

Lebenszyklusmanagement für mechatronische Produkte in der Automotive Supply Chain

Dipl.-Kfm. Jörn Kaack, Dr. Jörg Leukel, Prof. Dr. Stefan Kirn,
Universität Hohenheim

Inhaltsverzeichnis

1. Motivation.....	2
2. Produktlebenszyklus-Konzepte	3
2.1. Lebenszyklusphasen.....	3
2.2. Versionierung	4
2.3. Stücklistendarstellung	5
3. Produktabhängigkeiten.....	6
3.1. Systematisierung.....	6
3.1.1. Ursache.....	6
3.1.2. Kardinalität	7
3.1.3. Richtung.....	7
3.1.4. Wirkung.....	8
3.2. Konzeptuelle Modellierung.....	8
3.2.1. UML-Klassendiagramm	8
3.2.2. Modelltransformation	9
4. Anwendungsszenarien	10
4.1. Rückrufaktionen	10
4.2. Teilebevorratung und -verfügbarkeit	12
5. Fazit	12
Literatur	13

1. Motivation

Durch technologische Entwicklungen in der Automobilindustrie haben in den letzten Jahren die Möglichkeiten kundenseitiger Produktindividualisierung drastisch zugenommen. Zugleich sind durch ein verändertes Kundenverhalten die Anforderungen an diese gestiegen. Beides führt zu einer deutlich größeren Variantenzahl auch für Großserienmodelle. Zu der höheren Produktkomplexität trägt insbesondere die zunehmende Durchdringung von Kraftfahrzeugen (KFZ) mit Software (SW) bei. Schon heute werden knapp 90% der Produktinnovationen im KFZ durch Softwaresysteme erzielt (Broy 2003). Eine besondere Stellung nehmen mechatronische Produkte ein, die Gegenstand des vorliegenden Beitrags sind. Als hybride Produkte bestehen sie aus den drei Komponenten Mechanik-, Elektrik/Elektronik (E/E) - und Software (z.B. Brems- und Motormanagementsysteme). In Fahrzeugen der Oberklasse finden sich bereits mehr als 50 verschiedene mechatronische Produkte, die auch als Steuergeräte bezeichnet werden (VDA 2004).

Die enorme Gesamtproduktkomplexität stellt besondere Anforderungen an die Informationsverarbeitung in der Automotive Supply Chain. Dies wird daran deutlich, dass bereits marginale Änderungen am Gesamtprodukt erhebliche Auswirkungen auf die dem OEM vor- und nachgelagerten Supply Chain-Stufen haben können. Die Ursache liegt in den zahlreichen Abhängigkeiten, die zwischen mechatronischen Produkten, ihrer Komponenten und anderer Fahrzeugteile bestehen. Hinzu tritt die kontinuierliche Weiterentwicklung der auch bereits in Serie produzierten Modellreihen, so dass unterschiedliche Versionen von Komponenten und Produkten zu berücksichtigen sind.

Einen Lösungsansatz verspricht das Produktlebenszyklusmanagement (PLM), welches auf die umfassende und durchgängige Bereitstellung aller produktrelevanten Informationen abzielt. Die bisherigen Ansätze zum PLM für mechatronische Produkte befassen sich vorrangig mit dem Concurrent Engineering und der Fertigungsorganisation. Die den mechatronischen Produkten inhärenten Abhängigkeiten werden jedoch nur unzureichend erfasst und insbesondere ihre potenziellen Rückwirkungen auf die Automotive Supply Chain vernachlässigt. Ziel dieser Arbeit ist es daher, die besonderen Anforderungen mechatronischer Produkte herauszuarbeiten und darauf aufbauend einen Beitrag zur Entwicklung eines spezifischen PLM zu leisten. Dazu wird eine Produktstrukturperspektive eingenommen: Unter der Produktstruktur wird die Darstellung komplexer Produkte, ihrer Elemente und ihrer Beziehungen untereinander verstanden. Die Produktstruktur liefert damit einen Zugang, beginnend bei dem Gesamtprodukt Fahrzeug, die besondere Rolle mechatronischer Produkte zu analysieren. Konkret wird dazu in einem ersten Schritt der Lebenszyklus des Gesamtproduktes differenziert in die Lebenszyklen der Fahrzeugmodule, ihrer mechatronischen Produkte und deren Komponenten (Kapitel 2). Aufgrund der Dynamik des Gesamtproduktes wird zusätzlich das Versionsmanagement betrachtet. Im Hauptteil wird eine Systematisierung und formale Modellierung der genannten Abhängigkeiten vorgeschlagen (Kapitel 3). Die Überprüfung

dieses Vorschlages erfolgt anhand von zwei Anwendungsszenarien (Kapitel 4).

2. Produktlebenszyklus-Konzepte

2.1. Lebenszyklusphasen

In den letzten Jahren hat das PLM hohe Aufmerksamkeit erlangt, welches darauf abzielt, alle im Produktlebenszyklus entstehenden und benötigten Informationen über die Produkte eines Unternehmens konsistent und integriert zu verwalten und diese aufgaben- und entscheidungsunterstützend bereitzustellen (Abramovici/Ghoffrani 2006). Das PLM unterscheidet sich von dem klassischen Produktdatenmanagement durch seine Integrationstiefe und -breite, das heißt der Einsatz im Produktentstehungsprozess soll früher erfolgen, über alle Lebenszyklusphasen und enger integriert mit anderen, auch betriebswirtschaftlichen Funktionsbereichen.

Jedoch wird die Operationalisierung des PLM-Gedankens in der Automobilindustrie (Abramovici/Schulte 2005) gerade durch die Gesamtproduktkomplexität und die Hybridität mechatronischer Produkte erschwert. Insbesondere weisen die Mechanik-, E/E- und Software-Komponenten sehr unterschiedliche Lebenszyklusverläufe auf (u.a. Phasenlänge, -wechsel und -überschneidungen, Versionsänderungen). Während auf Gesamtproduktebene lange Lebenszyklen typisch sind (ca. 3 Jahre Entwicklungszeit, ca. 7 Jahre Produktionszeit, ca. 15 Jahre Betriebs- und Servicezeit (Schäuffele/Zurawka 2003), besitzen sowohl E/E- als auch SW-Einzelprodukte deutlich kürzere Lebenszyklen. Der E/E-Lebenszyklus beträgt ca. 3-4 Jahre; der SW-Lebenszyklus ca. nur 1 Jahr oder sogar kürzer (Anderl/Krastel/Sielaff 2005).

In Anlehnung an (VDA 2004) unterteilt sich das Gesamtprodukt Fahrzeug in die sieben Hauptmodule (Fahrwerk, Motor, Antriebsstrang, Body (Exterior), Interior, Karosserie und E/E). Das Gesamtprodukt durchläuft während seines Produktlebens verschiedene Lebenszyklusphasen: Planung, Konstruktion/Entwicklung, Herstellung, Vertrieb, Nutzung und Recycling. Die Phasen sind jedoch nur zum Teil sequentiell, das heißt einzelne Phasen überlappen sich. Zum Beispiel folgt zu Beginn nach der Planungsphase die Konstruktions- und Entwicklungsphase. Bereits ab der Herstellungsphase überschneidet sich diese mit den Vertriebs-, Nutzungs- und Recyclingphasen, die sich ebenfalls überlagern. Während fabrikneue Fahrzeuge ausgeliefert werden, müssen die ersten benutzten Fahrzeuge dieses Modells in die Werkstatt, um Serviceleistungen in Anspruch zu nehmen. Andere Fabrikate aus derselben Modellreihe werden in der Recyclingphase schon dem Wiederverwertungsprozess zugeführt.

Bricht man diese Phasenabfolge nun auf die in den Hauptmodulen vorhandenen mechatronischen Produkte und deren Komponenten herunter, dann zeigt sich die gleiche Beobachtung einander überschneidender Phasen wie zuvor.

2.2. Versionierung

Im Produktlebenszyklus von Steuergeräten erfahren deren Komponenten einen dynamischen Versionierungsprozess (Zeitabstände, Anzahl neuer Versionen, Versionsgrammatik usw.). Zusammen mit den oben angeführten Entwicklungen und dem Ansteigen der Stückkosten um 20% - 30% bei herkömmlichen Fertigungstechnologien mit jeder Verdopplung der Versions- bzw. Variantenanzahl, wird ein lebenszyklusumspannendes und integriertes Komplexitätsmanagement notwendig. Ein wesentlicher Teil der genannten Komplexitätskosten entfällt auf den Logistikbereich (Pfohl 2004). Daher werden Instrumente zur Beherrschung, Reduzierung und Vermeidung der Produktkomplexität bei gleichzeitig effizienter Fertigungsorganisation benötigt (Herlyn 1990, Grasmann 2000), welche zudem den Softwarebereich bei den untersuchten mechatronischen Produkten integrieren. Dies ist Aufgabe des Konfigurationsmanagements, welches unter anderem die Teilaufgaben Versions-, Release-, Änderungs- und Distributionsverwaltung umfasst (Versteegen/Weisedel 2003). Von speziellem Interesse im Kontext der Konfigurationsidentifizierung ist hier das Versionsmanagement (VM).

Eine Version dokumentiert den Entwicklungsstand einer Komponente im traditionellen Engineering und im Software Engineering, der sich je nach Akzeptanz einer genehmigenden Instanz um eine Nummer erhöht. Zusätzlich werden Versionen zur Planung, zur Unterstützung der eigentlichen Konstruktion, bis hin zur Definition von Abläufen eingesetzt. Eine neue überarbeitete Version ersetzt eine alte Version. Zudem spielt die systematische Rückverfolgung von Versionsständen im Zuge der Änderungsverwaltung eine große Rolle. Vorgänger- und Nachfolger-Beziehungen sind daher charakteristisch für Versionen (Schichtel 2002). Abbildung 1 stellt eine einfache Versionierung ohne komplexe Entwicklungspfade anhand mechatronischer Komponenten und unter Berücksichtigung der Zeit (Zeitversion) dar. Die Version, die sich nur durch einige festgelegte Parameter unterscheiden (z.B. Schrauben mit verschiedener Länge) nennt man hingegen Variante (Ausprägung einer Version). Im Nachfolgenden klammern wir jedoch den Variantenbegriff aus und verstehen die Version als zeitlich orientierte Repräsentation einer Komponente. Damit schaffen wir die Grundlage, den Versionsbegriff gleichermaßen auf die drei Komponenten anzuwenden (Versteegen/Weisedel 2003), wie in Abbildung 1 dargestellt (Lingnau 1994).

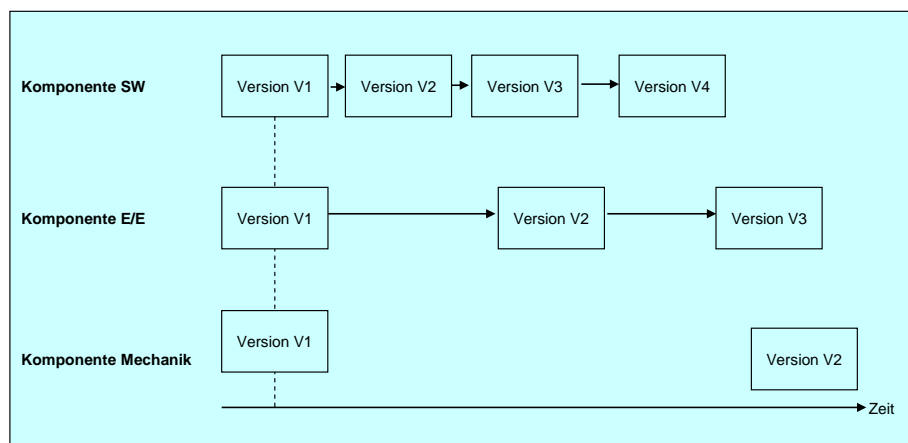


Abb. 1: Versionierung für mechatronische Produkte (Beispiel)

Die drei Steuergeräte-Komponenten SW, E/E und Mechanik treten im Zeitablauf, also in ihrem Lebenszyklus, in unterschiedlichen Versionen auf. Übertragen auf den Lebenszyklus des Gesamtproduktes und die Produktstruktur ergibt sich damit das in Abbildung 2 dargestellte Lebenszyklusmodell.

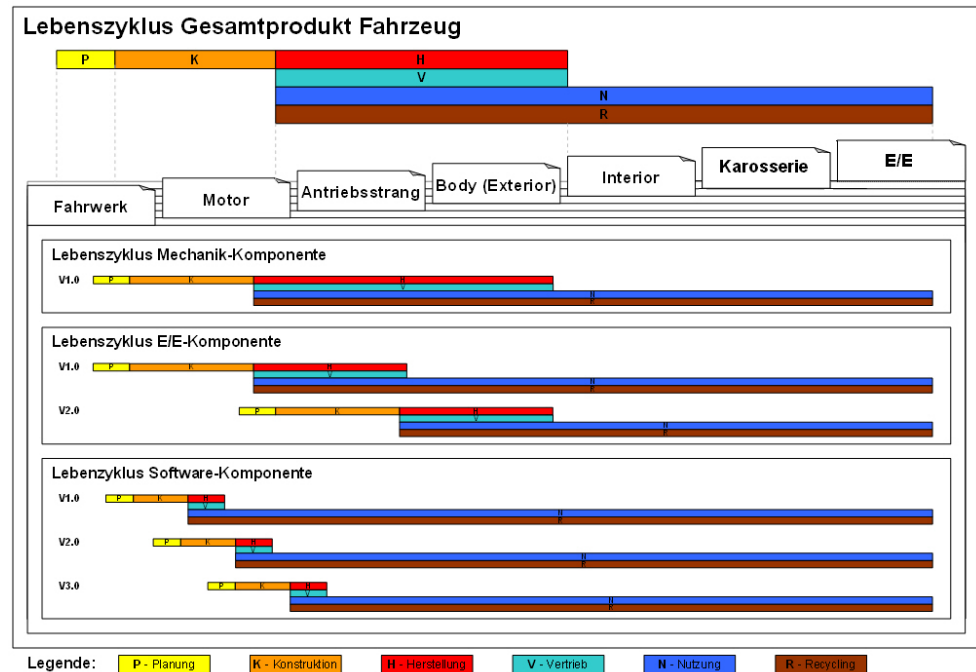


Abb. 2: Lebenszyklusmodell des Gesamtproduktes Fahrzeug

2.3. Stücklistendarstellung

Ein sehr einfacher Ansatz zur Erfassung der Produktkomplexität sind Stücklisten. Sie stellen die Produktstruktur, also die Elemente (Knoten) der verschiedenen Ebenen und ihre Beziehungen zueinander als Baum dar. Damit wird die Struktur nur aus einer spezifischen Sicht heraus betrachtet (z.B. Fertigungs- oder Vertriebsstückliste). Bezogen auf das Gesamtprodukt Fahrzeug ergibt sich die in Abbildung 3 dargestellte Struktur, die vier Ebenen bildet (Gesamtprodukt-, Hauptmodul-, Produkt-, und Komponentenebene). Dieses Mittel ist nicht in der Lage, das gesamte Spektrum möglicher Abhängigkeiten zwischen den Elementen zu erfassen und diese näher zu charakterisieren.

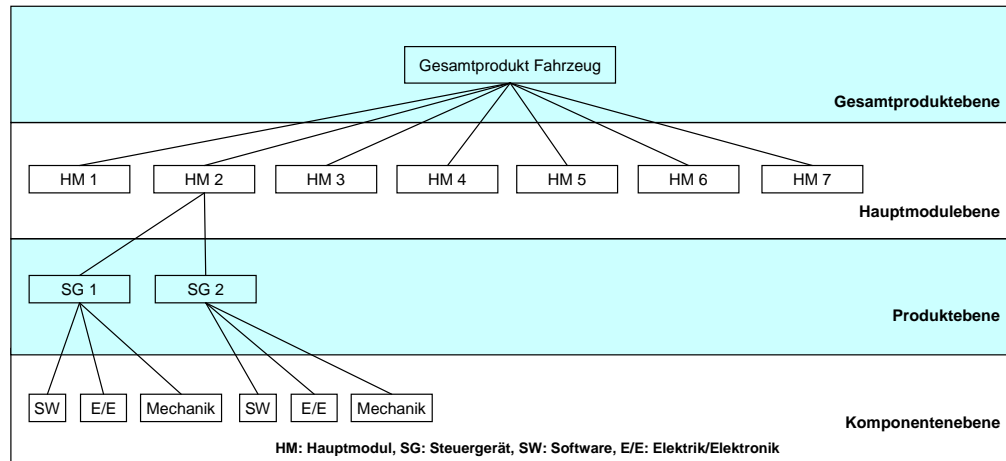


Abb. 3: Stücklistenstruktur

3. Produktabhängigkeiten

3.1. Systematisierung

Unter einer Abhängigkeit wird eine Beziehung zwischen mindestens zwei Bestandteilen eines Produktes verstanden. Im Gegensatz zur Stücklisten-darstellung, die solche Abhängigkeiten streng hierarchisiert, existieren im Gesamtprodukt Fahrzeug aufgrund des funktionalen Zusammenwirkens mehrerer, insbesondere mechatronischer Produkte eine Vielzahl von weiteren Abhängigkeiten. Diese lassen sich nicht mehr in einem hierarchischen Modell oder in mehreren, aus unterschiedlichen Perspektiven konstruierten Hierarchien erfassen. Tatsächlich bilden die Abhängigkeiten ein Netz von Beziehungen.

Im Folgenden wird von der Position des betreffenden Produktes in der Produktstruktur (Ebene) abstrahiert und es werden Abhängigkeiten allgemein zwischen Elementen beschrieben. Zu *Elementen* gehören alle Knoten einer Stückliste und damit (1) die *Komponenten* mechatronischer Produkte, (2) die mechatronischen *Produkte* selbst, (3) die *Hauptmodule*, (4) das *Gesamtprodukt* sowie (5) *alle weiteren Teile*, die in einem KFZ verbaut sind. Die Systematisierung definiert vier Merkmale: *Ursache*, *Kardinalität*, *Richtung* und *Wirkung* einer Abhängigkeit.

3.1.1. Ursache

Das Merkmal „*Ursache*“ stellt einen sachlichen Grund für die Existenz einer Abhängigkeit dar.

Die Ursache „*Funktion*“ bedeutet, dass die Erfüllung eines Zwecks oder einer Aufgabe gewährleistet werden muss. Es besteht eine funktionale Abhängigkeit.

Die Ursache „*Kompatibilität*“ beschreibt die Art der Verträglichkeit zwischen Elementen. Dies betrifft insbesondere die Versionsverträglichkeit. Einzelne Versionen können nur dann fehlerfrei zusammenarbeiten, wenn die Kompatibilität gewährleistet ist. Zu unterscheiden sind Abwärts- und Aufwärtskompatibilität. Abwärtskompatibilität bedeutet dabei allgemein, dass eine Version Y eine Erweiterung oder Verbesserung einer Version X darstellt, das heißt Y leistet dasselbe wie X, aber zusätzlich mehr. Bei Aufwärtskompatibilität tritt der umgekehrte Fall ein, indem eine Version X nur einen Teil der Version Y zu leisten vermag.

Die Ursache „*Zeit*“ bedeutet, dass Elemente über den Zeitverlauf ihres Lebenszyklus hinweg in unterschiedlichen zeitlichen Beziehungen zueinander stehen. Relevant für diese Art von Abhängigkeiten sind daher die Lebenszyklusinformationen von Elementen über einen bestimmten Zeitpunkt oder -raum zu einem spezifischen Zeitpunkt oder -raum.

Die Ursache „*Kontext*“ bedeutet, dass die Abhängigkeiten durch den Kontext des Gesamtproduktes (Geographie, Kultur oder Rechtsnormen) bedingt werden können. Dies drückt aus, dass ein Unternehmen die kulturellen und gesetzlichen Besonderheiten anderer geographischer Regionen berücksichtigt und in Abhängigkeit davon sein Produkt auf den Markt bringt.

Ursache	Beispiel
Funktion	Die Funktion des ESP(Electronic-Stability-Program)-Systems hängt von dem Vorhandensein des ABS (Anti-Blockier-System) ab. Änderungen am ABS müssen etwaige Wirkungen auf das ESP-System berücksichtigen.
Kompatibilität	Die Aktualisierung der Software des Navigationssystems von Version 1.0 auf Version 2.0 ermöglicht zusätzlich eine 3-D-Darstellung der Fahrtroute. Es besteht eine Abwärtskompatibilität.
Zeit	Eine zeitliche Abhängigkeit zwischen Produktebene und Gesamtproduktebene liegt vor, wenn bestimmte Steuergeräte, (hergestellt im Jahr X) nicht mehr in ein Fahrzeugmodell (hergestellt im Jahr Y) eingebaut werden dürfen.
Kontext	In Abhängigkeit von dem Zulassungsgebiet ist das Glas der Rückfahrscheinwerfer rot oder weiß gefärbt, während die Elektrik des Rücklichtmoduls identisch ist.

Tab. 1: Ursachen von Abhängigkeiten

3.1.2. Kardinalität

Das Merkmal „*Kardinalität*“ gibt an, wie viele Elemente über die jeweilige Abhängigkeit mit wie viel anderen Elementen in Beziehung stehen. So bezeichnet eine 1:1-Kardinalität eine Abhängigkeit zwischen genau einem Element zu genau einem anderen Element. Neben den Kardinalitäten 1:1, 1:N, N:1 und N:M ist zusätzlich die Festlegung von Mindest- und Höchstgrenzen möglich (z.B. 0..1:1..N).

3.1.3. Richtung

Das Merkmal „*Richtung*“ legt fest, ob die Abhängigkeit einseitig (unidirektional) oder wechselseitig (bidirektional) zu interpretieren ist. Unidirektional

bedeutet, dass sich die betreffenden Elemente in solche unterscheiden, die einen Einfluss ausüben (Determinante), und solche, die diesem Einfluss unterliegen (Abhängige). Im Fall der bidirektionalen Abhängigkeit unterliegen beide Seiten dagegen einem gegenseitigen Einfluss. Bidirektionale Abhängigkeiten können durch je zwei unidirektionale, das heißt gegenläufige Abhängigkeiten substituiert werden.

3.1.4. Wirkung

Das Merkmal „*Wirkung*“ definiert, welche Wirkung die Existenz einer Abhängigkeit auf die jeweils abhängigen Elemente hat.

(1) Inklusion (\rightarrow)

Inklusion bedeutet, dass die abhängigen Elemente notwendig sind, das heißt ohne ihr Vorhandensein wird die Abhängigkeit verletzt und das Fahrzeug hat einen unzulässigen Zustand.

(2) Exklusion (\neg)

Exklusion bedeutet, dass die abhängigen Elemente nicht auftreten dürfen, das heißt sie werden ausgeschlossen. Andernfalls befindet sich das Fahrzeug in einem unzulässigen Zustand.

(3) Disjunktion (\vee)

Die Disjunktion verknüpft mehrere abhängige Elemente mit dem logischen „Oder“. Dies bedeutet, dass mindestens eines der abhängigen Elemente vorhanden sein muss, um die Abhängigkeit zu erfüllen.

(4) Konjunktion (\wedge)

Die Konjunktion verknüpft mehrere abhängige Elemente mit dem logischen „Und“. Dies bedeutet, dass alle abhängigen Elemente vorhanden sein müssen, um die Abhängigkeit zu erfüllen.

3.2. Konzeptuelle Modellierung

3.2.1. UML-Klassendiagramm

Zur formalen Darstellung der in Kapitel 3.1 identifizierten Merkmale kann auf Sprachmittel der konzeptuellen Modellierung zurückgegriffen werden. Bei Einsatz der Unified Modeling Language (UML) stellen UML-Klassendiagramme bereits die wesentlichen Sprachmittel bereit, die wie folgt angewendet werden können:

- Die Elemente, die an einer Abhängigkeit beteiligt sind, werden jeweils durch Klassen repräsentiert.
- Die Abhängigkeit wird durch eine Assoziation repräsentiert.
- Das Merkmal „Ursache“ definiert den Namen der Assoziation.

- Das Merkmal „Kardinalität“ definiert die Multiplizität der Assoziation.
- Das Merkmal „Richtung“ bestimmt die Richtung der Assoziation.

Das Merkmal „Wirkung“ kann allerdings nicht durch die Assoziation wiedergegeben werden. Für den Fall, dass an einer Abhängigkeit nur zwei Elementtypen beteiligt sind, ergibt sich beispielsweise das in Abbildung 4 enthaltene Klassendiagramm, welches hier eine unilaterale Abhängigkeit definiert.

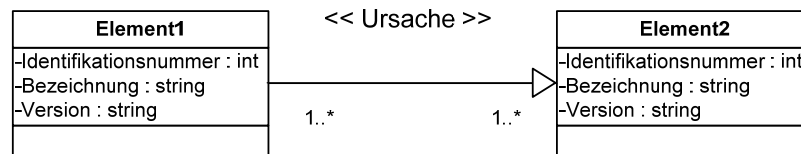


Abb. 4: UML-Klassendiagramm mit binärer Assoziation

Für den Fall, dass drei unterschiedliche Elementtypen an einer Abhängigkeit beteiligt sind, ist die binäre Assoziation durch eine ternäre Assoziation zu ersetzen (siehe Abbildung 5). Höherwertige Abhängigkeiten mit mehr als drei Elementtypen können jedoch nicht repräsentiert werden.

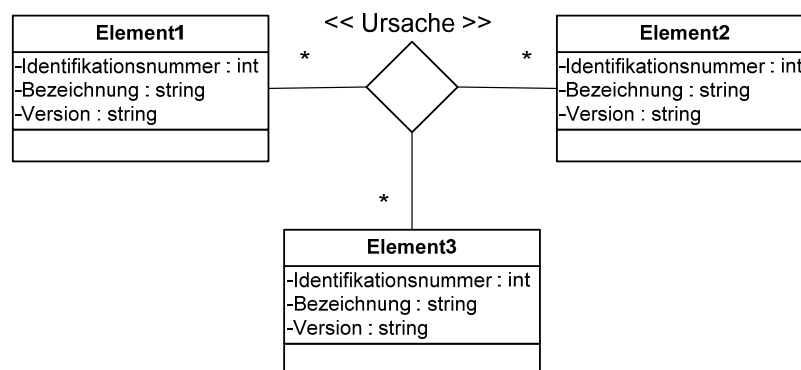


Abb. 5 UML-Klassendiagramm mit ternärer Assoziation

3.2.2. Modelltransformation

Die zuvor festgestellten Unzulänglichkeiten – der Verlust des Merkmals „Wirkung“ und die Beschränkung auf höchstens ternäre Abhängigkeiten – lassen sich dann beheben, wenn die Abhängigkeit durch zusätzliche Sprachmittel näher spezifiziert werden können. Im Folgenden wird dazu die Assoziation in eine Assoziationsklasse transformiert, die selbst Attribute besitzt:

- Alle Elemente, die an einer Abhängigkeit beteiligt sind, werden durch eine einzige Klasse repräsentiert.
- Die Abhängigkeit wird durch eine Assoziationsklasse repräsentiert, die über zwei Assoziationen mit der Element-Klasse verbunden ist. Die erste Assoziation besitzt die Rolle „Determinante“, um die Ele-

mente auszuzeichnen, die den Einfluß ausüben. Die zweite Assoziation bezeichnet die Elemente, auf die der Einfluß ausgeübt wird.

- Die Merkmale „Ursache“, „Richtung“ und „Wirkung“ sind Attribute der Assoziationsklasse.
- Das Merkmal „Kardinalität“ wird weiterhin durch die Multiplizität der Assoziationen repräsentiert.

Dadurch entsteht das in Abbildung 6 wiedergegebene Klassendiagramm. Mehrwertige Abhängigkeiten lassen sich nun über die Kardinalität der Assoziationen darstellen und sind nicht auf den ternären Fall beschränkt.

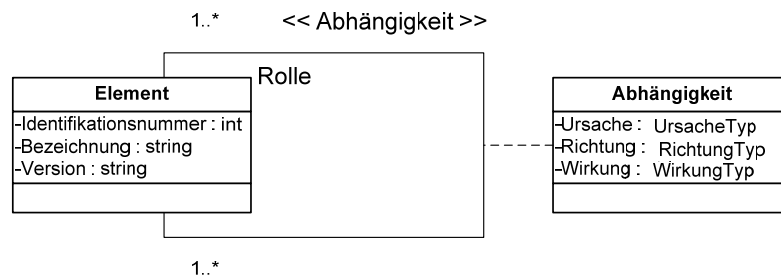


Abb. 6: UML-Klassendiagramm mit Assoziationsklasse

4. Anwendungsszenarien

Zur Demonstration des Anwendungsnutzens der in Kapitel 3 vorgeschlagenen Systematisierung und Modellierung von Produktabhängigkeiten werden nachfolgend zwei Anwendungsszenarien betrachtet. Dabei wird von einer mehrstufigem Automotive Supply Chain ausgegangen, angefangen von mehreren SW-, E/E- und Mechanikzulieferern über einen Automobilhersteller bis hin zur Werkstätten und OEM-Leasingfirmen als Teil der Serviceinfrastruktur.

4.1. Rückrufaktionen

Beispiele für ein typisches Szenario in der Nutzungsphase eines KFZ können Verschleiß, erforderliche Wartungsmaßnahmen oder Rückrufaktionen sein. Gemäß der ADAC-Pannenstatistik (ADAC 2005) sind die häufigsten Ursachen für Rückrufaktionen Fehler im Bereich E/E- und Motormanagement (41%). Darunter entfällt ein Großteil auf defekte mechatronische Produkte und ihre Komponenten.

Werkstätten benötigen exakte Informationen anhand der Produktstruktur, welche Komponenten oder Produkte sie in der Servicephase austauschen müssen bzw. dürfen und welche anderen Komponenten oder Produkte dabei direkt oder indirekt zu berücksichtigen sind.

Eine Rückrufaktion eines Fahrzeugmodells sei definiert als Austausch des ABS gegen die überarbeitete, fehlerbereinigte Version 3.0. Bekannt ist bereits, dass das ABS 3.0 nur dann funktioniert, wenn gleichzeitig das ESP-System mindestens in der Version 7.0 vorliegt. Das heißt, bei jedem ABS-Austausch im Rahmen der Rückrufaktion ist zu überprüfen, welche ESP-Version das KFZ hat. Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 7 mit den zuvor eingeführten Sprachmitteln entsprechend modelliert.

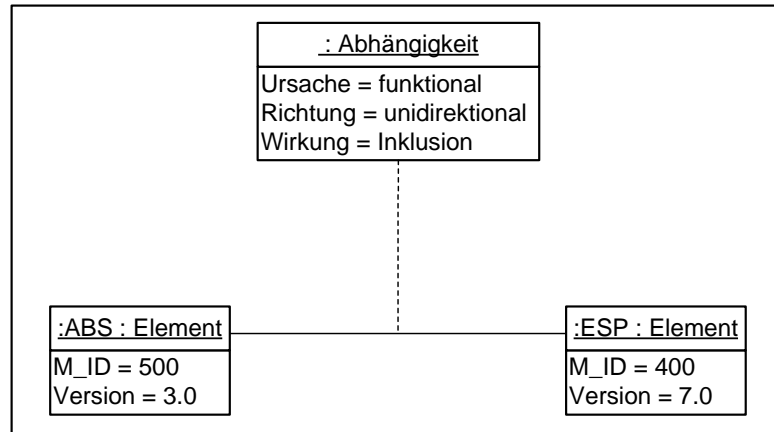


Abb. 7: Rückrufaktion

Unabhängig von der Rückrufaktion ist im Rahmen der periodischen Modellüberarbeitung das ESP-System weiterentwickelt worden. Unter anderem wurde die Funktionsweise derart verändert, dass ab der Version 6.3 zwei Komponenten des optional vorhandenen Reifendrucküberwachungssystems auszutauschen sind. Konkret handelt es sich um die Aktualisierung des Mikrocontrollers und den Austausch eines Kabels, das beide Systeme verbindet. An dieser Stelle wird offensichtlich, dass die rückrufbedingte Änderung am ESP-System gegebenenfalls weitere Änderungen am KFZ erfordern. Dazu wird nun zunächst der Zusammenhang zwischen ESP und Reifendrucksystem modelliert (siehe Abbildung 8).

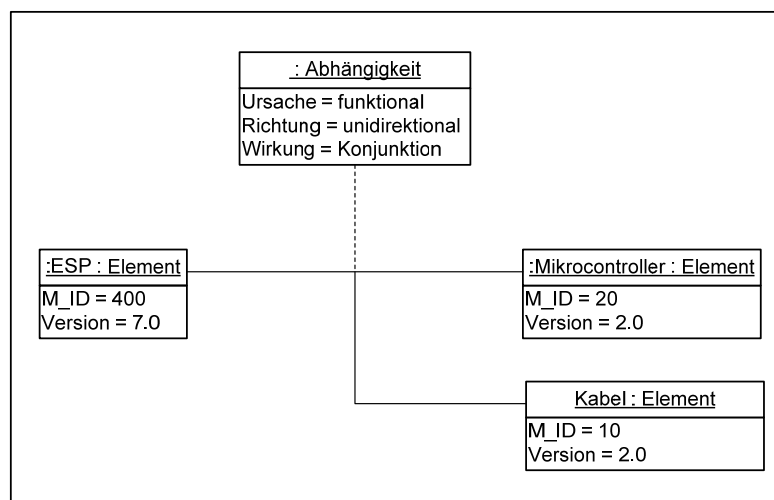


Abb. 8: Überarbeitung

Der Zusammenhang zwischen Rückrufaktion und Überarbeitung ergibt sich schließlich über die Verbindung beider Modelle. Aufgrund der Verwendung

des gleichen konzeptuellen Modells ist es möglich, eine transitive Abhängigkeit zwischen dem ABS-System und dem Reifendrucksystem zu erkennen, was aus Abbildung 9 hervorgeht. Damit ist sichergestellt, dass bei der operativen Durchführung der Rückrufaktion alle darüber hinausgehenden Abhängigkeiten berücksichtigt werden.

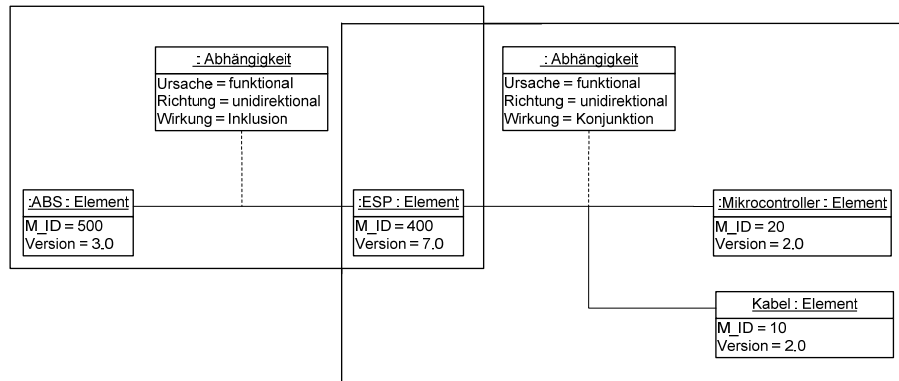


Abb. 9: Zusammenhang zwischen Rückrufaktion und Überarbeitung

4.2. Teilebevorratung und -verfügbarkeit

Ereignisse in Form von Rückrufaktionen können besonders für das Flottenmanagement von OEM-eigenen Dienstleistern (Leasing-Unternehmen) relevant sein, welche für das Verwalten, Planen, Steuern und Kontrollieren von Fahrzeugflotten zuständig sind. Hier werden Informationen über die Zusammensetzung der Flotte - die Flottenstruktur - am Ende der Supply Chain gesammelt und ausgewertet. Die endkundennahen Akteure der Supply Chain, repräsentiert durch die Werkstätten, sammeln und liefern gleichermaßen Informationen über die Fahrzeuge und geben diese an die OEM-Leasingfirmen weiter. Dabei können strukturelle Informationen über die Versionierung von Fahrzeugen, mechatronischen Produkten und deren Komponenten ausgewertet werden. Auf Basis dieser ausgewerteten Informationen über Abhängigkeiten sind Aussagen über die Teilebevorratung, -verfügbarkeit und Liefernotwendigkeiten zum Beispiel von Ersatzteilen möglich.

Das Flottenmanagement kann durch ein permanentes Monitoring der Flottenzusammensetzung zukünftige Bedarfe besser prognostizieren. Zum Beispiel ist es möglich, die Bevorratung zu verringern bzw. die Lieferzeiten für solche Produkte zu erhöhen, die bereits weitgehend durch neuere Versionen oder Fahrzeugmodifikationen ersetzt und damit obsolet geworden sind. Dieser Zugewinn an Informationen kann entlang der gesamten Automotive Supply Chain bis hin zu den Zulieferern genutzt werden.

5. Fazit

Ziel dieser Arbeit ist es gewesen, die besonderen Anforderungen mechatronischer Produkte in der Automotive Supply Chain herauszuarbeiten und darauf aufbauend einen Beitrag zur Konkretisierung des PLM für solche

Produkte zu leisten. Hierzu wurde die Produktstruktur näher untersucht, die einen Zugang zur Komplexität des Gesamtproduktes Fahrzeug erlaubt. Als Ergebnis wird eine Systematisierung und formale Modellierung von mechatronischen Produktabhängigkeiten vorgeschlagen. Zur Demonstration des potenziellen Anwendungsnutzens wurden zwei Szenarien betrachtet, die an den Endpunkten der Automotive Supply Chain ansetzen.

Literatur

- Abramovici, M.; Ghoffrani, M. (Abramovici/Ghoffrani 2006):** PLM – ein Thema auch für KMUs, in: Digital Engineering, ohne Nr., Hannover, 2006.
- Abramovici, M.; Schulte, S. (Abramovici/Schulte 2005):** PLM – Wege aus der Strategiekrisis in der Automobilindustrie, in: eDM-Report – Data-Management-Magazin, Nr. 1 2005, Heidelberg, 2005.
- ADAC (ADAC 2005):** <http://www.adac.de>, o.V., Abrufdatum : 31.01.2007.
- Anderl, R.; Krastel, M.; Sielaff, F. (Anderl/Krastel/Sielaff 2005):** Integration der Entwicklungsprozesse für E/E, Software- und mechanische Produkte, in: Produkt-Daten Journal, Nr. 2 2004, S. 30-33.
- Broy, M. (Broy 2003):** Automotive Software Engineering, in: Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, Portland, 2003, S. 719-720.
- Grasmann, M. (Grasmann 2000):** Produktkonfiguration auf Basis von Engineering Data Management Systemen, Paderborn, 2000.
- Herlyn, W. J. (Herlyn 1990):** Zur Problematik der Abb. variantenreicher Erzeugnisse in der Automobilindustrie, in: Fortschrittsberichte VDI, Reihe 16, Nr. 52 1990, Düsseldorf, 1990.
- Lingnau, V. (Lingnau 1994):** Variantenmanagement, Berlin, 1994.
- Pfohl, H.-C. (Pfohl 2004):** Logistikmanagement, 2. Aufl., Berlin u.a., 2004.
- Schäuffele, J.; Zurawka, T. (Schäuffele/Zurawka 2003):** Automotive Software Engineering – Grundlagen, Prozesse, Methoden und Werkzeuge, Wiesbaden, 2003.
- Schichtel, M. (Schichtel 2002):** Produktdatenmodellierung in der Praxis, München u.a., 2002.
- Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA 2004):** Future Automotive Industry Structure (FAST) 2015 – die neue Arbeitsteilung in der Automobilindustrie. Frankfurt am Main, 2004.
- Versteegen, G.; Weischedel, G. (Versteegen/Weischedel 2003):** Konfigurationsmanagement, Berlin u.a., 2003.