklung von mechatronischen Systemen im allgemeinen, oder eine Ausdehnung auf andere Phasen des Produktlebenszyklus (z.B. Fertigung, Wartung) erreichen. Neben der Datenverarbeitung ist jedoch unbedingt die individuelle Prozessgestaltung und vor allem die Entwicklungsmethodik zu berücksichtigen, die einen entscheidenden Einfluss auf derartige Lösungskonzepte ausüben [3].

6 Literaturverzeichnis

- [1] Anderl, R., Kubbat, W. u. a.: A unique Integration of Development Tools and Simulation for Aircraft Actuators based on Product Data Model. Erlangen: Tagungsband ESS, 1999.
- [2] Kleiner, S., Fröhlich, A., Anderl, R.: Data Management for Mechatronic Products. Toulouse: Tagungsband ICE, 2000.
- [3] Anderl, R. und Kleiner, S.: Konzeption einer Kopplung von Gestalt- und Simulationsmodellen. Hamburg: Tagungsband ASIM, 2000.

Prof. Dr.-Ing. R. Anderl
 Technische Universität Darmstadt
 Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion
 Petersenstraße 30, 64287 Darmstadt
 Tel: 06151-166001
 Fax: 06151-166854
 Internet: kleiner@dik.tu-darmstadt.de
froehlich@dik.tu-darmstadt.de
anderlc@dik.tu-darmstadt.de
www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de