

Produktentwicklung auf der Basis von Systems Engineering

Düsing, C.

Systems Engineering ist heutzutage eine Disziplin, die überwiegend in den Bereichen Luft- und Raumfahrt ihren Anwendungsbereich findet. Diese Methodik ist aber auch in anderen Bereichen erfolgreich anwendbar, wie zum Beispiel Automobil-, Bahn- oder Telekommunikationsindustrie. Dieser Artikel beschreibt, wie durch den entstehenden ISO Standard „STEP 10303 AP-233 – systems engineering“ die mangelnde Interoperabilität zwischen verschiedenen Software-Werkzeugen im Konstruktionsprozess deutlich verbessert werden kann. An einem konkreten Beispiel aus dem Gebiet des Maschinenbaus wird die Anwendbarkeit und der Nutzen illustriert.

Systems Engineering itself is a discipline which is most common in use in the area of aeronautics and aerospace industry. But this methodology is also applicable to other domains as automotive-, railway or telecommunication-industry. This article briefly describes how to use the emerging ISO Standard „STEP 10303 AP233 – systems engineering“ in order to resolve the incompatibility of the different software tools used in the design context. A concrete example from the mechanical engineering domain illustrates the applicability to other domains.

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten haben die Bereiche der gemeinschaftlichen Entwicklung und Konstruktion aufgrund vermehrter Anforderungen der Industrie und Kunden stark zugenommen. Heutzutage werden komplexe Produkte immer von einer bestimmten Anzahl von Unternehmen hergestellt. Dies geschieht entweder als Partner oder als Mitglied in einer komplexen Versorgungskette. Die Hauptaufgabe ist es, koordiniert und strukturiert zusammenzuarbeiten, während man mit anderen Unternehmen ständig konkurriert. Dies muß durch eine Methode unterstützt werden, die hochentwickelt und technisch ausgereift ist, um alle Aspekte eines Produktes während des ganzen Produktlebenszyklus abzudecken. Der Produktlebenszyklus, wie er in diesem Zusammenhang interpretiert wird, beginnt in den sehr frühen Entwicklungsphasen und deckt die Konstruktion, Produktion, Anwendung bis hin zum Recycling eines Produktes ab. Eine der wesentlichen Methoden, die hier zum Einsatz kommen, ist

Systems Engineering (SE). Dies kann hier definiert werden als „Ein interdisziplinärer, gemeinschaftlicher Ansatz, um eine lebenszyklisch ausbalancierte Systemlösung abzuleiten, entwickeln und zu verifizieren, welche die Kundenerwartungen erfüllt und öffentliche Akzeptanz erreicht“ (deutsche Übersetzung des IEEE Standards /1/). Die meisten Projekte, in denen diese Methode zum Einsatz kommt, sind auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt angesiedelt, wie zum Beispiel das Ariane 5 oder das Eurofighter Projekt. Dennoch ist auch die Anwendbarkeit in anderen Bereichen schon mit konkreten Beispielen zu belegen, wie zum Beispiel das Tunnelbauprojekt zwischen Großbritannien und Frankreich zeigt. Bis heute scheint jedoch Systems Engineering nicht als praktikable Lösung für andere Bereiche angesehen zu werden. Ein Grund dafür könnte die mangelnde Interoperabilität von verschiedenen Software - Systemen im übergreifenden Konstruktionsprozess sein. Andererseits scheint das Wissen und die Akzeptanz dieser Methodik in einigen Industrien stark eingeschränkt zu sein.

2 Der Standard

Innerhalb der Arbeitsgruppe AP-233 systems engineering wird seit einigen Jahren ein ISO Standard für den Bereich des Systems Engineering entwickelt. Zum Ende des Jahres 2001 wurde von der Arbeitsgruppe das entsprechende Datenmodell als PAS (public available specification) veröffentlicht, welches nun als Grundlage für zukünftige Implementierungen dienen kann. Dieser Standard ist zunächst als reiner Datenaustauschstandard auf STEP (Standard for the Exchange of Product Data) Basis anzusehen. Auf den konkreten Inhalt des Datenmodells soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, dieser wird im Detail in /2/ beschrieben. Vielmehr essentiell ist es, zu verstehen, dass das Datenmodell, ebenso wie die eigentliche Disziplin Systems Engineering, eine Vielzahl von Methoden, Prozesse und Verfahren innerhalb unterschiedlichster Domänen, die mit der Produktentwicklung befasst sind, abdeckt.

Das Systems Engineering Datenmodell ist auf Grund seiner Architektur prozessunabhängig. Somit kann das Datenmodell auch für andere Bereiche

benutzt werden, indem der Systems Engineering Prozess durch einen anderen, spezifischen Prozess substituiert wird.

In den folgenden Abschnitten wird die Anwendung des Datenmodells an zwei Beispielen erläutert: Zum Einen wird gezeigt, wie es als zentrales Datenrepository für unterschiedliche Softwaretools, die im Systems Engineering Prozess eingesetzt werden, fungiert. Zum anderen wird an einem konkreten Beispiel illustriert, wie das Datenmodell auch in anderen Bereichen erfolgreich eingesetzt werden kann.

3 Schnittstellen und Einsatzmöglichkeiten

Zur Zeit werden im Rahmen des SEDRES-2 (Systems Engineering Data Representation and Exchange Standardisation-2) Projektes (siehe auch /3/) einige part 21 flat file (ISO-10303-21 – specification of a flat file based exchange) import/export Schnittstellen für unterschiedliche Softwaretools entwickelt, welche im Bereich Systems Engineering eingesetzt werden. In **Bild 1** sind die Tools, für die Schnittstellen entwickelt worden sind, dargestellt. Die hier dargestellten Tools werden in realen Systems Engineering Projekten eingesetzt. Die bidirektionalen Pfeile in der Abbildung weisen darauf hin, dass es sich dabei um import/export Schnittstellen handelt. Die unidirektionalen Pfeile (für DOORS und Labsys) zeigen, dass zur Zeit keine bidirektionalen Schnittstellen entwickelt werden, da sie in der Anwendung nicht benötigt werden. Zum Beispiel wird DOORS oftmals als traceability Tool in einer Systems Engineering Umgebung eingesetzt, so daß dort keine export Schnittstellen benötigt werden.

Diese Tools und die dazugehörigen entwickelten Schnittstellen bilden die Grundlage für zwei aus industriellen Anwendungen abgeleiteten Validierungsszenarien, welche innerhalb des SEDRES-2 Projektes durchgeführt werden. Diese Szenarien werden mit realen, industriellen Daten durchgeführt. Der Kernpunkt des einen ist die Konstruktion eines Flugzeuges, der des anderen ist die Entwicklung eines Weltraumtransporters. Im Rahmen des Flugzeug - Szenarios wird auf die Möglichkeit der zentralen Datenverwaltung des AP-233 Datenmodells eingegangen. Im **Bild 2** ist die Hauptarchitektur des sogenannten SCDS (single consolidated data set) auf Basis des AP-233 Datenmodells dargestellt. Die Basis stellt die AP-233 Datenbank dar, welche praktisch als Container für alle Daten, welche im Systems Engineering Prozess benutzt werden, dient. Die Daten, welche von den unterschiedlichen

Software - Werkzeugen stammen, werden in part 21 Dateien abgelegt. Diese Dateien werden als Anhang einer email an den SEDRES – Server gesendet. Diese Dateien werden dann an den Konsolidator weitergeleitet. Die Hauptaufgaben des Konsolidators können im Wesentlichen wie folgt beschrieben werden: Die eintreffenden Dateien werden bezüglich ihrer Konformität mit dem AP-233 Datenmodell überprüft. Die nicht übereinstimmenden Dateien werden abgelehnt und an den Absender mit einer Fehlerbeschreibung zurückgesendet. Die wichtigste Aufgabe des Konsolidators ist es, die ankommenden Daten, die von verschiedenen Werkzeugen und Benutzern stammen, zu verwalten. Dies bedeutet, dass ein Mechanismus implementiert werden muss, welcher auf Grundlage wesentlicher Regeln automatisch entscheidet, ob ankommende Daten bereits existierende Informationen dupliziert oder aktualisiert oder gegebenenfalls ersetzt werden. Zur Zeit führt der SEDRES Konsolidator fundamentale Aufgaben auf der Grundlage folgender Regeln durch:

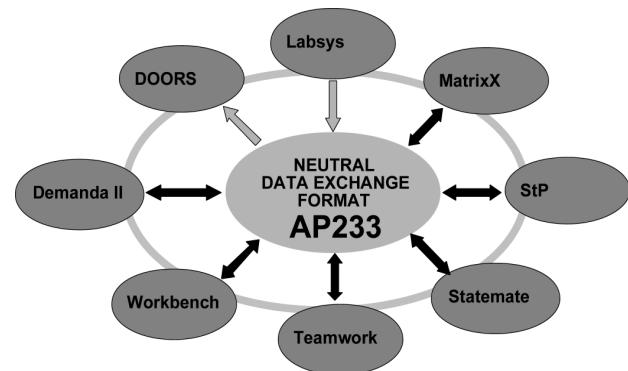


Bild 1: Überblick über die unterschiedlichen Schnittstellen und Werkzeuge

- Jede Information, die AP-233 interne Objekte für einheitliche Kennzeichnung benutzt, überschreibt existierende Informationen.
- Jede Information, die AP-233 interne Objekte für Versionshaltung benutzt, wird als neue Information interpretiert und zur Datenbank hinzugefügt.
- Jegliche andere Information, entweder duplizierend oder neu, wird in der Datenbank repliziert, da es für diesen Prozess keine Automatisierungsmechanismen zur Überprüfung gibt.

Als Clients für den SEDRES-XML Server kann jeder konventionelle Webbrowser, zum Beispiel Netscape oder Internet Explorer mit XML (eXtensible Markup Language) Funktionalität dienen. Diese Clients können die Datenbank mit ASP (Active Ser-

ver Pages) Anfragen abfragen. Der Server liefert die angeforderte Information im XML Format zurück. Um die Daten benutzerfreundlich aufzubereiten, werden XML-Stylesheets (XSLt) benutzt.

Hauptziel der Durchführung dieses Validierungs-

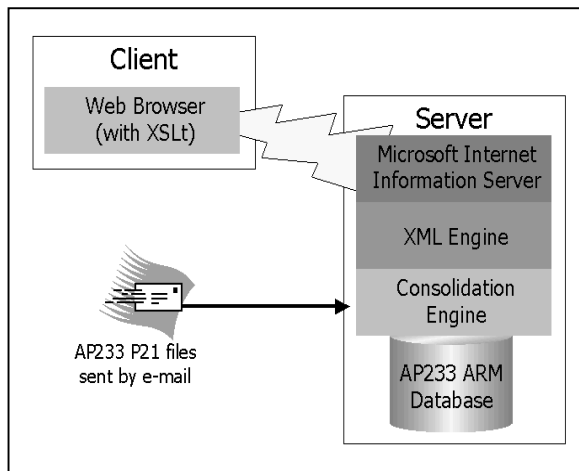


Bild 2: Architektur des AP-233 – XML Server

szenarios wird einerseits die Validierung des AP-233 Datenmodells sein. Ausserdem wird die Anwendbarkeit in einer realen Arbeitsumgebung untersucht und verbessert werden.

Im folgenden Abschnitt soll exemplarisch gezeigt werden, inwieweit das Datenmodell in anderen Bereichen angewendet werden kann.

4 Anwendbarkeit in anderen Bereichen

Das Systems Engineering Datenmodell ist durch seinen hohen Überdeckungsgrad mit anderen Bereichen ebenso für andere Domänen relevant. In diesem Abschnitt wird die Anwendbarkeit des Datenmodells an einem konkreten Beispiel aus dem Bereich des Maschinenbaus exemplarisch erläutert.

Das hier vorgestellte Beispiel stammt aus der frühen Konstruktionsphase einer Welle-Nabe-Verbindung. Solche Verbindungen sind praktisch in der gesamten Antriebstechnik zu finden. Die Forschung über Welle-Nabe-Verbindungen gewinnt zur Zeit immer mehr an Bedeutung. Die ständig wachsenden Ansprüche der Industrie und der Nutzer führen zu einer hohen Anzahl von Anforderungen an solche Verbindungen. Die Konstrukteure von Welle – Nabe - Verbindungen müssen all diese Anforderungen verwalten, zuordnen, priorisieren und zuletzt auch erfüllen, ohne dabei die Übersicht zu verlieren. Das Beispiel stellt den Ansatz dar, die Anforderungen in einem Anforderungsmanagementtool zu erfassen und zu verwalten sowie parallel die Konstruktion in einem CAD Tool durchzuführen.

Zu Beginn werden in der Regel die Anforderungen an die Verbindung von dem Konstrukteur erfasst und in textueller Form abgelegt. Wesentliche Anforderungen wie zum Beispiel Gewicht, Ausmaße, Drehmomentübertragung etc. werden hierbei in der Regel als Anforderungsliste oder Lastenheft dokumentiert. In der letzten Zeit gehen immer mehr Unternehmen dazu über, Anforderungserfassung, -analyse und -management rechnerunterstützt mit Softwarewerkzeugen durchzuführen. Das in diesem Beispiel verwendete Werkzeug *demanda II* wurde am Institut für Maschinenwesen entwickelt und wird zur Zeit innerhalb des Institutes eingesetzt und weiterentwickelt.

demanda II selbst ist vollständig AP-233 basiert, d.h. das AP-233 Datenmodell wird als interne Datenbank für das Werkzeug verwendet. Somit können alle Objekte und deren Attribute, also die komplette Funktionalität des Datenmodells, instanziiert und verwendet werden.

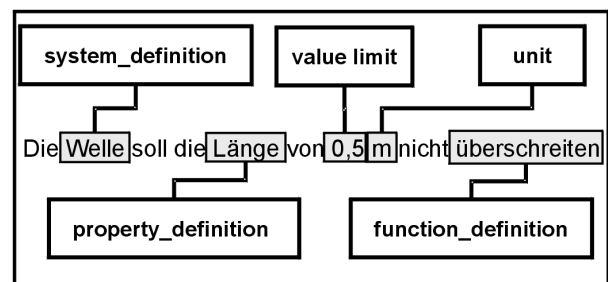


Bild 3: Formalisieren von Anforderungen

Nach der Erfassung der Anforderungen in textueller Form werden diese „formalisiert“. Mit dem Prozess „Formalisieren“ ist in diesem Zusammenhang gemeint, dass textuelle Anforderungen in modellbasierte Anforderungen transformiert werden. Das Modell, welches hierfür benutzt wird, ist eben das Systems Engineering Datenmodell. Dieser Prozess wird durchgeführt, indem Wörter oder Phrasen der textuellen Anforderungen auf Objekte und Attribute des Datenmodells abgebildet werden und dieses dementsprechend instanziiert wird. **Bild 3** verdeutlicht diesen Prozess des Formalisierens an einer konkreten Anforderung aus der Konstruktion einer Welle – Nabe - Verbindung. Als Beispiel wird hier ein Objekt *system_definition*, (welches ein System oder Untersystem im AP-233 Datenmodell beschreibt) für die Welle instanziiert. Es wird somit jeweils für jedes Objekt in der textuellen Anforderung eine neue Definition erstellt oder eine existierende Definition wiederverwendet. Mindestens eine Instanz und ein eindeutiges Identifizierungsobjekt wird automatisch für jede Definition erzeugt, so

dass jede Komponente eindeutig identifizierbar ist. Heutzutage sind gebräuchliche CAD Werkzeuge noch nicht mit Schnittstellen zum AP-233 Datenmodell ausgestattet, so dass der folgende Abschnitt lediglich eine wünschenswerte Verwendung des Datenmodells im Konstruktionsprozeß darstellt, indem geometrische Anforderungen in CAD Werkzeugen bearbeitet werden. Wie in **Bild 4** gezeigt wird, kann die erste Version einer Spezifikation beruhend auf den modellbasierenden Anforderungen in ein CAD Werkzeug importiert werden. Somit ist der Konstrukteur in der Lage, Teile des Systems direkt in seiner gewohnten CAD Umgebung unter Verwendung der geometrischen Anforderungen aus dem Anforderungswerkzeug zu bearbeiten und zu erstellen. Dies ermöglicht es dem Konstrukteur, die Erfüllung der geometrischen Anforderungen direkt in dem CAD Werkzeug zu kontrollieren und zu überwachen. Für den Konstrukteur ist es deutlich einfacher, geometrische Anforderungen in seiner gewohnten CAD Umgebung zu bearbeiten, als in Dokumenten, in denen schnell die Übersicht über eine große Anzahl von Anforderungen verloren gehen kann.

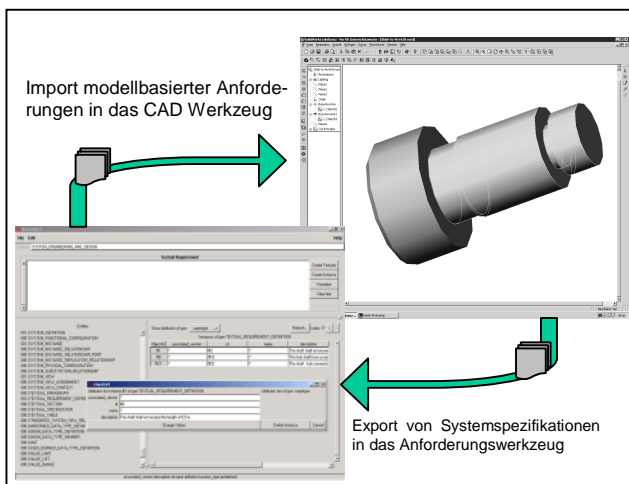


Bild 4: Datenaustausch zwischen CAD und Anforderungswerkzeug

Um das System detaillierter zu spezifizieren, wird bei großen Projekten ein Anforderungsbearbeiter die Anforderungen verfeinern und herunterbrechen. Dies ist nun direkt basierend auf der geometrischen Repräsentation der Anforderungen aus dem CAD Werkzeug, welche wieder in das Anforderungswerkzeug importiert werden können.

Da in diesem Fall das Anforderungswerkzeug *demanda II* direkt AP-233 basiert ist, können nun wesentliche Funktionalitäten des Datenmodells verwendet werden. Wichtige Punkte sind in diesem Zusammenhang nun Versionshaltung und Konfigu-

rationsmanagement. Dies erlaubt dem Anwender, den Prozeß der Verfeinerung und Modifikation der Anforderungen zu wiederholen, ohne die Kontrolle über den Prozess zu verlieren. Die Gründe für Veränderungen von Anforderungen oder der Systemspezifikation können innerhalb des Werkzeuges in sogenannten justification Objekten erfasst und überwacht werden. Somit ist eine vollständige Nachvollziehbarkeit jeder Aktion oder Modifikation unabhängig vom Werkzeug, in dem dieses durchgeführt wurde, garantiert.

Anhand dieses Beispiels konnte ein Einblick in die Möglichkeiten der Anwendbarkeit des AP-233 Systems Engineering Datenmodells auf einen Konstruktionsprozeß im Bereich des Maschinenbaus gegeben werden. Obwohl diese einführende Darstellung in Bezug auf die Möglichkeiten hier stark eingeschränkt ist, kann dennoch illustriert werden, wie das Datenmodell auf andere Bereiche angewendet werden kann, denn es deckt zahlreiche Aspekte ab, welche in einer großen Anzahl von Domänen genutzt werden. Weitere Möglichkeiten, welche das Datenmodell bietet sind in anderen Publikationen, z.B. /4/ detaillierter erläutert.

5 Zusammenfassung

Dieser Artikel gibt einen Überblick über den aktuellen Status des Systems Engineering Datenmodell und die entsprechenden internationalen Standardisierungsaktivitäten. Weiterhin wurde ein Einblick in die Validierung des aktuellen Datenmodells gegeben. Weitere Möglichkeiten der Anwendung und Ausweitung auf andere Bereiche wurde an einem konkreten Beispiel aus dem Bereich des Maschinenbaus gezeigt.

6 Literatur

- /1/ IEEE 1220-1994 (1995);: *IEEE Trial-Use Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process*, IEEE Computer Society Press
- /2/ Johnson, J., Giblin, M. and E. Herzog (2001): *The technical data coverage of the emerging AP-233 STEP Standard and its use in virtual enterprises*, Proceedings of the PDT Europe conference, pp. 203 – 212, Brüssel
- /3/ www.sedres.com , 2001
- /4/ Heimannsfeld, K., Herzog, E., Johnson, J. and C. Düsing (2000): *Beyond Tool Exchanges – Current Status and Future Implications of the Emerging ISO Standard AP-233*, Proceedings of the EUSEC conference 2000, München