

DISS. ETH Nr. 18554

Supply Chain Design für modulare Fahrzeugarchitekturen

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels
Doktor der Wissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

PHILIPP ROBERT GNEITING
Dipl.-Kfm., Universität Mannheim
geboren am 28. Februar 1981
aus Deutschland

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. P. Schönsleben, Referent
Prof. Dr. P. Hora, Korreferent
Prof. Dr. O. de Weck, Korreferent
Prof. Dr. W. Dangelmaier, Korreferent

2009

Zusammenfassung

Auf den Automobilmärkten herrscht ein hoher Individualisierungs- und Innovationsdruck. Kunden unterschiedlicher Marktsegmente fordern in immer kürzer werdenden Zeitabschnitten die Erweiterung und Individualisierung der Fahrzeugfunktionalitäten, und nationale Gesetzgeber beschließen zusätzliche Sicherheits- und Umweltschutzauflagen. Dies führt bei den Automobilherstellern zu kürzer werdenden Produktlebenszyklen und einer Zunahme des angebotenen Produktspektrums. Parallel verhalten sich landesspezifische Einflussfaktoren wie Nachfrage, Inflation und Wechselkurse aufgrund internationaler wirtschaftlicher Verflechtung zunehmend volatil. Somit stehen Automobilhersteller vor der Herausforderung, nicht nur die wirtschaftliche Produktion stark individualisierter Fahrzeuge sicherzustellen sondern zusätzlich auch die Risiken unbeständiger makroökonomischer und konjunktureller Bedingungen zu bewältigen.

Die Modularisierung der Fahrzeugarchitektur in physisch bzw. funktional unabhängige Module wie Dach-, Kotflügel-, oder Heckdeckelmodul gilt als vielversprechendes Konzept mit dem diesen Herausforderungen begegnet werden kann. Durch Modularisierung können Automobilhersteller trotz der beschriebenen schwierigen Rahmenbedingungen signifikante Skalen-, Synergie-, und Flexibilitätseffekte in Entwicklung und entlang der Supply Chain erzielen. Ein typ-, modell- oder baureihenübergreifender Einsatz von Modulen in der Fahrzeugpalette verstärkt diese Effekte und bedingt die Anpassung der Supply Chain Struktur an die geänderte Produktstruktur. So kann beispielsweise im Produktionsnetzwerk eine zentrale Modulproduktion für mehrere Standorte vorteilhaft sein. Innerhalb der Werke kann aufgrund logistischer Aspekte eine modulatorientierte Ausrichtung der Produktionslinien wirtschaftlich sein.

Aufgrund der vielfältigen Ausgestaltungsoptionen auf Netzwerk-, Werks- und Produktionslinienebene in der Supply Chain und der signifikanten wirtschaftlichen Abhängigkeit zwischen der Modularität der Fahrzeugarchitektur und der Supply Chain, ist eine simultane Planung beider Planungsprobleme vorzunehmen. Die in diesem Kontext relevanten Planungsaufgaben des Supply Chain Design umfassen die Standort-, Belegungs-, Eigenleistungs-, Werks-, Produktions-, Logistik- und Arbeitskräfteplanung.

Der Produktions- und Logistikplanung kommen dabei eine besondere Bedeutung zu, da diese im Rahmen eines Modularisierungsvorhabens einen signifikanten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ausüben können.

In der vorliegenden Arbeit wird vor diesem Hintergrund basierend auf mathematischen Modellen eine Methodik entwickelt, die eine Entscheidungsunterstützung für das Supply Chain Design zum Zeitpunkt des Fahrzeugarchitekturentscheids ermöglicht. Zentraler Bestandteil der Methodik ist das Basismodell zur Planung der sieben Planungsaufgaben des Supply Chain Design. Je nach Modularisierungsvorhaben und Supply Chain Struktur können innerhalb des Modells einzelne Planungsaufgaben bewusst fixiert oder nicht berücksichtigt werden. Durch Anbindung eines separaten Logistikmodells können zusätzliche logistische Fragestellungen zur Ausgestaltung der Logistikkonzepte hinsichtlich Sequenzierung, Kommissionierung und Vorlaufzeit berücksichtigt werden. Nimmt die Ausgestaltung einer möglichen Eigenfertigung der Module einen besonderen Stellenwert in der Planung ein, kann im Rahmen eines separaten Produktionsmodells eine Ausplanung der Modulfertigung hinsichtlich Automatisierungsgrad, Anbindungskonzept zur nachfolgenden Linie und möglichen Kapazitätserweiterungen erfolgen. Je nach Fragestellung und Modellkomplexität ist dabei prinzipiell eine simultane oder sukzessive Optimierung der Planungsaufgaben möglich.

Um eine praktische Anwendung zu ermöglichen, werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Softwareprototyp „Modularity Analyzer“ zur Dateneingabe sowie der „Szenario Generator“ zur Optimierung, Ergebnisvisualisierung und zur Durchführung von Sensitivitätsanalysen vorgestellt. In einer Fallstudie wird gezeigt, wie sich die entwickelte Methodik auf eine konkrete Problemstellung der industriellen Praxis anwenden lässt.

Abstract

Automotive markets are currently characterized by high individualization and innovation pressure. Customers of every market segment increasingly demand the extension and individualization of car functionalities and national legislators enact additional safety and environmental constraints. This leads to shorter product life cycles and increased product variety for the automotive companies. Simultaneously, country-specific influences like interest rates, inflation and demand behave increasingly volatile due to growing international interdependence. Hence, car manufacturers not only have to produce more and more individualized cars, but also face additional risks of an unpredictable and turbulent world economy.

The modularization of the car architecture in physically and functionally independent modules like roof-, frontend- or cockpit modules is a promising answer to overcome these challenges. With the application of modularization, car manufacturers are capable to gain significant economies of scale and scope as well as additional flexibility potential in development and along relevant supply chain activities. The cross-usage of modules in different lines and models strengthens these effects but also requires an adaptation of the supply chain to the new car architecture. For instance, a centralized module-production which supplies the whole production network can be advantageous. Within one plant, a module-orientated alignment of the production lines can be effective.

Due to numerous design options on the network-, plant- and line-level of an automotive supply chain and the significant economic interdependencies between the car modularity and the supply chain, simultaneous planning of both planning problems is of vital importance. The relevant supply chain design planning tasks cover location-, product-allocation-, make-or-buy-, plant-, production-, logistics- and workforce-planning. Within these the planning tasks in production and logistics are of particular importance as these decisions have an enormous influence on the profitability.

In this dissertation, a methodology, based on mathematical models is presented, which provides a decision support for the supply chain design at the moment of the car archi-

ecture decision. Core element of the planning methodology is the „Base-model“, which enables decision support for the planning tasks presented above. Dependent on the specific planning problem and the existing supply chain structures, any planning task can be fixed or completely neglected. By connecting the „Logistics-model“ additional logistic aspects like sequencing, consignment and lead time can be integrated in the supply chain design. If the characteristic of a possible module-production is of particular interest, an „Assembly-model“ can be connected to the „Base-model“. By the use of this model, a more detailed planning of the automation level, the interface to the following line and possible capacity stages is provided. According to planning requirements, a simultaneous or successive optimization of the planning tasks is possible.

Two software-prototypes are presented which enable an application of the mathematical models. The „Modularity Analyzer“ to provide a graphical user interface for data input and the „Scenario Generator“ to allow optimization, solution visualization and sensitivity analysis. The application of the developed models on a realistic problem is presented in a case study.