



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Jan Brettschneider

Implizites Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Jan Brettschneider

**Implizites Qualitätsmanagement in der
Produktentwicklung am Beispiel
der Automobilindustrie**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Entwicklung und Konstruktion
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Koppenhagen
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Meyer-Eschenbach

Abgabedatum: 26.08.2016

Zusammenfassung

Jan Brettschneider

Thema der Bachelorthesis

Implizites Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie.

Stichworte

Qualitätsmanagement, Automobilindustrie, Entwicklungszeiten, Produktarchitektur, Entwicklungsprozess, Unternehmensphilosophie, Zulieferer, Wissensmanagement, Entwicklungsorganisation, Soziotechnisches System, Modularisierung, Set Based Concurrent Engineering, Regalentwicklung, GD³, Taguchi

Kurzzusammenfassung

Bei der Automobilindustrie handelt es sich um ein kontinuierlich veränderndes Marktsegment, welches die Hersteller zwingt, stetig neue Trends und Technologien in die Produktentwicklung mit einfließen zu lassen. Die Fähigkeit schnelle Entwicklungszeiten in Verbindung mit hohen Qualitätsstandards gewährleisten zu können, liefert hierbei einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil. Am Beispiel des japanischen Automobilherstellers Toyota wird aufgezeigt, wie das Qualitätsmanagement implizit in Prozesse und Strukturen eingegliedert werden kann, ohne auf explizite Prüfverfahren zurückgreifen zu müssen. Zudem wird erläutert, weshalb andere Hersteller durch die Übernahme von Toyotas Methoden nicht denselben Erfolg erzielen.

Jan Brettschneider

Title of the paper

Implicit quality management during product development using the automotive industry as an example.

Keywords

Quality management, automotive industry, development times, product architecture, development process, corporate philosophy, supplier, development organization, knowledge management, socio-technical system, modularisation, predevelopment, GD³, Taguchi, Set Based Concurrent Engineering

Abstract

The automotive industry represents an ever-changing market, therefore manufacturers are forced to integrate new trends and technologies on a regular basis. The ability to combine short development cycles with high quality standards gives a decisive advantage over the competition. This thesis focuses on the example of the Japanese car manufacturer Toyota for the purposes of demonstrating how quality management can be integrated into processes and structures without using explicit testing procedures. Furthermore it is explained why so many companies fail to adopt Toyota's methods.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Abbildungsverzeichnis | I |
| Tabellenverzeichnis | III |
| Abkürzungsverzeichnis | IV |
| 1 Einleitung – Warum Toyota? | 1 |
| 1.1 <i>Ausgangssituation</i> | 1 |
| 1.1.1 <i>Qualität</i> | 1 |
| 1.1.2 <i>Rentabilität</i> | 3 |
| 1.1.3 <i>Entwicklungszeiten</i> | 3 |
| 1.2 <i>Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit</i> | 4 |
| 1.3 <i>Aufbau der Arbeit</i> | 5 |
| 2 Die Unternehmensphilosophie als Basis kontinuierlichen Fortschritts..... | 6 |
| 2.1 <i>Unterschiede zur westlichen Philosophie</i> | 7 |
| 2.2 <i>Prozessoptimierung durch konstante Verbesserung</i> | 10 |
| 2.3 <i>Die Rolle des Menschen im Unternehmen/Human Resource Management</i> | 12 |
| 2.4 <i>Effizientes Nutzen einfacher Methoden und Technologien</i> | 15 |
| 2.5 <i>Wie die Unternehmensphilosophie zur Qualität beiträgt</i> | 17 |
| 3 Die Relevanz der richtigen Produktarchitektur..... | 19 |
| 3.1 <i>Die Produktarchitektur als wegweisende Größe</i> | 19 |
| 3.2 <i>Entkoppeln des Entwicklungsprozesses durch Modularisierung</i> | 25 |
| 3.3 <i>Konservative Herangehensweise der Produktüberarbeitung</i> | 27 |
| 3.3.1 <i>Re-Use</i> | 27 |
| 3.3.2 <i>Designzyklus</i> | 28 |
| 3.4 <i>Toyota New Global Architecture</i> | 29 |
| 3.5 <i>Wie die Produktarchitektur zur Qualität beiträgt</i> | 30 |
| 4 Über Entwicklungsorganisation und Wissensmanagement..... | 31 |
| 4.1 <i>Die Evolution von Toyotas Organisationsstruktur</i> | 31 |
| 4.2 <i>Die Einbindung der Zulieferer</i> | 41 |
| 4.3 <i>Wissensmanagement – Toyotas Gedächtnis</i> | 47 |
| 4.4 <i>Wie die Organisationsstruktur zur Qualität beiträgt</i> | 49 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | Der Entwicklungsprozess | 51 |
| 5.1 | <i>Der Rahmenterminplan der Produktentwicklung</i> | 52 |
| 5.1.1 | <i>Konzeptfindung</i> | 53 |
| 5.1.2 | <i>Kentou-Phase</i> | 54 |
| 5.1.3 | <i>K4 - Dokumente</i> | 55 |
| 5.1.4 | <i>Prototypen und Produktionsanlauf</i> | 56 |
| 5.1.5 | <i>Zeitliche Einbindung der Zulieferer</i> | 56 |
| 5.2 | <i>Set Based Concurrent Engineering</i> | 59 |
| 5.3 | <i>Ausgewählte Methoden</i> | 63 |
| 5.3.1 | <i>GD³ – Mizen Boushi</i> | 63 |
| 5.3.2 | <i>Taguchi-Methode</i> | 69 |
| 5.4 | <i>Die Rolle des Chief Engineers</i> | 73 |
| 5.5 | <i>Wie der Entwicklungsprozess zur Qualität beiträgt</i> | 75 |
| 6 | Schlussbetrachtungen | 76 |
| 6.1 | <i>Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse der Arbeit</i> | 76 |
| 6.2 | <i>Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf</i> | 78 |
| | Literaturverzeichnis | A |
| | Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit | G |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 2-1: "4P" Modell..... | 6 |
| Abbildung 2-2: Soziotechnisches System..... | 9 |
| Abbildung 2-3: Änderungskosten und Unsicherheit im Projektverlauf | 10 |
| Abbildung 3-1: Unterschiedliche Produktarchitekturen | 19 |
| Abbildung 3-2: Modulare und Integrale Architekturen..... | 20 |
| Abbildung 3-3: Modularisierungsstrategien..... | 21 |
| Abbildung 3-4: Modulstruktur..... | 24 |
| Abbildung 3-5: Die entkoppelte Entwicklung..... | 26 |
| Abbildung 3-6: Modellübergreifende Verwendung von Modulen | 28 |
| Abbildung 4-1: Frühe Organisationsstruktur mit Chief Engineer..... | 31 |
| Abbildung 4-2: Entwicklung der Anzahl an Sparten & Fachbereiche..... | 33 |
| Abbildung 4-3: Aufteilung in Center | 34 |
| Abbildung 4-4: Verantwortlichkeiten in der Produktentwicklung | 35 |
| Abbildung 4-5: Verantwortlichkeiten in der Komponentenentwicklung | 35 |
| Abbildung 4-6: Research and Advanced Development Group | 36 |
| Abbildung 4-7: Center 4..... | 37 |
| Abbildung 4-8: Entwicklungsorganisation älterer Stand..... | 38 |
| Abbildung 4-9: Einbindung der Organisation in den Entwicklungsprozess | 38 |
| Abbildung 4-10: Toyota Research and Development System Stand 2016 | 39 |
| Abbildung 4-11: Entwicklung der Zuliefererstrukturen | 45 |
| Abbildung 4-12: Flexible Mitarbeiterzuordnung | 46 |
| Abbildung 5-1: Die 9 Phasen von Toyotas Entwicklungsprozess | 52 |
| Abbildung 5-2: Entwicklungsprozess bei Denso..... | 57 |
| Abbildung 5-3: Shigley's Modell der Entwicklung..... | 59 |
| Abbildung 5-4: Eingliederung verschiedener Fachabteilungen in den Prozess des point-based engineering | 60 |
| Abbildung 5-5: Lösungsfindung Set-Based Concurrent Engineering;..... | 62 |
| Abbildung 5-6: Eingruppierung der GD ³ -Methode in die Problemlösungspyramide.. | 64 |
| Abbildung 5-7: Zusammenarbeit zwischen OEM und Zulieferer für effektive Fehlerpräventionsarbeit..... | 64 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 5-8: Überblick GD ³ | 65 |
| Abbildung 5-9: Sicherheitsfaktor bei veränderlicher Fertigung und Umwelt | 66 |
| Abbildung 5-10: Definition Robustheit | 68 |
| Abbildung 5-11: Parameterdiagramm für den Aufbau einer Robustheitsmatrix | 71 |
| Abbildung 5-12: Beispiel für eine Robustheitsmatrix | 72 |
| Abbildung 5-13: Einordnung Chief Engineer..... | 74 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1-1: Platzierungen der Toyota Modelle in dem TÜV Report 2008 & 2016 | 1 |
| Tabelle 1-2: Zusammenfassung der J. D.-Power Reports 2007 bis 2015 | 2 |
| Tabelle 3-1: Toyotas Plattformen und die dazugehörigen Modelle | 23 |
| Tabelle 3-2: TNGA - Plattformvereinigung | 29 |
| Tabelle 4-1: Wettbewerbsvorteil Zuliefererkette | 41 |
| Tabelle 4-2: Zulieferer für Fahrzeugteile, Toyota Prius | 44 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------|--|
| Abb. | Abbildung |
| ADAC | Allgemeiner Deutscher Automobil-Club |
| bspw. | beispielsweise |
| bzw. | beziehungsweise |
| CAD | Computer-Aided Design |
| CE | Chief Engineer |
| d. h. | das heißt |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| DRBFM | Design Review Based on Failure Mode |
| DRBTR | Design Review Based on Test Results |
| dt. | Deutsche Sprache |
| EBIT | Earnings before interest and taxes |
| FEM | Finite-Elemente Methode |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis |
| FMEAM | Design Failure Mode and Effect Analysis of Modifications |
| ggf. | gegebenenfalls |
| MQB | Modularer Querbaukasten |
| OEM | Original Equipment Manufacturer |
| PDCA | Plan-Do-Check-Act |
| R&D | Research and Development |
| SBCE | Set Based Concurrent Engineering |
| SUV | Sport Utility Vehicle |
| TPS | Toyota Production System |
| u. a. | unter anderem |
| u. U. | unter Umständen |
| V-Comm | Visual & Virtual Communication System |
| Vgl. | Vergleich |
| z. B. | zum Beispiel |

1 Einleitung – Warum Toyota?

1.1 Ausgangssituation

Im Laufe der Zeit haben sich sowohl der Stellenwert eines Automobils, als auch die Gründe für den Kauf gewandelt. Der Hauptgrund für den Kauf eines Mercedes in den 1980er Jahren war nicht etwa Qualität, Leistung oder Sicherheit, sondern das mit dem Hersteller verbundene Prestige. Wer einen Mercedes fuhr, war erfolgreich und wollte dieses seinen Mitmenschen kommunizieren. Ein Toyota hingegen wurde zwar als qualitativ hochwertiges Automobil wahrgenommen, galt aber nicht als Statussymbol.

Im Laufe der Jahrzehnte haben sich die Gründe für eine Kaufentscheidung verändert. So gaben 81 % der sogenannten Millennials (Jahrgänge 1980 bis 2000) in einer von Ford beauftragten Studie aus dem Jahr 2014 an, dass es ihnen nicht wichtig sei, was ihre Mitmenschen über ihr Automobil denken. Das Automobil hat sich in den Augen des Großteils der Bevölkerung von einem Prestigeobjekt zu einem praktischen Begleiter im Alltag entwickelt. Laut einer Befragung des ADAC aus dem Jahr 2011 sind die Hauptentscheidungsgründe für den Kauf eines Automobils Qualität, Sicherheit und Platzangebot, der Hersteller landet hingegen nur auf Platz 5.

Dieser Trend zu Qualitäts- und Sicherheitsbewusstsein in Kombination mit erschwinglichen Preisen deckt sich mit den Stärken der japanischen Automobilhersteller wie z. B. Nissan, Mazda oder Toyota.

Wie im weiteren Verlauf dieser Arbeit dargelegt wird, zeigt Toyota, dass hohe Qualität, kurze Entwicklungszeiten und eine außergewöhnlich hohe Rentabilität sich nicht zwangsläufig widersprechen müssen, sondern mit der richtigen Herangehensweise sehr wohl vereinbar sind.

1.1.1 Qualität

Der Begriff Qualität wird zunächst mit der Verarbeitung oder der optischen Wertigkeit eines Automobils in Verbindung gebracht. Bei genauerem Hinsehen verbirgt sich hinter diesem Begriff jedoch weitaus mehr.

Die wahre Qualität eines Produkts zeigt sich erst nach Jahren der Nutzung und nicht nach dem Verlassen der Produktionsstätte. Möchte man dem Begriff Qualität wirklich gerecht werden und der Thematik auf den Grund gehen, so kann als Bewertungsmaßstab nicht allein die Beanstandungsquote von Neuwagen herangezogen werden.

| Fahrzeualter | 2008 | 2016 |
|---------------------|-------------|----------------------|
| 2-3 Jahre | 9,13,16,22 | 9,14,26,67,77 |
| 4-5 Jahre | 6,12,13,25 | 12,21,22,28,30,55,58 |
| 6-7 Jahre | 9,14,16 | 2,5,6,11,25,36 |
| 8-9 Jahre | 5,7,9,10 | 2,4,6,7,10,11,14 |
| 10-11 Jahre | 3,5,7,12 | 2,3,4,6,7 |

Tabelle 1-1: Platzierungen der Toyota Modelle in dem TÜV Report 2008 & 2016, Platzierungen vergeben nach Quote der erheblichen Mängel

Differenziert betrachtet kann gesagt werden, dass die Neuwagenqualität primär auf die Fertigung zurückzuführen ist, wohingegen die Robustheit des Fahrzeugs über seine Nutzungsdauer ein Spiegel der Konstruktion ist, auch wenn dieses natürlich nur sehr begrenzt voneinander getrennt werden kann, da zwischen beidem eine starke Wechselwirkung besteht.

Wie in Tabelle 1-1 zu sehen ist, belegen Modelle des Herstellers Toyota besonders in den älteren Klassen die vorderen Plätze. Hiermit soll nicht impliziert werden, dass Toyota es nicht schafft, eine hohe Neuwagenqualität zu gewährleisten. Die konkurrierenden Automobilhersteller haben es in den vergangenen Jahren ebenfalls geschafft, ihr Qualitätsniveau in der Fertigung anzuheben und somit ein Teil von Toyotas Wettbewerbsvorteil egalisiert. Das *Toyota Production System*, welches weltweit sehr hoch angesehen ist und von vielen Unternehmen als Vorbild herangezogen wird, war über Jahrzehnte einzigartig und trägt zweifelsohne weiterhin zum Unternehmenserfolg bei.

Die vorderen Platzierungen in den älteren Fahrzeugklassen sind Zeichen eines Qualitätsmanagements, welches nachhaltig arbeitet und Qualitätsprobleme nicht nur oberflächlich behandelt, sondern der Ursache auf den Grund geht.

Auch bei dem *J. D.-Power Customer Service Index (CSI)*, einer Zufriedenheitsstudie unter Autofahrern, durchgeführt von dem Marktforschungsunternehmen *J. D. Power and Associates*, belegt Toyota regelmäßig vordere Platzierungen.

| Jahr | Markenwertung | Modelle unter den Top 50 | Beste Platzierung | Modell |
|------|---------------|--------------------------|-------------------|---------|
| 2015 | 5 | 2 | 12 | Auris |
| 2014 | 2 | 5 | 1 | Avensis |
| 2013 | 2 | 6 | 1 | Prius |
| 2012 | 2 | 5 | 4 | Verso |
| 2011 | - | 4 | 11 | Avensis |
| 2010 | - | 5 | 9 | Prius |
| 2009 | 5 | 8 | 6 | Prius |
| 2008 | 3 | 6 | 1 | Prius |
| 2007 | 2 | keine Daten vorhanden | 1 | Prius |

Tabelle 1-2: Zusammenfassung der *J. D.-Power Reports* 2007 bis 2015

Die abweichend schlechten Ergebnisse in den Jahren 2009 bis 2011 stehen in engen Zusammenhang mit den Rückrufaktionen auf Grund rutschender Fußmatten und klemmender Gaspedale sowie Problemen mit den Kraftstoffleitungen.

In einem 30-jährigen Rückblick aus dem Jahr 2007 führt der ADAC Toyota als Hersteller mit den meisten Fahrzeugen, welche in den verschiedenen Fahrzeugkategorien als pannensicherste Fahrzeuge ausgezeichnet wurden.

Diese Studien zeigen allesamt, dass Toyota in der Lage ist, qualitativ hochwertige Fahrzeuge zu entwickeln und zu produzieren. Mit einer solch hohen Qualität, insbesondere in den früheren Jahren, können nur wenige Automobilhersteller konkurrieren. Zudem ist anzumerken, dass Toyota in das Segment der

Massenhersteller einzuordnen ist und somit Qualität zu einem weitaus niedrigeren Preis als Premiumhersteller wie z. B. Audi, BMW oder Mercedes gewährleisten muss.

1.1.2 Rentabilität

Ein erfolgreiches Unternehmen muss nicht nur Produkte auf den Markt bringen, welche den Kunden einen hohen Mehrwert bieten, sondern diese zudem zu wettbewerbsfähigen Preisen anbieten und dabei noch rentabel operieren.

Die Toyota Motor Company ist mit einem geschätzten Börsenwert von 149,9 Mrd. Euro¹ die mit Abstand wertvollste Automobilmarke der Welt. Im Jahr 2015 verkaufte Toyota zudem mit 10,15 Mio. Fahrzeugen² zum vierten Mal in Folge die meisten Automobile.

Zudem hat Toyota laut Universität Duisburg-Essen mit 1.801 Euro bzw. 9,0 % pro Fahrzeug die höchste Gewinnmarge aller Massenhersteller³.

Im Geschäftsjahr 2013/2014 weist Toyota in seiner Bilanz einen Umsatz von 191,7 Mrd. Euro und einen Gewinn von 13,6 Mrd. Euro aus. Damit stieg der Konzernumsatz um 16,4 % und das Betriebsergebnis um 73,5 % im Vergleich zum Vorjahr.

Diese Zahlen zeigen deutlich, dass Toyota ein hoch profitables Unternehmen ist, welches sich seit seiner Gründung im Jahr 1937 zu einem der weltweit führenden Automobilhersteller entwickelt hat.

1.1.3 Entwicklungszeiten

Die Automobilindustrie ist mit Entwicklungszeiten von teilweise mehreren Jahren im Verhältnis zu anderen Industriezweigen, wie beispielsweise der IT-Branche, nur langsam reaktionsfähig. Die Kunden erwarten jedoch die neuste Informationstechnologie und die modernsten Assistenzsysteme in ihren Neuwagen. Daher ist es für die Automobilhersteller von großer Wichtigkeit, möglichst kurze Entwicklungszyklen gewährleisten zu können, um nicht Fahrzeuge mit bereits veralteter Technologie auf den Markt bringen zu müssen.

In den letzten Jahrzehnten sind die Entwicklungszeiten stark verkürzt worden, was zum einen an den technischen Hilfsmitteln wie z. B. CAD-Programmen und FEM-Berechnungen, aber auch an dem steigenden Druck in diesem Marktsegment liegt. Die branchenübliche Entwicklungszeit vom *Design Freeze* bis zum Produktionsstart liegt bei 24-30 Monaten. Toyota benötigt dafür im Durchschnitt nur 15 Monate, bei preiswerteren Modellen, wie beispielsweise dem *Corolla*, sogar nur 12 Monate⁴. Als logische Konsequenz daraus, liegt Toyotas durchschnittliches Modellalter mit 1,2

¹ Quelle: private-banking.trust-wi.de zuletzt abgerufen am 22.08.2016

² Quelle: wiwo.de zuletzt abgerufen am 22.08.2016

³ EBIT-Marge; Quelle: welt.de zuletzt abgerufen am 22.08.2016

⁴ „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

Jahren deutlich unter dem Modellalter der Konkurrenz, welches bei ungefähr 3 Jahren liegt.

Diese drei Faktoren sind ein Teil des Fundaments von Toyotas Unternehmenserfolg. Der Automobilbauer schafft es den Markt der Massenhersteller ständig mit neuen, qualitativ hochwertigen Produkten zu versorgen und dabei einen hohen Profit zu erzielen.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Diese Thesis befasst sich mit der Fragestellung, wie es Toyota gelingt einen dauerhaften Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz aufrecht zu erhalten. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf dem impliziten Qualitätsmanagement. Toyota gelingt es, marktführend im Bereich der Qualität aufzutreten, ohne jedoch eine Vielzahl an expliziten Methoden zur Qualitätssicherung anzuwenden oder besondere Qualitätsprüfungen zu vollziehen. Zudem ist die Frage zu beantworten, weshalb andere Automobilhersteller bei dem Versuch scheitern Toyotas System zu kopieren.

Nachdem 1990 das Buch *The Machine That Changed The World* veröffentlicht wurde, realisierte die Automobilbranche wie viel effektiver und schneller Toyota produzierte. Als Konsequenz daraus entstand ein Hype um das sogenannte *lean manufacturing* (dt. schlanke Produktion) und andere Unternehmen versuchten das Produktionssystem einfach zu kopieren, indem sie Toyotas Produktionsstätten nachbauten. Nur die wenigsten Automobilhersteller hatten damit Erfolg, denn ein Großteil der Unternehmen verstand nicht, worin das „Geheimnis“ von Toyota lag. Es ging nicht um eine bestimmte Anordnung von Maschinen in *One-Piece-Flow Zellen* oder bestimmte Methoden. Toyotas Erfolg ist tief verwurzelt in den Prinzipien, welche die Unternehmensphilosophie bilden und dafür sorgen, dass Toyota sich stetig weiterentwickelt.

Alle Prozesse, Strukturen und Methoden die Toyota heutzutage verwendet, sind das Resultat dieser Philosophie und stellen nur eine Momentaufnahme dar. Der Vergleich zu Darwins Evolutionstheorie liegt nahe. Toyota greift auf Bewährtes zurück und sortiert nicht - bewährte Methoden und Strukturen konsequent aus.

Toyotas mittlerweile gut erforschtes und viel beschriebenes Produktionssystem wird mittlerweile von vielen Unternehmen erfolgreich angewendet. Toyota bildet sogar andere Unternehmen im sogenannten *TPS* (Toyota Production System) aus.

Im Vergleich dazu ist vergleichsweise wenig über die Themengebiete, welche die Fahrzeugentwicklung betreffen, bekannt. Toyotas Wettbewerbsvorteil auf diesem Gebiet hat nach wie vor Bestand.

Ziel dieser Arbeit ist es, die primären Aspekte in der Fahrzeugentwicklung zu beleuchten und zu erläutern, auf welchem Weg es Toyota gelingt, mit vergleichsweise wenig expliziten Qualitätssicherungsmethoden einen sehr hohen Qualitätsstandard implizit zu gewährleisten. Des Weiteren soll dargelegt werden, wie andere

Unternehmen von diesem Wissen profitieren können, um ihre eigene Entwicklung zu verbessern.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird zunächst Bezug auf die Unternehmensphilosophie von Toyota genommen. Inwiefern unterscheidet sich diese von den anderen Philosophien, welche man mit den westlichen Unternehmen in Verbindung bringt und warum ist die Unternehmensphilosophie für Toyota von zentraler Bedeutung? Des Weiteren werden die Sozialstruktur und die Rolle des Menschen im Unternehmen betrachtet und es wird argumentiert, weshalb die östliche Philosophie nicht direkt in die westlichen Unternehmen implementiert werden kann.

Ein weiterer sehr wichtiger Punkt und eine Art Basis für alles Nachfolgende ist die Klärung der Produktarchitektur. Inwiefern ist die Produktarchitektur wegweisend für den Aufbau der Entwicklungsorganisation und den Ablauf des Entwicklungsprozesses? Weshalb ist die Architektur das Herzstück von allem, was zu der Entwicklung neuer Automobile beiträgt?

Im Anschluss daran werden die Strukturen in der Entwicklungsabteilung beleuchtet und es wird aufgezeigt, inwiefern diese perfekt zu der vorherrschenden Produktarchitektur passen und weshalb dieses unabdingbar für jedes entwickelnde Unternehmen ist. Zudem wird darauf eingegangen, wie Toyota Wissen und Erfahrungen aus vergangenen Projekten unternehmensintern festhält und dadurch sehr viel Zeit in zukünftigen Entwicklungsprozessen spart.

Schlussendlich wird der Entwicklungsprozess betrachtet. Es werden zeitliche Abläufe dargelegt und die einzigartige Entwicklungsmethodik von Toyota erläutert. Zudem werden Beispiele für einfache Methoden genannt, die Toyota regelmäßig anwendet. Die Rolle des Chief Engineers im Entwicklungsprozess und seine Stellung während der Produktentwicklung bilden den Abschluss dieser Arbeit.

Der Punkt der impliziten Qualitätssicherung wird am Ende eines jeden Kapitels mit Bezug auf das vorher Erklärte dargelegt.

2 Die Unternehmensphilosophie als Basis kontinuierlichen Fortschritts

Ein Zitat des ehemaligen Präsidenten der Toyota Motor Company, Fujio Cho, fasst das Hauptaugenmerk des Unternehmens hervorragend zusammen:

„Wir messen der eigentlichen Umsetzung und der Handlungsinitiative den größten Wert bei. Es gibt viele Dinge, die man nicht versteht, daher stellen wir die Frage: Warum werden Sie nicht einfach aktiv und versuchen es? Dann stellen Sie fest, wie wenig Sie eigentlich wissen, und Sie müssen sich mit Ihren Fehlern auseinandersetzen. Diese Fehler lassen sich am besten dadurch korrigieren, dass man den gleichen Vorgang wiederholt. Beim zweiten Anlauf erkennen Sie dann einen weiteren Fehler bzw. irgendeinen anderen Aspekt, mit dem Sie nicht zufrieden sind, also wiederholen Sie das Ganze noch einmal. Durch diese kontinuierliche Verbesserung oder, besser gesagt, diese handlungsbasierte Verbesserung, lässt sich ein immer höheres Niveau an Praxis und Wissen erreichen.“⁵

Dieses Zitat offenbart den Handlungsgrundsatz von Toyota. *Kaizen* bedeutet so viel wie *das Streben nach kontinuierlicher Verbesserung* und ist das zentrale Anliegen, welches Toyota verfolgt.

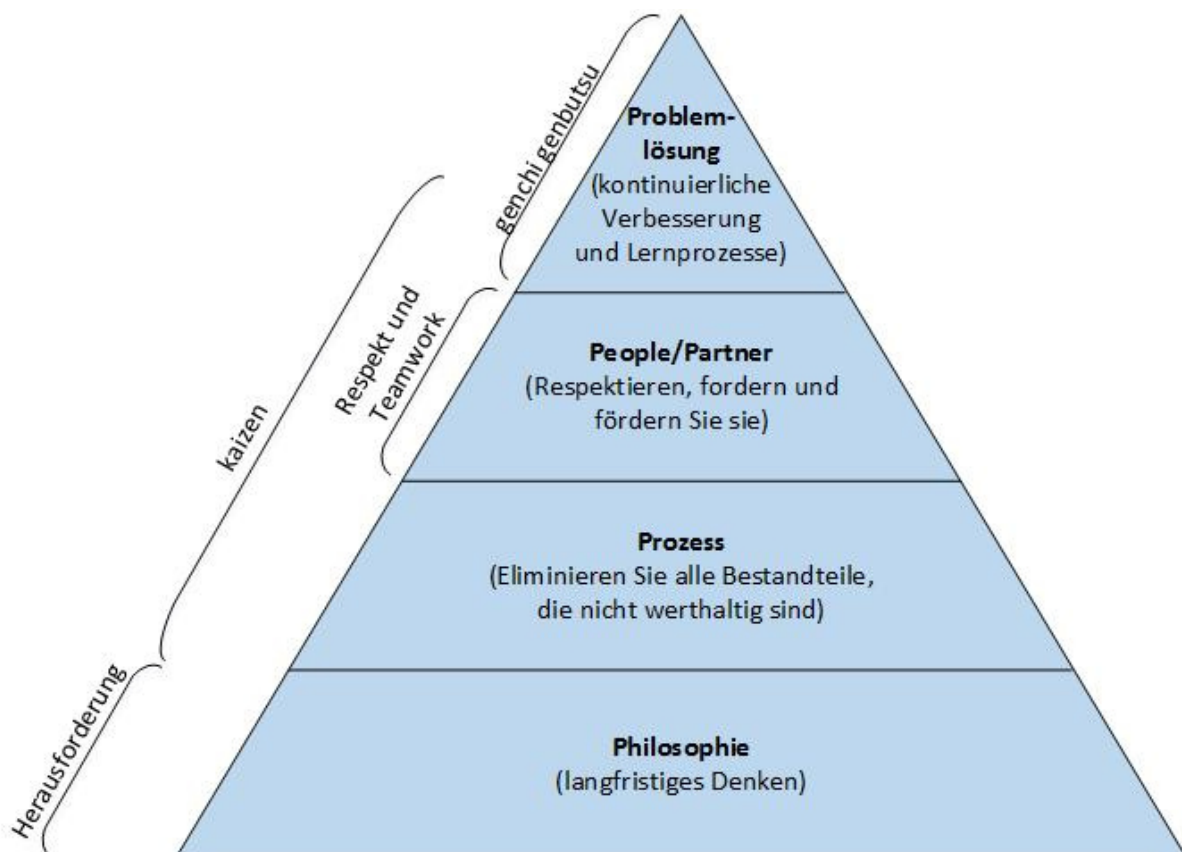


Abbildung 2-1: "4P" Modell nach Jeffrey K. Liker

Wie in Abbildung 2-1 ersichtlich, ist die Basis von Allem die Philosophie, d. h. die langfristige Ausrichtung des Unternehmens. Diese Philosophie ist seit der Gründung

⁵ Zitat von Fujio Cho aus „Der Toyota Weg“ von Jeffrey K. Liker - 2006

der Toyota Motor Company 1937 durch Toyoda Kiichirō unverändert und bietet das Fundament für die kontinuierliche Weiterentwicklung des Unternehmens.

2.1 Unterschiede zur westlichen Philosophie

Unter der Prämisse, dass die Philosophie eines Unternehmens in erster Instanz zunächst als eine Art Kultur betrachtet werden kann, folgt, dass die Mentalität der Mitarbeiter mit den jeweiligen Handlungsgrundsätzen und Regelwerken vereinbar sein muss.

Es mag klischeehaft anmuten, dennoch unterscheiden sich die Japaner in ihrem Wesen sehr deutlich von den westeuropäischen oder nordamerikanischen Menschen. Dieses soll keine Wertung darstellen, sondern ist lediglich eine Feststellung, welche den Schluss zulässt, dass beide kulturellen Gruppen eine andere Philosophie benötigen, welche auf die jeweiligen Eigenheiten eingeht.

Zu eben dieser Erkenntnis gelangte auch Toyota, als das Unternehmen nach Nordamerika expandierte, um dort Fahrzeuge für den nordamerikanischen Markt entwickeln und produzieren zu lassen. Toyota praktiziert eine sehr direkte Art Fehler anzusprechen und Kritik zu üben. In der japanischen Kultur ist das Ausüben von Selbstreflexion und Selbstkritik ein Zeichen von Stärke, Fehler werden offen diskutiert. Zudem übernimmt die betroffene Person die volle Verantwortung für ihr Handeln und sucht nach Möglichkeiten, ein erneutes Auftreten des Fehlers zu verhindern. In der westlichen Kultur hingegen wird das Eingeständnis etwas nicht richtig gemacht zu haben, oft als etwas Negatives gewertet. Sich einen Fehler einzugestehen kommt einer Schwäche gleich. Es wird zunächst versucht, den Fehler bei einer anderen Person und nicht bei sich selbst zu suchen. Diese unterschiedliche Auffassung von Kritik bzw. der Umgang mit dieser führte in den Anfangszeiten zu Problemen.

Lob ist sehr selten bei Toyota. Wenn keine oder nur sehr wenig Kritik geübt wird, ist es ein Zeichen dafür, dass die Arbeit zur vollsten Zufriedenheit erledigt wird. Kritik wird den Mitarbeitern entgegen gebracht, damit aus Fehlern ein Lerneffekt gezogen werden kann.

In der westlichen Kultur funktionierte diese Umgangsweise allerdings nicht. Die Mitarbeiter waren unzufrieden, da ihnen nach guter Arbeit kein Lob entgegen gebracht wurde, sondern sie sich zudem noch kritisieren lassen mussten. Diese Kritik wurde von den Mitarbeitern als negativ empfunden.

Wie an diesem Beispiel erkennbar, muss die Philosophie der Mitarbeiterführung zu den jeweiligen kulturellen Gegebenheiten passen. Im Zuge dieser Erkenntnis hat Toyota damit begonnen, auch die Führungspositionen mit Amerikanern zu besetzen. Mit Hilfe längerer Aufenthalte in Japan wurde ihnen die Unternehmensphilosophie und die japanische Kultur näher gebracht. Ziel des Ganzen war es, Führungspersönlichkeiten zu entwickeln, welche die Unternehmensphilosophie leben und dennoch die kulturellen Eigenheiten im Zusammenhang mit der Mitarbeiterführung mitbringen. Hierdurch wurde die Brücke dafür geschaffen, den *Toyota Weg* an die

vorherrschenden Bedingungen in Nordamerika anzupassen und somit einen individuellen Zweig zu schaffen.

In den Publikationen der Unternehmensziele gibt es ebenfalls große Unterschiede. Toyota nennt es den *Toyota Weg*, welcher auf fünf Grundprinzipien basiert und den Kern des Selbstverständnisses darstellt:

- Mut, Herausforderungen mit Kreativität zu begegnen: „**Challenge**“
- Kontinuierliche Optimierungsprozesse: „**Kaizen**“
- An die Basis zu gehen und so die richtigen Entscheidungen zu treffen: „**Genchi Genbutsu**“
- Aufrichtige Kommunikation und den Respekt gegenüber allen am Geschäft Beteiligten: „**Respect**“
- Besondere Leistung entsteht, wenn alle an einem Strang ziehen: „**Teamwork**“⁶

Diese Prinzipien stellen keine spezifischen Ziele dar. Sie sind zeitlos und initiieren das Streben nach kontinuierlicher Verbesserung und die Achtung vor dem Menschen.

Im Kontrast dazu stehen die Ziele der Ford Motor Company aus dem Jahr 2013:

Qualität:

Qualitätsverbesserungen sind unser tägliches Hauptaugenmerk bei Ford. Von der Entwicklung und Fertigung bis hin zum Verkauf und Service bemüht sich Ford die Zufriedenheit der Kunden zu steigern.

Sicherheit:

Wir haben ein langfristiges Zugeständnis gemacht, Neuerungen zu entwickeln und auf den Markt zu bringen, welche unsere Fahrzeuge für unsere Käufer und deren Familien sicherer machen.

Umwelt:

Fords Nachhaltigkeit geht weiter als die CO₂-Emissionen zu senken. Vom Wasserverbrauch bis hin zu den Rechten der Mitarbeiter haben wir Nachhaltigkeit zu einem zentralen Bestandteil unseres Unternehmens gemacht.

Innovation:

Innovationen sind das Herzstück unseres Unternehmens. Ford ist Vorreiter bei der umfassenden Nutzung von hochfestem Aluminium in Fahrzeugen für den breiten Markt und wird 2014 die erste Entwicklerkonferenz der Automobilbranche für vernetzte Fahrzeuge veranstalten.⁷

Diese Ziele sind weitaus spezifischer als jene von Toyota. Es handelt sich um konkrete Punkte, welche innerhalb der Entwicklung und im ganzen Unternehmen umgesetzt

⁶ Quelle: www.toyota.de zuletzt abgerufen am 22.08.2016

⁷ Übersetzt aus dem Englischen - Quelle: corporate.ford.com zuletzt abgerufen am 22.08.2016

werden sollen. Es steht nicht die Entwicklung des Unternehmens, sondern die des Produktes im Vordergrund.

Beim Vergleich fällt auf, dass Toyota sich auf das „Wie“ fokussiert, wohingegen sich Ford auf das „Was“ konzentriert. Der *Toyota Weg* lässt sich auf jedes Unternehmen und sogar auf den Menschen anwenden und dient der Verbesserung des Unternehmens bzw. des Menschen. Ford ist hingegen daran interessiert die Produkte zu verbessern und stellt dafür konkrete Ziele auf. Wie im weiteren Verlauf dieser Arbeit ersichtlich wird, ist es erstaunlich wie Toyota es schafft das Ziel zu erreichen obwohl der Fokus auf dem Weg liegt. Toyota vertraut darauf, dass der richtige Prozess die gewünschten Ergebnisse herbeiführt. Die Stichhaltigkeit dieser Einschätzung wurde in den letzten Jahrzehnten eindrucksvoll bewiesen.



Abbildung 2-2: Soziotechnisches System nach James M. Morgan & Jeffrey K. Liker

Abbildung 2-2 zeigt das soziotechnische System von Toyota. Vereinfacht ausgedrückt muss ein soziotechnisches System die richtige Mischung aus sozialen und technischen Strukturen finden, welche sowohl im Einklang mit den Unternehmenszielen, als auch den externen Bedingungen stehen.

Es ist ersichtlich, dass die drei unabhängigen Komponenten *Qualifizierte Mitarbeiter*, *Werkzeuge & Technologie* und *Prozess* interagieren, um das *Lean Product Development System* (dt. Schlankes Produktentwicklungssystem) zu bilden. Der Begriff „schlank“ bedeutet in diesem Kontext: So einfach und effizient wie möglich.

Die Prinzipien, welche hinter den drei Begrifflichkeiten stehen werden, nachfolgend angerissen. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden diese immer wieder aufgegriffen und tiefergehend erklärt.

An dieser Stelle soll nur darauf hingewiesen werden, dass Toyota in seinem Selbstverständnis die Wichtigkeit aller drei soziotechnischen Komponenten erkannt hat.

2.2 Prozessoptimierung durch konstante Verbesserung

Jeffrey K. Liker und James M. Morgan⁸ haben vier Handlungsgrundsätze formuliert, welche Toyota im Kontext der Prozessverbesserung anwendet.

Prinzip 1: „Definiere den Kundenmehrwert, um Wertschöpfung von Verschwendung unterscheiden zu können.“

Der Begriff Kundenmehrwert bezieht sich sowohl auf interne, als auch auf externe Kunden und zieht sich wie ein roter Faden durch das Unternehmen. Am Ende der Produktentwicklung muss ein Fahrzeug stehen, welches dem Kunden einen hohen Mehrwert bietet, um diesen zu einem Kauf zu animieren. Auf Grund dieser Tatsache betrachtet Toyota die gesamte Wertschöpfungskette aus Sicht des Kundenmehrwerts.

Ein einfaches Beispiel hierfür ist ein Fertigungsprozess. In der Fertigung kann vergleichsweise einfach zwischen Prozessen unterschieden werden, welche Mehrwert generieren und welche eine Form der Verschwendung darstellen. Das Bilden von großen Lagerbeständen beispielsweise ist eine Art der Verschwendung. Dieser Schritt generiert keinen Kundenmehrwert, verbraucht dennoch Ressourcen wie z. B. Lagerflächen und sollte somit auf ein Minimum reduziert werden. Das Lackieren hingegen ist ein wertschöpfender Prozess, da der Kunde das Fahrzeug in einer bestimmten Farbe wünscht.

Prinzip 2: „Setze den Fokus auf den Anfang des Entwicklungsprozesses, um viele verschiedene Lösungen detailliert zu erforschen, solange die Möglichkeiten noch vielfältig sind.“

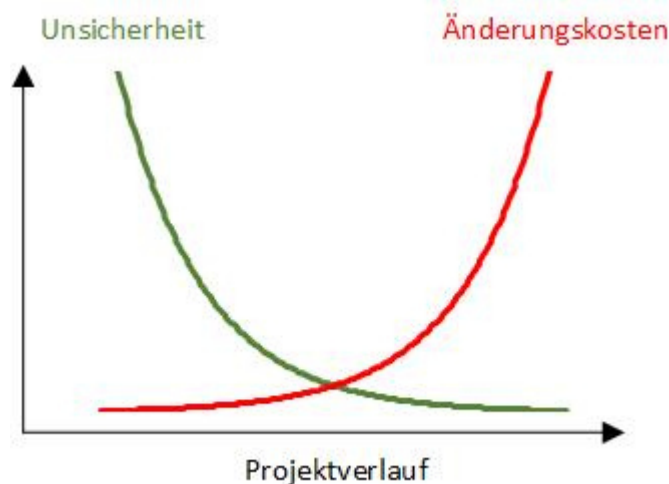


Abbildung 2-3: Änderungskosten und Unsicherheit im Projektverlauf

Die Bedeutung und der Hintergrund dieses Grundsatzes lassen sich an Hand von Abbildung 2-3 nachvollziehen.

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses ist das Wissen über die Alternativen und die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern noch sehr gering. Es herrscht eine sehr große Unsicherheit darüber, welches Lösungskonzept am besten geeignet ist und somit weiter verfolgt werden sollte. Diese Unsicherheit verschwindet im Laufe

⁸ Die 13 Prinzipien wurden aus dem Englischen übersetzt und stammen aus „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

des Projektes, da durch detaillierte Ausarbeitungen mehr Wissen erlangt wird. Dieses Wissen bezieht sich jedoch nur auf das eine Lösungskonzept, welches am Anfang des Projektes ausgewählt wurde und somit weiterverfolgt wird.

Konträr dazu steigen die Kosten für eine Änderung im Laufe des Projektes enorm an. Änderungen an Konzeptskizzen oder zu Beginn der Konkretisierung sind im Vergleich zu Änderungen kurz vor dem geplanten Produktionsbeginn mit sehr geringen Kosten verbunden.

Somit macht es Sinn dem Anfang des Entwicklungsprozesses eine besondere Bedeutung beizumessen, da hier über Erfolg oder Misserfolg des ganzen Projektes entschieden wird.

Prinzip 3: „Sorge für einen gleichmäßigen Produktentwicklungsprozess.“

Betrachtet man die Produktentwicklung als einen Prozess, so kann man erkennen, dass es in der Produktentwicklung Zyklen und sich wiederholende Aktivitäten gibt. Ziel ist es, diese Aktivitäten zu optimieren und für möglichst kurze Durchlaufzeiten zu sorgen. Dieses kann jedoch nur gelingen, wenn für eine gleichmäßige Auslastung aller Abteilungen gesorgt wird. Hierfür plant Toyota während der *Kentou-Phase* (Konzept- und Planungsphase am Anfang des Entwicklungsprozess) detaillierte Zeitpläne, welche im Verlauf des Projektes streng eingehalten werden. Auf Grund der Tatsache, dass diese Pläne sehr genau eingehalten werden, wird die zeitliche Variabilität auf ein Minimum reduziert. Dieses bedeutet im Umkehrschluss, dass jeder Abteilung bekannt ist, welche Aufgaben zu welchem Zeitpunkt erledigt werden müssen, da eine andere Abteilung auf diese Informationen wartet. Durch diese geringe zeitliche Variabilität sind sehr hohe Auslastungen der Abteilungen möglich, ohne Gefahr zu laufen, eine Abteilung über das Ressourcenlimit hinaus zu beanspruchen. Da Toyota die Ressourcen einer Abteilung in mehrere Projekte einbindet, sind Verzögerungen kritisch zu betrachten.

Auf der Ebene der einzelnen *Vehicle Development Center* existieren sogenannte *Planning Divisions*, welche mehrjährige Pläne für die Entwicklungszyklen erstellen, um für eine gleichmäßige Auslastung oberhalb der Projektebene zu sorgen. Dieses ist wichtig, da die benötigte Arbeitskraft während des Entwicklungsprozesses stark variiert und somit mehrere nebeneinander ablaufende Entwicklungen zeitlich koordiniert werden müssen, um eine gleichmäßige Auslastung zu erreichen.

Prinzip 4: „Verwende drastische Standardisierungsmaßnahmen, um Abweichungen zu minimieren und somit Flexibilität und vorhersehbare Resultate zu gewährleisten.“

Drastische Standardisierung und Flexibilität scheinen auf den ersten Blick gegenläufig zu agieren, dieses muss jedoch nicht zwangsläufig der Fall sein. Fahrzeugplattformen sind grundsätzlich nichts anderes als eine Standardisierung, um Komponenten für mehrere Fahrzeugtypen verwenden zu können. Zudem machen standardisierte Geometrien in Kombination mit standardisierten Produktionsprozessen zeit- aufwändige Computersimulationen oder teure Prototypen teilweise überflüssig.

Alle Entwicklungsingenieure bei Toyota erlernen in den ersten acht Jahren ihrer Anstellung dieselben Fähigkeiten und Kompetenzen. Dieses ist nicht nur für die Entwicklung der Ingenieure wichtig, sondern ermöglicht zudem flexible Einsatzmöglichkeiten, um eventuelle Ressourcenknappheit kompensieren zu können.

2.3 Die Rolle des Menschen im Unternehmen / Human Resource Management

Unverkennbar ist der Stellenwert des richtigen Prozesses sehr hoch. Der Erfolg der Entwicklung ist jedoch maßgeblich von den Mitarbeitern abhängig. Für ein Unternehmen ist es von höchster Bedeutung, hervorragend ausgebildete Menschen in einem System zu integrieren, in welchem sich dieses Potential vollkommen entfalten kann.

Prinzip 5: „Bilde ein Chief Engineer System aus, um die Entwicklung von Anfang bis Ende zu koordinieren.“

Auf Grund der hohen Komplexität bei der Entwicklung eines Automobils ist es notwendig, verschiedene Abteilungen innerhalb des Unternehmens in ein Projekt mit einzubinden. Daher ist es in vielen Unternehmen üblich, dass niemanden der genauen Projektstatus bekannt ist und es keine klaren Verantwortlichkeiten gibt. Um dieses zu vermeiden, hat Toyota den Posten des Chief Engineers geschaffen, welcher die Verantwortung des Projektes trägt.

Projektverantwortliche gibt es in fast jedem Unternehmen, die Rolle des Chief Engineers ist dennoch einzigartig. Es handelt sich um einen hervorragenden Ingenieur, welcher sich die Position durch herausragende Leistungen verdient hat und den vollsten Respekt der Mitarbeiter genießt. Der Chief Engineer begleitet das Projekt von Anfang bis Ende und ist die entscheidende Kraft bei technischen Entscheidungen. Im Unterschied zu den herkömmlichen Projektmanagern ist er weitestgehend von Bürokratie befreit. Er hat keinerlei Personalverantwortlichkeit, sondern kann sich ausschließlich um die technische Seite des Projektmanagements kümmern.

Prinzip 6: „Finde die richtige Balance zwischen objektorientierter und verrichtungsorientierter Organisationsstruktur.“

Die Entwicklung eines Automobils erfordert tiefgehendes technisches Wissen, aber auch die Zusammenarbeit mehrerer technischer Disziplinen. Bei einer verrichtungsorientierten Organisationsstruktur ist durch die technische Spezialisierung innerhalb einer Abteilung sehr viel Knowhow vorhanden. Des Weiteren können Herangehensweise und Technologie standardisiert werden und das Ressourcenmanagement ist einfacher. Der Nachteil ist, dass die Mitarbeiter in spezialisierten Abteilungen dazu tendieren, sich mehr mit ihrer Profession als mit dem Unternehmen zu identifizieren. Daraus resultieren Schwierigkeiten bei funktionsübergreifender Zusammenarbeit sowie der Kommunikation.

Eine objektorientierte Struktur hat den Vorteil, dass alle Mitarbeiter ein gemeinsames Ziel vor Augen haben. Des Weiteren sind kurze Kommunikationswege und

unterschiedliche Betrachtungsweisen von Vorteil. Nachteilig ist, dass technische Expertise verloren geht, sowie eine produktübergreifende Ressourcenverschwendung auftreten kann.

Der nächste Schritt ist, die Vorteile beider Organisationsstrukturen durch eine Matrixorganisation zu kombinieren, was in der Praxis jedoch nicht leicht umzusetzen ist. Das Problem bei einer Matrixorganisation ist, dass jeder Mitarbeiter zwei Vorgesetzte hat. Dieses führt zwangsläufig zu Konflikten, da keine klaren Verantwortlichkeiten vorhanden sind.

Diese Problematik hat Toyota mit dem *Chief Engineer System* umgangen. Für die Dauer des Projektes liegt zwar eine Matrixorganisation vor, die Verantwortlichkeiten sind dennoch klar festgelegt. Die Mitarbeiterverantwortung und die Verantwortung für das technische Wissen liegen bei dem Manager des Funktionsbereichs, wohingegen der Chief Engineer ausschließlich die Projektverantwortung trägt.

Prinzip 7: „Entwickle außerordentliche technische Kompetenz in allen Ingenieuren.“

Wie bereits erwähnt, ist die technische Kompetenz für eine erfolgreiche Produktentwicklung notwendig. Es gibt zwei unterschiedliche Wege diese in das Unternehmen zu holen. Viele Automobilhersteller stellen z. B. Master-Absolventen ein und setzen voraus, dass diese durch das Studium das notwendige Wissen und die notwendigen Fähigkeiten mitbringen. Zudem gibt es die vorherrschende Meinung, dass wenn junge Mitarbeiter nicht oft genug die Abteilung wechseln und somit breite Fähigkeiten erwerben, diese nicht engagiert genug agieren.

Toyota hat hier eine sehr unterschiedliche Sichtweise, in Bezug auf die Ausbildung von Ingenieuren. Technische Kompetenz wird nicht eingekauft, sondern über Jahre im Unternehmen erworben. Ingenieure bei Toyota lernen die ersten 10-12 Jahre ihrer Anstellung weiter, bevor sie befördert werden. Zu dem Erlernten gehören standardisierte Methoden und Herangehensweisen, aber auch die Arbeit nahe am Produkt. So arbeiten Fertigungsingenieure drei bis vier Monate in der Fertigung um die Abläufe und Prozessschritte zu verstehen. Zudem bekommt jeder neue Ingenieur einen Mentor, der ihn während seiner Ausbildung im Unternehmen begleitet und regelmäßig Evaluationen bezüglich der Entwicklung durchführt.

Mit diesem Verfahren stellt Toyota sicher, dass die Methoden und das Wissen im Unternehmen erhalten bleiben und jeder Mitarbeiter über eine ausreichende technische Basis verfügt.

Prinzip 8: „Integriere deine Zulieferer vollständig in die Produktentwicklung.“

Toyota bezieht mehr als 75% der Komponenten von Zuliefererfirmen.⁹ Dennoch stellt das Automobil ein Produkt dar, bei welchem die verschiedenen Komponenten in einem direkten Wirkzusammenhang stehen. Somit müssen diese perfekt zueinander passen und können nicht beliebig kombiniert werden.

⁹ „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

Toyota involviert ausgewählte Zulieferer von Anfang an in den Entwicklungsprozess und sieht diese als verlängerten Arm des Unternehmens. Zulieferer werden ebenso entwickelt wie Mitarbeiter. Sie erhalten zunächst kleine Aufträge. Werden diese zu der vollsten Zufriedenheit von Toyota bewältigt, steigen Größe und Umfang der Aufträge im Laufe der Zeit an. Wer einmal zum engen Unternehmenskreis gehört, wird nicht fallengelassen, nur weil ein anderer Zulieferer günstiger ist. In solchen Fällen steckt Toyota den Zulieferern anspruchsvolle Preisziele, unterstützt diese im Gegenzug aber auch bei deren Umsetzung. Des Weiteren gibt es Gastingenieurprogramme, bei denen Ingenieure von Zuliefererfirmen für zwei bis drei Jahre bei Toyota arbeiten und Erfahrung sammeln können.

Auch wenn Toyota sehr viele Komponenten von Zulieferern bezieht, ist es selbstverständlich, dass die dahinterstehenden Technologien auch unternehmensintern beherrscht werden müssen. So würde Toyota niemals eine neue Technologie von einem Zulieferer beziehen, welche von den Ingenieuren im eigenen Unternehmen nicht verstanden wird. Hierdurch wird sichergestellt, dass die technische Kompetenz unternehmensintern gewahrt wird und keine Abhängigkeiten nach außen entstehen.

Prinzip 9: „Erkenne den Stellenwert von Lernprozessen und kontinuierlicher Verbesserung.“

Der wohl größte Wettbewerbsvorteil den ein Unternehmen besitzen kann, ist die Fähigkeit effektiv zu lernen und sich stetig zu verbessern. In einem sich wandelnden Markt muss ein Unternehmen anpassungs- und lernfähig sein. Während explizites Wissen einfach gespeichert und erworben werden kann, ist es weitaus schwerer methodisches Wissen zu erwerben und im Unternehmen zu erhalten. Methodisches Wissen ist jedoch weitaus wichtiger, denn es beinhaltet die Herangehensweisen, die Problemlösungsmethoden und die gesammelten Erfahrungen aus früheren Projekten. Es wird im Unternehmen von Ingenieur zu Ingenieur weitergegeben und erfordert eine große Vertrauensbasis. Während der Ausbildung legt Toyota einen sehr großen Wert darauf, dass jeder Mitarbeiter dieses methodische Wissen erhält und anwendet.

Prinzip 10: „Lebe eine Kultur, welche herausragende Leistungen und unermüdliche Verbesserungen unterstützt.“

Damit die vorangegangenen Prinzipien funktionieren können, ist es essenziell, dass eine Unternehmenskultur vorherrscht, welche aus gemeinsamen Werten und Vorstellungen besteht und über Generationen durch alle Unternehmensebenen hinweg gelebt wird.

Es ist nicht einfach eine Kultur zu schaffen, denn diese befindet sich im Unterbewusstsein der Mitarbeiter. Eine Kultur muss sich entwickeln und kann nicht wie ein neues CAD-System hinzugekauft werden. Damit sich neue Mitarbeiter in eine Unternehmenskultur einfügen und diese später auch weitergeben können, muss diese von dem Unternehmensumfeld vorgelebt werden. Ebenso wie Toyota seine Mitarbeiter über Jahre in technischen Aspekten ausbildet, überträgt sich die Kultur über die Jahre der Anstellung auf die Mitarbeiter.

Toyotas Unternehmenskultur ist geprägt von einer disziplinierten Arbeitsmoral, ethischen Grundsätzen und Verantwortungsbewusstsein. Nur so können die genannten Methoden und Abläufe eingehalten werden und führen am Ende zu einem großartigen Produkt.

2.4 Effizientes Nutzen einfacher Methoden und Technologien

„The first rule of any technology used in a business is that automation applied to an efficient operation will magnify the efficiency. The second is that automation applied to an inefficient operation will magnify the inefficiency.“¹⁰

Getreu dem Zitat von Bill Gates sind neue Technologien, auch im Entwicklungsprozess, keine Wundermittel, sondern beschleunigen im besten Fall den Ablauf und unterstützen die Ingenieure. Daher gibt es einige Grundregeln, welche jedes Unternehmen bei dem Gebrauch von Technologien in der Entwicklung berücksichtigen sollte.

Prinzip 11: „Passe Methoden und Technologien so an, dass sie zu den Mitarbeitern und Prozessen passen.“

Viele Unternehmen sind auf der Suche nach bahnbrechenden Technologien, welche ihren Entwicklungsprozess von Grund auf revolutionieren. Diese Herangehensweise ist falsch, denn solche Technologien gibt es nicht und selbst wenn es sie gäbe, würden sie keinen Wettbewerbsvorteil darstellen, da jedes Unternehmen sie käuflich erwerben könnte.

Technologie bzw. Software wird bei Toyota in der Entwicklung als unterstützende Größe gesehen. CAD-Systeme beispielsweise ersetzen die Tätigkeit des Ingenieurs nicht, sie unterstützen und beschleunigen den Prozess. Beim Implementieren von neuen Tools muss darauf geachtet werden, dass sie zu dem Prozess passen, sich in das System einfügen lassen und den Prozess befähigen.

Toyota achtet darauf, dass neue Software parametrisch ist, sodass die Möglichkeit besteht, standardisierte Teile schnell verändern zu können. Andere Komponenten, welche von den Änderungen betroffen sind, werden im Zuge dessen ebenfalls angepasst und die betreffenden Ingenieure bekommen eine Nachricht bezüglich der Änderung. Zudem versucht Toyota seine gesamte Software in dem unternehmensinternen V-Comm System zu vereinigen, um einen zentralen Zugriffspunkt für alle Daten beizubehalten.

Prinzip 12: „Richte deine Organisation durch einfache visuelle Kommunikation aus.“

Der Informationsfluss während des Entwicklungsprozesses kann zuweilen schwierig und unübersichtlich sein. Dennoch ist es von immenser Bedeutung, dass alle notwendigen Informationen dort ankommen, wo sie benötigt werden.

¹⁰ Zitat von Bill Gates aus „Der Toyota Weg“ von Jeffrey K. Liker - 2006

An dieser Stelle wird Toyotas *A3 Methode* als Beispiel für visuelle Kommunikation angeführt. Der Name stammt von dem Papierformat und gibt die Größe des Kommunikationsmediums wieder. Treten beispielsweise Probleme auf, so verfasst der Ingenieur dazu einen standardisierten DIN A3-Bericht. Dieser enthält die Problemsituation, das zu erreichende Ziel, den Grund des Problems und mögliche Gegenmaßnahmen. Zudem werden Vorschläge eingebracht, auf welche Art diese Maßnahmen eingebracht werden können und wie der Erfolg, gleichbedeutend mit der Beseitigung des Problems, überprüft werden kann. Durch dieses handliche Format ist es möglich, alle benötigten Informationen übersichtlich darzustellen, sodass die Person, welche den Bericht erhält, sich schnell zurechtfindet.

Dieses ist ein Beispiel, welches illustriert, wie wichtig einfache visuelle Kommunikation ist. Wenn Informationen kurz, prägnant und übersichtlich präsentiert werden, fällt es dem Empfänger leichter, diese Information zu erfassen. Lange Dokumentationen, welche nicht den Kern der Sache treffen, helfen niemandem und sind zudem auch zeitlich betrachtet eine Verschwendung.

Prinzip 13: „Benutze wirksame Hilfsmittel für Standardisierung und organisationsbezogenes Lernen.“

Wie bereits zuvor erwähnt, ist methodisches Wissen der größte Wettbewerbsvorteil. Damit ein Unternehmen lernen kann, muss es die gesammelten Erfahrungen abspeichern und in darauf folgenden Projekten wiederverwenden. Ein Beispiel dafür sind sogenannte Kompromisskurven (eng. *Trade-Off Curves*), welche die Abhängigkeiten verschiedener Parameter zueinander darstellen. Beispielsweise kann die Beziehung zwischen der Krümmung der Motorhaube und dem Luftwiderstandswert auf einfache Weise festgehalten werden. Diese Kurve wird zentral im *V-Comm* gespeichert und kann jederzeit abgerufen werden.

Ein weiteres Beispiel, welches später erneut aufgegriffen wird, sind sogenannte Checklisten. Diese Checklisten gibt es sowohl für Komponenten, als auch für Prozesse. Sie erhalten das gesammelte Wissen aus vorherigen Entwicklungsprojekten. So können beispielsweise Informationen zu einem Produktionsprozess abgerufen werden. Hierbei sind Prozessschritte und damit verbundene Erfahrungen wie z. B. Qualitätsprobleme oder besondere Anforderungen gegeneinander aufgetragen. Dem Ingenieur ist somit von Anfang an bekannt, welche gestalterischen Aspekte oder andere Besonderheiten er während seiner Arbeit berücksichtigen muss.

2.5 Wie die Unternehmensphilosophie zur Qualität beiträgt

Wie zuvor dargestellt, bestimmt der Geist des Unternehmens maßgeblich die Einstellung und das Verhalten der Mitarbeiter im Berufsalltag. Sehr viele Unternehmen versuchen Teile von Toyota, wie beispielsweise das Produktionssystem, zu kopieren und sind verwundert, weshalb der Erfolg ausbleibt oder sogar negative Auswirkungen zu verzeichnen sind. Toyotas Erfolg ist jedoch nicht auf eine bestimmte Methode oder ein bestimmtes System zurückzuführen, sondern auf die nicht direkt sichtbare Unternehmensphilosophie. Alle angewandten Methoden und erkennbaren Strukturen sind lediglich das Resultat einer konsequent gelebten Philosophie.

Das langfristige Ausrichten der Unternehmensphilosophie ist von höchster Bedeutung für langfristigen Erfolg, auch wenn in Folge dessen kurzfristige Ziele zurückgeschraubt werden müssen. Viele Unternehmen haben nicht das Vertrauen, dass das Zurückstellen direkter Ziele zu langfristigem Erfolg führen kann und setzen den Fokus somit nicht auf eine langfristige Ausrichtung. Das Schaffen einer lernenden Organisation geschieht jedoch nicht innerhalb einer Woche oder eines Monats. Es dauert Jahre und erfordert gelebtes *kaizen*, um Nachhaltigkeit und dauerhaften Erfolg zu etablieren. Bei Eintreten des Erfolgs dürfen die Grundprinzipien und die harte Arbeit nicht verworfen werden. Vielmehr erfordert es ebenso viel Engagement den Erfolg zu behalten, wie es Engagement gefordert hat ihn zu erreichen. Diese Sichtweise hat das Unternehmen dorthin gebracht, wo es heute steht und sorgt dafür, dass Toyota auch aus Krisen wieder hervorgehen und sich an wandelnde Märkte anpassen kann.

Ein zweiter wichtiger Punkt, der eng mit der Philosophie zusammenhängt, ist die unermüdliche Suche nach Perfektion. Dieses ist eng mit der japanischen Erziehung und Lebensweise verknüpft und führt dazu, dass sich die Mitarbeiter stetig verbessern möchten. Probleme werden als Herausforderung angesehen und diszipliniert mit Hilfe von im Unternehmen gelebten Methoden und Techniken gelöst. Diese Verhaltensweise ist eine nie endende Reise und sorgt dafür, dass das Unternehmen durch seine Mitarbeiter ständig lernen kann und somit wie ein lebender Organismus wächst.

Ebenfalls zu erwähnen ist der Kundenfokus. Letztlich entscheidet der Kunde über Erfolg oder Misserfolg eines Produktes. Dahingehend betrachtet Toyota alle Schritte in der Entwicklung aus Kundensicht und der Chief Engineer ist vereinfacht gesagt die *Stimme des Kunden* im Entwicklungsprozess. Somit wird sichergestellt, dass das Automobil nicht nur technisch auf höchstem Niveau ist, sondern auch den Kundenanforderungen entspricht, um am Markt erfolgreich sein zu können.

Des Weiteren vertraut Toyota darauf, dass der richtige Prozess zwangsläufig zu den richtigen Ergebnissen führen wird. Fließende Prozesse sorgen für niedrige Kosten und schnelle Abläufe, standardisierte Entwicklungsmethoden sorgen für ein hohes Maß an Sicherheit und Qualität, ohne dabei ständig explizit prüfen zu müssen. Durch jahrzehntelange Verbesserung der Prozesse und Methoden benötigt Toyota nur sehr wenig explizite Qualitätssicherungsverfahren. Unternehmen, welche laufend die Qualität ihrer Produkte prüfen müssen, haben es nicht verstanden, Problemursachen effektiv an der Quelle zu eliminieren. Wer ständig prüfen muss, traut seiner eigenen

Arbeit nicht und versucht durch ständiges Prüfen Qualität zu gewährleisten. Dieses ist sehr zeitaufwendig und deutet auf mangelnde Kompetenz im Unternehmen hin.

Unternehmen, welche den gleichen Erfolg wie Toyota erreichen möchten, sollten auch dementsprechend handeln. Diese Unternehmen müssen sich darauf einstellen, einen langen und nicht immer einfachen Weg zu gehen, um passende Systeme und Prozesse zu entwickeln und stetig zu verbessern. Zunächst müssen Denkmuster verändert werden und persönliche Ziele einzelner Mitarbeiter zum Wohl des Unternehmens ausgeblendet werden. Dieses betrifft z. B. kurzfristige Gewinnziele, nach denen Manager in hohen Positionen in westlichen Unternehmen oft bemessen werden.

Das Schaffen einer Kultur, welche selbstverständlich gelebt und nicht explizit erwähnt wird, ist die Basis des Unternehmenserfolgs. Diese Kultur muss die Mitarbeiter dazu befähigen, sich weiterzuentwickeln und gemeinsam auf Unternehmensziele hin zu arbeiten. Hierbei sind insbesondere Führungspersönlichkeiten gefragt, welche diese Kultur leben und somit die Angestellten dazu animieren, sich selbst zu fordern. Die Mitarbeiter müssen sich mit dem Unternehmen identifizieren können und ein langfristiges Ziel vor Augen haben, welches sie stetig antreibt. Das Aufbauen einer solchen Kultur ist ein langwieriger Prozess, etabliert aber langfristigen Erfolg in einem Unternehmen.

3 Die Relevanz der richtigen Produktarchitektur

Die Zeiten in denen neue Produkte von einzelnen Personen entwickelt werden konnten sind lange vorbei. Heutzutage und besonders im Kontext mit hoch komplexen Produkten, wie dem Automobil, ist dies nicht mehr möglich. An der Entwicklung eines Automobils arbeiten mehrere hundert Ingenieure gleichzeitig, was einen dementsprechend hohen koordinativen Aufwand erfordert. Um die Herausforderung der Produktentwicklung genauer betrachten zu können, werden zunächst die unterschiedlichen Typen von Produktarchitekturen definiert.

3.1 Die Produktarchitektur als wegweisende Größe

Wie aus Abbildung 3-1 ersichtlich, wird zwischen drei verschiedenen Produkttypen unterschieden. Je nachdem ob direkte Funktionszusammenhänge zwischen einzelnen Komponenten bestehen, wird zwischen modularen (weitestgehend unabhängig) und integralen (starke Abhängigkeit) Produkten unterschieden. Produkte wie beispielsweise Legosteine sind beliebig mit einander kombinierbar und daher modular. Bei einem Automobil hingegen herrschen starke Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten vor. Nicht jede Komponente kann gegen eine andere ausgetauscht werden, ohne Auswirkungen auf das gesamte System zu induzieren.

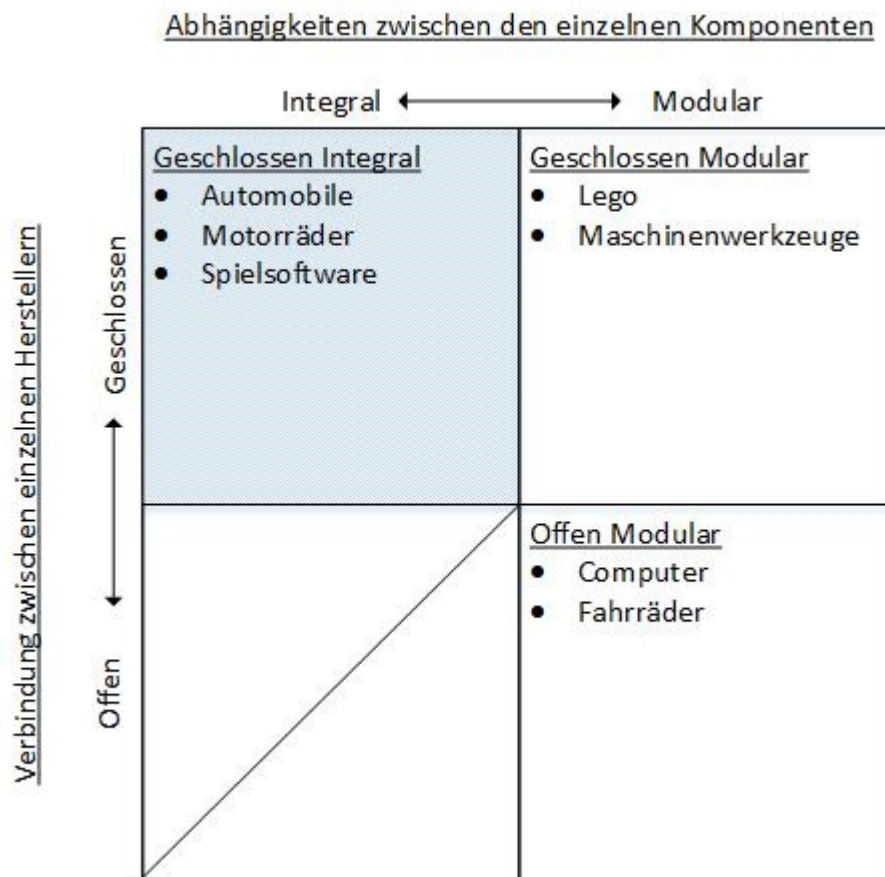


Abbildung 3-1: Unterschiedliche Produktarchitekturen nach Takahiro Fujimoto

Abbildung 3-2 stellt die Unterschiede zwischen modularer und integraler Architektur dar.

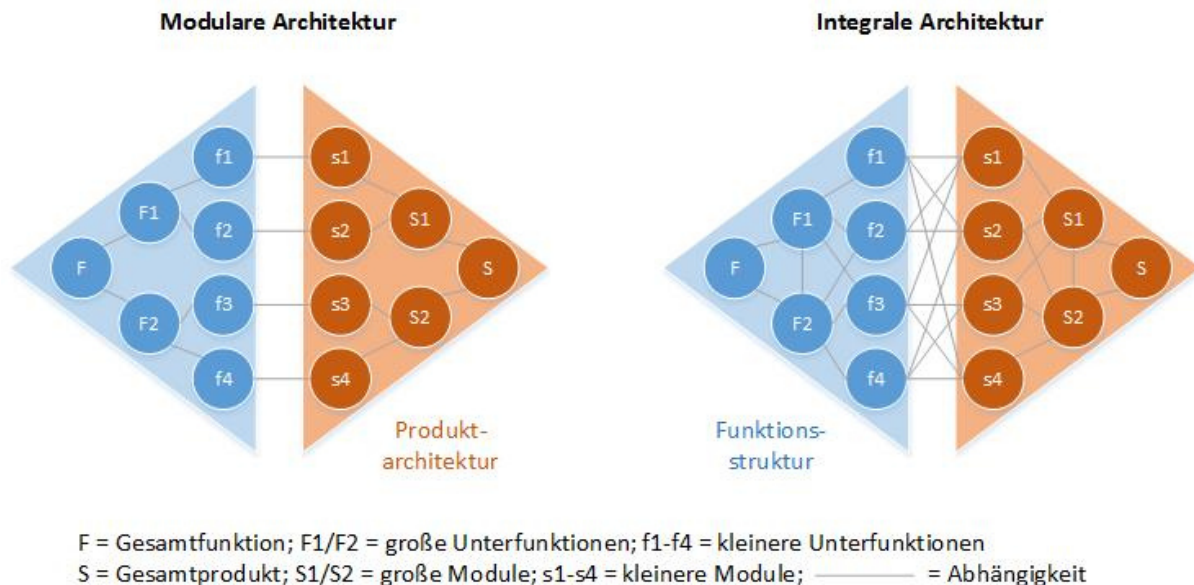


Abbildung 3-2: Modulare und Integrale Architekturen nach Takahiro Fujimoto

Das zweite Unterscheidungsmerkmal ist die Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit über verschiedene Hersteller hinweg. Bei Computern können in den allermeisten Fällen Komponenten verschiedener Hersteller zu einem funktionierenden Endprodukt kombiniert werden. Bei einem Automobil hingegen ist es nicht möglich einen Scheinwerfer des Herstellers BMW in ein Fahrzeug von Toyota einzubauen.

Mit der Definition des geschlossen integralen Produktes wird deutlich, welchen koordinativen Aufwand ein Unternehmen wie beispielsweise Toyota bewältigen muss. Der grundlegendste und wichtigste Schritt, welcher Konsequenzen für alles Folgende hat, ist somit die Produktarchitektur. Die Architektur beeinflusst in direkter Weise den Entwicklungsprozess und die notwendigen Unternehmensstrukturen für eine erfolgreiche Entwicklung. Gokpinar, Hopp und Iravani fanden heraus, dass eine falsche Kombination von Entwicklungsorganisation und Produktarchitektur zu Qualitätseinbußen führt.¹¹ Um die Komplexität des Produktes nicht vollständig in den Entwicklungsprozess übernehmen zu müssen und dennoch ein breites Angebot für den Kunden zu realisieren, verwenden sehr viele Firmen, darunter auch Toyota, Modulstrategien.

Wie in Abbildung 3-3 dargestellt, gibt es verschieden starke Ausprägungen von Modularisierungsstrategien. Die Anfänge der Modularisierung in der Automobilindustrie wurden durch sogenannte Plattformen eingeleitet. Plattformen beinhalten die *Eingeweide*¹² eines Automobils. Dazu gehören mechanische

¹¹ „The Impact of Misalignment of Organization Structure and Product Architecture on Quality in Complex Product Development“ von Bilal Gokpinar, Wallace J. Hopp & Seyed M. R. Iravani - 2009

¹² Original: „guts“ aus „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

Kernkomponenten wie Motor, Antriebsstrang und Achsen, aber auch Strukturen im Front- und Heckbereich, sowie Bremsen und elektrische Bauteile.

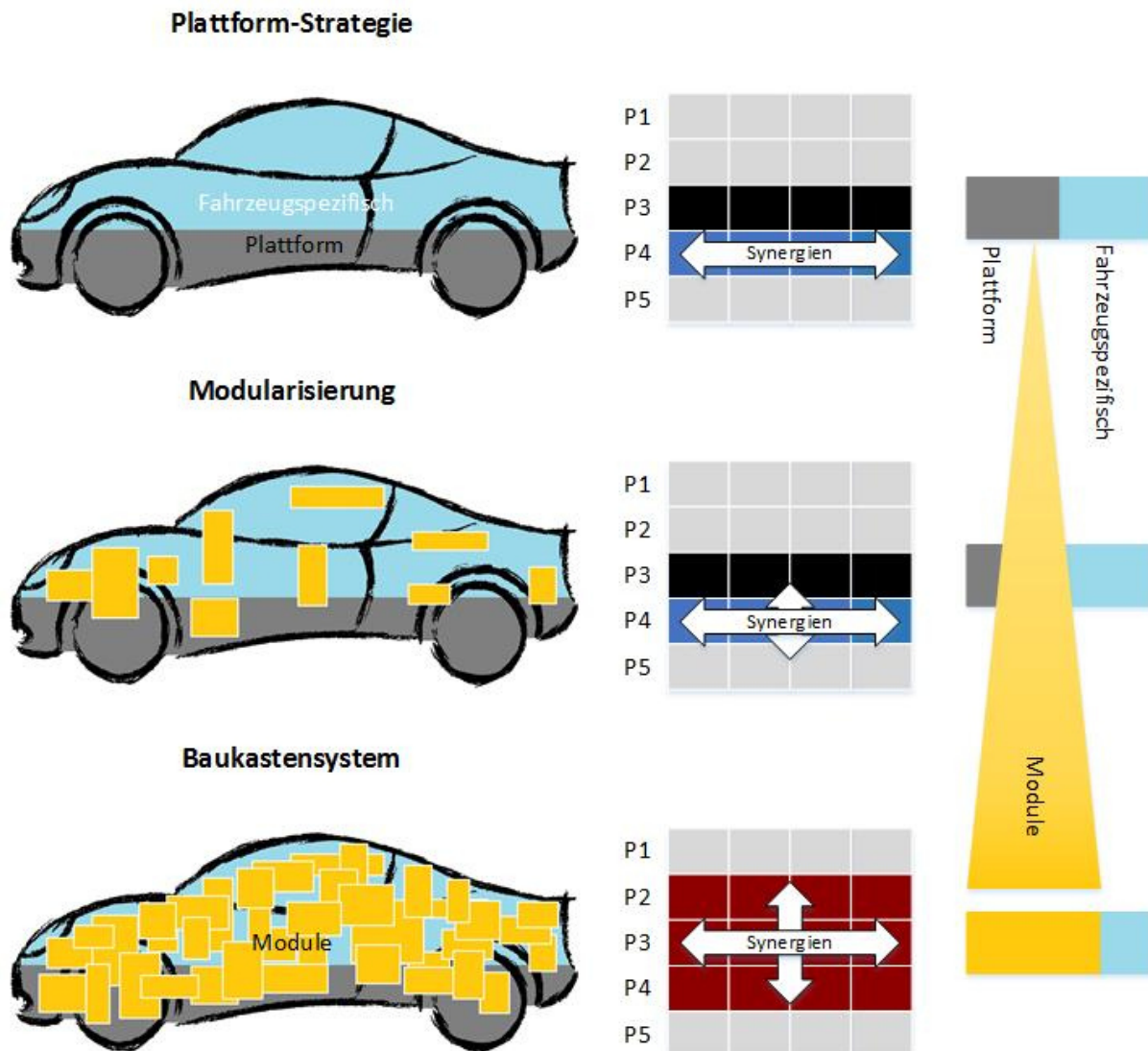


Abbildung 3-3: Modularisierungsstrategien nach Franz-Rudolf Esch

Ziel von Plattformstrategien ist es, Skaleneffekte zu generieren, sodass Entwicklungs- und Fertigungskosten durch eine breite Verwendung über mehrere Fahrzeugmodelle verteilt werden können. Die für den Kunden sichtbaren Komponenten sind zumeist fahrzeugspezifisch, sodass eine breite Produktpalette mit einem Minimum an verschiedenen Komponenten realisierbar ist. Beim Vergleich der Modelle VW *Sharan*, Seat *Alhambra* und Ford *Galaxy* mit dem Modelljahr 1997 sind die Unterschiede zwischen den Modellen der verschiedenen Fahrzeughersteller nur am Preis und dem Firmenlogo erkennbar.¹³

Während die Plattformstrategie streng genommen nur zwei Module beinhaltet, sind es bei der Modulstrategie weitaus mehr. Diese Module sind teilweise modellabhängig, in vielen Fällen jedoch auch modellübergreifend. Ziel dieser Strategie ist es, dem Kunden einen hohen Individualisierungsgrad bieten zu können, ohne dass die Entwicklungs-

¹³ "Strategie und Technik des Automobilmarketing" von Franz-Rudolf Esch - 2013

und Fertigungskosten auf Grund der hohen Variantenvielfalt stark zunehmen. Module sind einzelne Baugruppen des Fahrzeugs und können unabhängig vom Fahrzeug entwickelt werden. Als Modul wird in der Automobilindustrie ein eigenständig entwickeltes, getestetes und produziertes Untersystem verstanden, welches eine oder mehrere Funktionen erfüllt und erst in der Endmontage zu dem Fahrzeug findet. Die Integrierbarkeit in das Fahrzeug wird über standardisierte Schnittstellen gewährleistet.

Zumeist sind diese standardisierten Schnittstellen innerhalb eines Plattformsystems gleich, sodass die Module in vielen Fällen über mehrere Fahrzeuge der gleichen Plattform verwendet werden können.

Der derzeit letzte Schritt um dem Kundenwunsch nach mehr Individualisierung gerecht werden zu können, ist die sogenannte Baukastenstrategie. Volkswagen plant langfristig, mehr als 40 Modelle markenübergreifend innerhalb des Konzerns auf dem *modularen Querbaukasten* (MQB) zu produzieren.¹⁴ Diese hochflexible Fahrzeugarchitektur ermöglicht es Radstand, Spurbreite und Sitzposition zu variieren, Größen, welche bei plattformbasierten Fahrzeugen fixiert sind.

Toyota verwendet eine Modulstrategie, welche auf mehreren verschiedenen Plattformen aufbaut. Mit dieser Herangehensweise gehen weitere Punkte, wie beispielsweise die Organisationsstruktur des Unternehmens oder die Möglichkeiten im Entwicklungsprozess, einher. Die Produktarchitektur gibt vor, welche Komponenten in welchen Fahrzeugmodellen verwendet werden können und welche Standardisierungen bei der Entwicklung zu beachten sind.

Eine Marktanalyse des Finanzdienstleistungsunternehmens Credit Suisse aus dem Jahr 2013 legt die verschiedenen Plattformen Toyotas und die darauf aufbauenden Modelle offen.¹⁵

Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Plattformen. Ein Großteil aller Modelle baut auf sieben verschiedenen Plattformen auf. Zudem gibt es für einige Modelle Sonderplattformen, auf welche an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen wird.

Wie unterschiedlich Modelle trotz gemeinsamer Plattform sein können, lässt sich anhand der Modelle *Auris* und *Vellfire* verdeutlichen, welche beide auf der *New MC Plattform* basieren. Optisch sind keinerlei Gemeinsamkeiten erkennbar. Bei dem *Auris* handelt es sich um einen Kompaktwagen, wohingegen der *Vellfire* in das Segment der Luxus-Minivans einzuordnen ist. Genau das ist es, was Toyota mit seiner modularisierten Plattformstrategie beabsichtigt.

¹⁴ Quelle: <http://www.volkswagenag.com> zuletzt abgerufen am 22.08.2016

¹⁵ „Opportunities and risks related to parts sourcing for next-gen Prius“; Credit Suisse - 2013

| Plattform | Volumen (Japan) | Modelle |
|-----------|-----------------|---|
| MPC | 100.000 | Passo, bB |
| B | 400.000 | Vitz, ist, Aqua, Belta, Ractis, Sienta |
| NBC | 50.000 | Succeed Wagon, Probox Wagon |
| MC | 450.000 | Corolla Fielder, Corolla Axio, Premio, Allion, Wish, Isis |
| New MC | 1.000.000 | Rav4, Auris, Corolla Rumion, CT, Blade, Vanguard, HS, Prius, Prius PHV, Avensis, Sai, Prius α, MarkX Zion, Estima, Estima HV, Vellfire, Alphard |
| K | 50.000 | Harrier, Herrier HV, RX, Camry |
| N | 75.000 | IS, MarkX, Crown Royal Saloon, Crown Athlete, Crown HV, Crown Majesta, LS |
| New N | - | GS |
| Specific | - | iQ, Noah, Voxy, LFA, 86, Century, Crown Sedan |
| Frame | - | FJ Cruiser, Land Cruiser, Land Cruiser Prado, Rush |
| Specific | - | LFA |
| Specific | - | 86 |
| Specific | - | Century |

Tabelle 3-1: Toyotas Plattformen und die dazugehörigen Modelle - Quelle: Credit Suisse

Der Kunde fordert ein integrales Erscheinungsbild des Automobils. Ein Fahrzeug, welches keinen optisch stimmigen Gesamteindruck erweckt, sondern aussieht als wäre es eine wahllose Kombination mehrerer Bauteile, wäre höchstwahrscheinlich sehr schwer verkäuflich. Diese Anforderung alleine wäre jedoch auch mit einer integralen Produktarchitektur zu marktkonformen Preisen realisierbar. Doch die Prämisse „*Any customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black.*“¹⁶ (übersetzt: „Jeder Kunde kann sein Fahrzeug in seiner Wunschfarbe haben, solange diese Farbe schwarz ist.“), welche damals im Zusammenhang mit der Massenproduktion einherging, wäre in der heutigen Zeit undenkbar. Genau an dieser Stelle findet sich die zweite Anforderung: Die Individualisierung. Der Käufer möchte sein Fahrzeug aus einer breiten Fahrzeugpalette, z. B. Limousine, SUV oder Sportwagen wählen und es anschließend nach seinen Wünschen individuell gestalten können. So wurden bereits im Jahr 1999 mehr als 50 % der Fahrzeuge bei Toyota nach individuellen Kundenwünschen gefertigt.¹⁷

Die zweite Kundenanforderung hat sich im Verlauf der letzten Jahre bzw. Jahrzehnte, auch im Zusammenhang mit dem Internet und den Online-Konfiguratoren der

¹⁶ Henry Ford 1909 als Anmerkung zu dem Ford Modell T

¹⁷ „Produktwechsel als Problem im Konzept der Mass Customization“ von Michael Slamanig - 2011

verschiedenen Automobilhersteller ergeben. Derzeit sorgt sie für einen Wandel der Automobilbranche in Richtung Baukastensysteme.¹⁸

Wie in späteren Kapiteln eingehend erläutert wird, fällt es Toyota im Vergleich zu anderen Herstellern der Branche, wie beispielsweise Ford oder GM, schwer, Vertrauen in vollständiges Modularisieren und das vollständige Outsourcing an Zulieferer zu gewinnen, da die Befürchtung besteht, dass immer tieferes Modularisieren mit Qualitätsproblemen einhergeht.¹⁹

Auch wenn der genaue Aufbau des Fahrzeuges und die einzelnen Module bzw. Untersysteme und deren Zusammenspiel Firmengeheimnisse darstellen, kann doch festgehalten werden, dass Toyota mit seiner plattformbasierten Architektur und einem relativ niedrigen Grad an Modularisierung im Vergleich zu anderen Wettbewerbern arbeitet. Toyotas Top 3 Motoren werden in 57,6 % der Fahrzeuge verwendet, was im Vergleich zu Volkswagen mit über 90 % relativ niedrig ist. Ein weiterer Unterschied ist, dass Toyota Interieur und Exterieur, basierend nach regionalen Gegebenheiten, gestaltet. So werden vermeintlich gleiche Modelle an die Charakteristiken der jeweiligen Länder angepasst, um die Produkte weiter zu differenzieren.²⁰

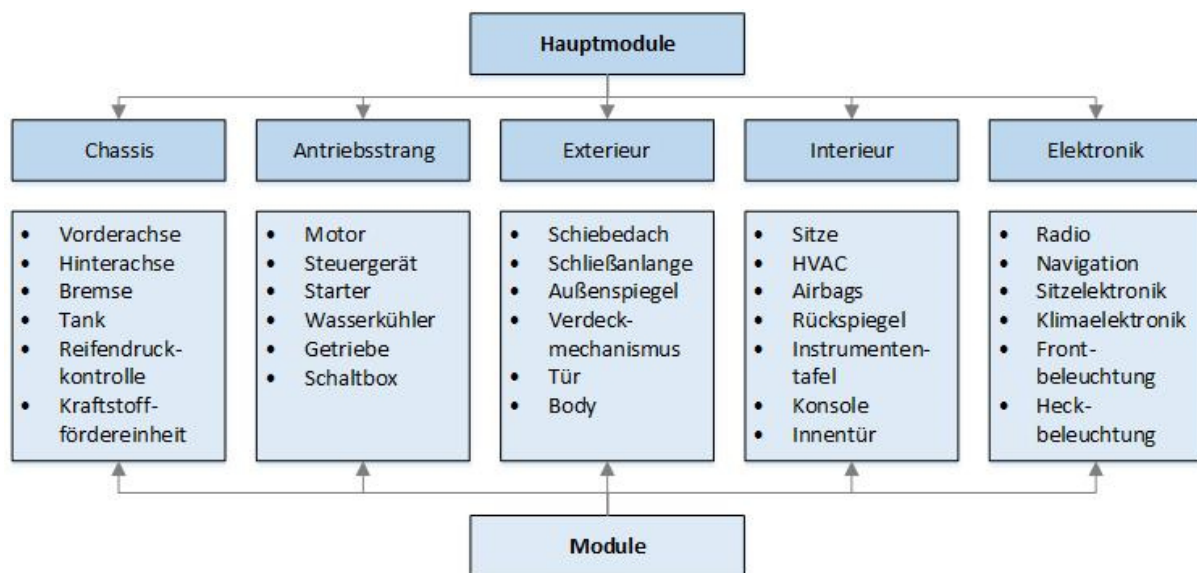


Abbildung 3-4: Modulstruktur - nach Mathias Hüttenrauch & Markus Baum

Der Vorteil aus dem Zusammenspiel von Plattformen und Modulen besteht darin, dass Module im Vergleich zu Plattformen einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unterliegen und somit die Marktzyklen der Module von denen der Fahrzeuge entkoppelt werden können.²¹ Dadurch kann das Innovationspotential des Unternehmens auf die Weiterentwicklung der Module konzentriert werden. Hierdurch

¹⁸ www.manager-magazin.de – Artikel: „Adieu, Plattformstrategie“ zuletzt abgerufen am 22.08.2016

¹⁹ „Modularity-as-Property, Modularity-as-Process, and Modularity-as-Frame: Lessons from product architecture initiatives in the global automotive industry“ von John Paul MacDuffie aus dem Global Strategy Journal 2013

²⁰ „Observations on TNGA: How will Toyota’s plans to make better cars affect suppliers“; Credit Suisse - 2012

²¹ Vgl.: „Produktwechsel als Problem im Konzept der Mass Customization“ von Michael Slamanig - 2010

wird ein größerer Mehrwert generiert, da die Module in mehreren Fahrzeugen verwendet werden können. Abbildung 3-4 zeigt eine typische Gliederung der Modulstruktur auf.

Im Gegensatz dazu verändern sich Plattformen nur sehr langsam. Bei Toyota werden Plattformen bis zu 15 Jahre lang benutzt, was mit den sehr hohen Entwicklungskosten zu begründen ist.²²

Zum besseren Verständnis, weshalb es nicht möglich ist Funktionsgruppen und Bauteile exklusiv für ein Fahrzeugmodell zu verwenden, kann die Größenordnung betrachtet werden, in der sich die Anzahl an Komponenten bewegt. Eine Studie über einen US-amerikanischen Automobilhersteller spricht von 243 Untersystemen und ungefähr 150.000 Einzelteilen.²³ Auch wenn diese Werte selbstverständlich innerhalb der Branche variieren, so geben sie doch einen guten Anhaltspunkt über die Komplexität eines Automobils.

3.2 Entkoppeln des Entwicklungsprozesses durch Modularisierung

Im vorherigen Abschnitt wurde der Status der Produktarchitektur als wegweisende Größe für Prozesse und Strukturen aufgezeigt, sowie die Vorteile von Modulen beispielsweise in Bezug auf Kostenersparnisse. Ein weiterer sehr interessanter und womöglich der wichtigste Aspekt der Modularisierung ist, dass technische Weiterentwicklungen vom kritischen Pfad der Fahrzeugentwicklung separiert werden können.

Kopenhagen beschreibt eine von dem Fahrzeugkonzept unabhängige Modulentwicklung. Module mit einem hohen Innovationsgrad werden vorgeschaltet entwickelt, geprüft und in einem *Regal* für die spätere Verwendung bereitgestellt. Die Module aus dieser *Regalentwicklung* können anschließend je nach Bedarf in Fahrzeugentwicklungen integriert und entsprechend angepasst werden.²⁴ Diese Vorentwicklung von Komponenten und Subsystemen, mit dem Ziel kosten- und zeitintensive Sonderentwicklungen und Verzögerungen der Fahrzeugentwicklung zu vermeiden, wird von Sommerlatte bestätigt.²⁵

Morgan und Liker sprechen von einem *Component and System Development Center*, welches eine Zentralisierung der Komponenten- und Kernsystementwicklung für verschiedene Plattformen darstellt.²⁶ Ob es sich bei der Vorentwicklung um Konzepte oder vollständig auskonstruierte Komponenten handelt, geht aus dieser Beschreibung nicht hervor.

²² „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

²³ „The Impact of Misalignment of Organization Structure and Product Architecture on Quality in Complex Product Development“ von Bilal Gokpinar, Wallace J. Hopp & Seyed M. R. Iravani - 2009

²⁴ „Modulare Produktarchitekturen – Komplexitätsmanagement in der frühen Phase der Produktentwicklung“ von Frank Kopenhagen aus „Komplexitätsmanagement in Unternehmen“; Hrsg.: K.-P. Schoeneberg - 2014

²⁵ „Handbuch der Mittelstandsberatung“ von Tom Sommerlatte - 2008

²⁶ „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

Diese Lücke füllen Cusumano und Nobeoka mit ihrer Beschreibung des Organisationsstrukturwechsels im Jahr 1993. Aus der einstigen *RAD Group* (Research and Development Group) entstand das sogenannte *Center 4*, auch *Component and System Center* genannt.²⁷ Während die *RAD Group* ausschließlich fahrzeugunabhängig arbeitete, deckt das neue *Center 4* zudem die Entwicklung von projektbezogenen Komponenten und Subsystemen ab. Des Weiteren existiert für die Forschung und grundlegende Entwicklungen die *Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.*, welche ausschließlich fahrzeugunabhängig arbeitet. Dieser Darstellung folgt Yasuyuki Motoyama in seinem Buch *Global Companies, Local Innovations*.²⁸ Detaillierte Beschreibungen zu den Verantwortlichkeiten und Aufgabengebieten der einzelnen Unternehmensbestandteile folgen in Kapitel 4.

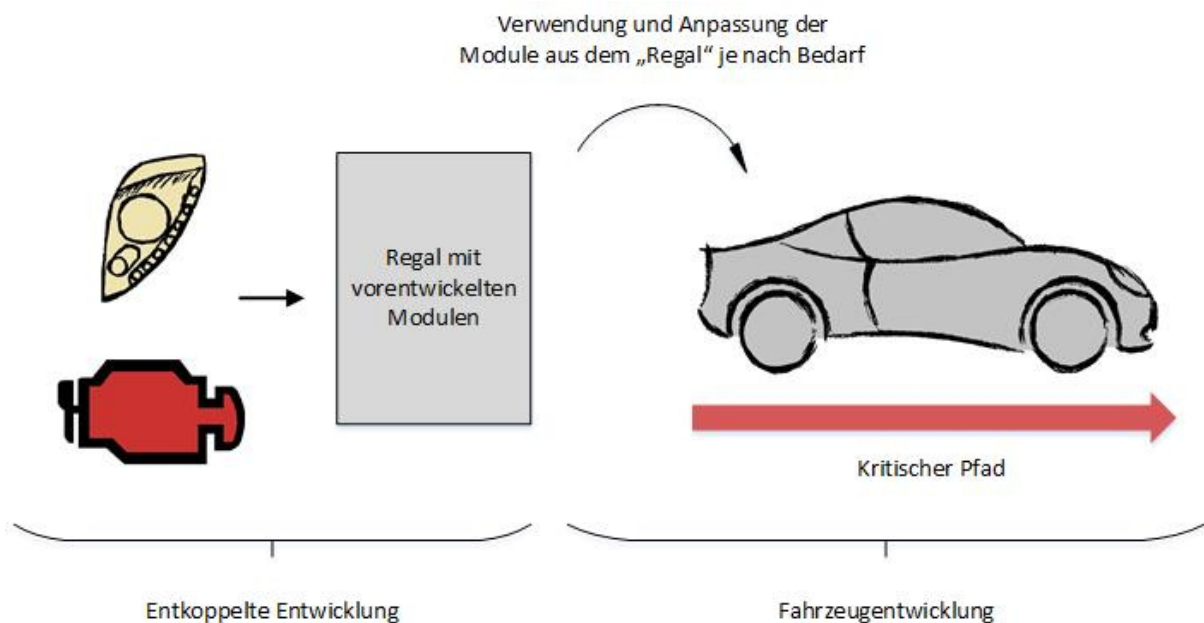


Abbildung 3-5: Die entkoppelte Entwicklung

Abbildung 3-5 verdeutlicht die Vorteile der vorgelagerten Modulentwicklung. Technisch innovative bzw. für Toyota neuartige Module können außerhalb des kritischen Pfades des Fahrzeugprojektes konstruiert und getestet werden. Unvorhergesehene Schwierigkeiten im Umgang mit neuen Technologien, welche häufig im Zusammenhang mit Neuerungen auftreten, beeinflussen den Zeitplan der Produktenwicklung somit nicht. Des Weiteren können vorentwickelte Module mit kleinen Veränderungen nicht nur über mehrere Fahrzeuge einer Plattform, sondern auch plattformübergreifend verwendet werden.

Unumgänglich ist eine projektunabhängige Entwicklung zudem für sehr zeitaufwändige Entwicklungen, wie z. B. Motoren. Die Entwicklung eines neuen Motors benötigt sechs bis acht Jahre²⁹ und ist dadurch nicht im Rahmen eines

²⁷ „Thinking Beyond Lean“ von Michael A. Cusumano & Kentarō Nobeoka - 1998

²⁸ „Global Companies, Local Innovations“ von Yasuyuki Motoyama - 2012

²⁹ „Thinking Beyond Lean“ von Michael A. Cusumano & Kentarō Nobeoka - 1998

Entwicklungszyklus möglich, welcher bei Toyota ungefähr 15 Monate in Anspruch nimmt (Styling Freeze bis Produktionsstart).³⁰

Hervorzuheben ist zudem, dass mit dieser Strukturierung das Innovationspotential des Unternehmens unabhängig von dem entwicklungstechnischen Alltagsgeschäfts auf die einzelnen Subsysteme konzentriert werden kann. Dadurch, dass die Entwicklungszyklen von Technologie und Fahrzeugen nicht mehr gekoppelt sind, können Innovationen zu dem für das Unternehmen optimalen Zeitpunkt in den Markt eingebracht werden.

3.3 Konservative Herangehensweise der Produktüberarbeitung

Toyota ist als ein sehr konservatives Unternehmen bekannt, was am Styling der Modelle bis hin zur Veränderung von Vorgehensweisen und Traditionen zu erkennen ist. Der Ruf eines konservativen Unternehmens in der Automobilbranche mag auf den ersten Blick negativ erscheinen, bei genauerem Hinsehen kann diese konservative Einstellung jedoch Innovationen befähigen. Wie in Kapitel 5 beschrieben, besteht der Entwicklungsprozess aus sehr vielen Routinearbeiten, welche sich von Projekt zu Projekt wiederholen. Zumeist nimmt Toyota von einem Modell zum nächsten nur inkrementelle Änderungen vor und erfindet das Modell nicht gänzlich neu. Gelegentlich versucht sich Toyota jedoch ebenfalls an bahnbrechenden Projekten, wie beispielsweise bei der Entwicklung des ersten *Lexus* (Toyota war bis dahin nicht im Segment der Luxushersteller vertreten) oder dem *Prius* (erstes in Serie produziertes Hybridfahrzeug).

3.3.1 Re-Use

Durch das Modularisieren und Standardisieren von Fahrzeugkomponenten ist es möglich, diese über mehrere Generationen wiederzuverwenden. Toyota verwendet generationsübergreifend bis zu 70 % der Module wieder.³⁴

Abbildung 3-6 stellt diesen Zusammenhang dar. Module, welche sich bei dem Vorgängermodell bewährt haben und einen hohen Qualitätsstandard aufweisen, werden auch in den darauf folgenden Generationen verwendet. Zudem ist es auf Grund standardisierter Schnittstellen und Fahrzeugplattformen möglich, bewährte Module auch modellübergreifend zu verwenden. Durch diesen *Re-Use* von bewährter Technologie wird die Fahrzeugentwicklung nicht mehr von Grund auf neu gestartet, sondern vielmehr als stetiger Verbesserungsprozess gestaltet. Ressourcen, welche während einer „herkömmlichen Entwicklungsmethodik“ auf ein ganzes Fahrzeug verteilt werden, können im Rahmen des *Lean-Konzepts* auf einen kleinen Teil zu verbessernder Module konzentriert werden. Durch diese Fokussierung auf etwa 30 Prozent des gesamten Fahrzeugs ist es möglich, tiefgehend in die Entwicklung einzusteigen.

³⁰ „*The Toyota Product Development System*“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

³⁴ „Effiziente Vielfalt“ von Mathias Hüttenrauch & Markus Baum - 2008

Des Weiteren besteht keine Notwendigkeit bewährte Module in jedem Entwicklungszyklus neu zu konstruieren, da dieses eine enorme Verschwendung von Ressourcen bedeutet.

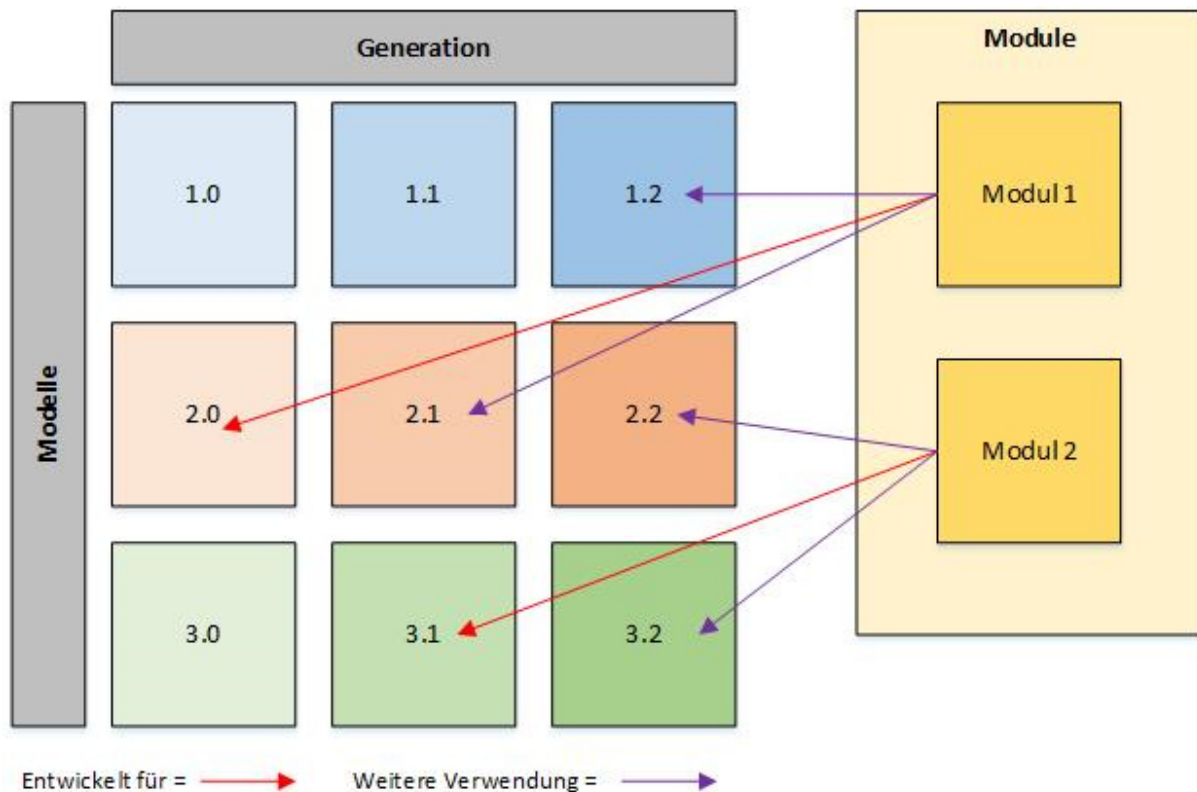


Abbildung 3-6: Modellübergreifende Verwendung von Modulen

3.3.2 Designzyklus

Der Designzyklus legt den Zeitraum fest, in welchem Änderungen eines Modells auf den Markt gebracht werden. Hierbei wird unterschieden zwischen vollständigen Neuüberarbeitungen (Generationen) bzw. inkrementellen Änderungen (Facelifts). Diese Zeit wird maßgeblich von der Entwicklungszeit bestimmt, welche wiederum einen direkten Zusammenhang zur Produktarchitektur aufweist. Toyotas ehemaliger Präsident Katsuaki Watanabe begründet das Streben nach möglichst kurzen Entwicklungszeiten damit, dass dadurch die Entwicklung einer breiten Palette an Fahrzeugen möglich wird, welche die Bedürfnisse und Anforderungen des Markts erfüllen.³⁵

Laut Gary Convis, dem Präsidenten des Toyota Werks in Kentucky, haben die Modelle *Avalon*, *Camry* und *Sienna* jeweils einen Modellzyklus von vier Jahren.³⁶ Betrachtet man die Produktionszeiträume der einzelnen Modelle, so lässt sich festhalten, dass eine Generation für ungefähr vier bis sechs Jahre auf dem Markt bleibt. Während dieses Zyklus unterzieht Toyota seine Modelle regelmäßigen Facelifts im Abstand von ein bis drei Jahren.

³⁵ Artikel Bloomberg L.P. von Alan Ohnsman - 2005

³⁶ „Der Toyota Weg“ von Jeffrey K. Liker - 2006

Facelifts bestehen in den allermeisten Fällen aus kleinen Änderungen am Design, wie beispielsweise an den Scheinwerfern und an anderen modularen Komponenten. Ziel ist es, dem Kunden ein Fahrzeug mit neuem Aussehen zu präsentieren, sodass die Lebensdauer des Modells bis zur vollständigen Überarbeitung herausgezögert werden kann. Für dieses Unterfangen ist eine Modulstrategie notwendig, da nur auf diese Art mit sehr geringem Aufwand einige Neuerungen eingebracht werden können.

3.4 Toyota New Global Architecture

Im Jahr 2015 hat Toyota eine radikale Neustrukturierung der Produktarchitektur bekannt gegeben.³⁷ Die neue Fahrzeugarchitektur ist ein weiterer Schritt in Richtung Standardisierung, von der sich Toyota weitere Kostenersparnisse in der Entwicklung und der Fertigung verspricht. Erklärtes Ziel ist es, dass bis zum Jahr 2020 die Hälfte aller Modelle auf der neuen Architektur aufbaut.

| Plattform | Volumen (Japan) | Modelle |
|------------------|----------------------------|---|
| MPC | 100.000 | Passo, bB |
| B | 400.000 | Vitz, ist, Aqua, Belta, Ractis, Sienta |
| NBC | 50.000 | Succeed Wagon, Probox Wagon |
| MC | 450.000 | Corolla Fielder, Corolla Axio, Premio, Allion, Wish, Isis |
| New MC | 1.000.000 | Rav4, Auris, Corolla Rumion, CT, Blade, Vanguard, HS, Prius, Prius PHV, Avensis, Sai, Prius α, MarkX Zion, Estima, Estima HV, Vellfire, Alphard |
| K | 50.000 | Harrier, Herrier HV, RX, Camry |
| N | 75.000 | IS, MarkX, Crown Royal Saloon, Crown Athlete, Crown HV, Crown Majesta, LS |
| New N | - | GS |
| Specific | - | iQ, Noah, Voxy, LFA, 86, Century, Crown Sedan |
| Frame | - | FJ Cruiser, Land Cruiser, Land Cruiser Prado, Rush |
| Specific | - | LFA |
| Specific | - | 86 |
| Specific | - | Century |

Tabelle 3-2: TNGA - Plattformvereinigung - Quelle: Credit Suisse

Tabelle 3-2 zeigt auf, welche Plattformen, zunächst Front-Motor und Front-Antrieb, im ersten Schritt in die TNGA integriert werden sollen. Mit dem neuen Prius wird 2016 das erste auf dieser neuen Architektur basierende Fahrzeug vorgestellt.

Laut Toyota sollen mit der neuen Architektur lediglich nur noch fünf sogenannte Layouts (Positionierung der Hauptkomponenten, wie beispielsweise Motor und

³⁷ Quelle: newsroom.toyota.eu zuletzt abgerufen am 22.08.2016

Antriebsachse) benötigt werden, um die gesamte Fahrzeugpalette vom Sportwagen bis zum SUV abzudecken. Des Weiteren sollen die in den Fahrzeugen verwendeten Module weiter vereinheitlicht werden, um mehr Fahrzeuge mit einer geringeren Anzahl an Varianten anbieten zu können. So sollen beispielsweise die drei am häufigsten verwendeten Motoren ab dem Jahr 2018 in 64,8 Prozent, anstatt wie im Jahre 2012 in 57,6 Prozent, der Fahrzeuge eingebaut werden. Die *TNGA* beeinflusst ausschließlich für den Kunden nicht sichtbare Bereiche, sodass das Design der Fahrzeuge nicht eingeschränkt wird.

Resultierend aus der neuen Architektur und der daraus resultierenden Mehrfachnutzung von Plattformen und Modulen, werden weniger Arbeitsstunden für die Entwicklung der Fahrzeuge benötigt und noch höhere Skaleneffekte in der Produktion erreicht, welches schlussendlich zu Einsparungen führt.

3.5 Wie die Produktarchitektur zur Qualität beiträgt

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass eine dem Produkt angepasste Architektur ein erster großer Schritt in Richtung erfolgreiche und ressourcenschonende Entwicklung darstellt. Am Beispiel des Automobils ist mit einer Kombination aus Plattformstrategie und Modularisierung alleine nichts gewonnen. Ist ein Unternehmen jedoch in der Lage sich passend um diese Architektur zu positionieren und auszurichten, dient diese hingegen als Auslöser für eine erfolgreiche Entwicklung.

Viele Automobilhersteller versuchen Fahrzeuggenerationen von Grund auf neu zu entwickeln, was zu nicht vorhersehbaren Resultaten führt. Es kann passieren, dass ein neues Fahrzeug ein voller Erfolg wird und dem Unternehmen sehr viel Profit beschert, aber auch das Gegenteil liegt im Bereich des Möglichen. Des Weiteren wird bewährte Technologie verschwendet, was im Zusammenhang mit dem Streben nach immer kürzeren Entwicklungszyklen und auch im Kontext der Qualitätssicherung mehr als fragwürdig erscheint.

Toyota auf der anderen Seite erzielt durch einen hohen Wiederverwendungsanteil bewährter Technologie und einen evolutionär anmutenden Entwicklungsprozess hervorsehbare Ergebnisse. Auch wenn die Sprünge im Vergleich zu dem was andere Hersteller im optimalen Fall erreichen können geringer ausfallen, so ist davon auszugehen, dass die nächste Generation eines Fahrzeugs stets eine Verbesserung darstellt und verglichen mit Modellen von Mitbewerbern mit weniger „Kinderkrankheiten“ behaftet ist. Zudem erreicht Toyota einen hohen Qualitätsstandard und kurze Entwicklungszyklen, da der Großteil der Ressourcen auf die Verbesserung von ungefähr 30 Prozent der Fahrzeugkomponenten konzentriert wird und bewährte und qualitativ einwandfreie Komponenten wiederverwendet werden.

4 Über Entwicklungsorganisation und Wissensmanagement

Gokpinar, Hopp und Iravani haben sich in einer Studie aus dem Jahr 2009 mit den Auswirkungen von Diskrepanzen zwischen Produktarchitektur und Organisationsstruktur befasst. Das Resultat legt nahe, dass Inkompatibilitäten zwischen diesen zwei Größen zu Qualitätsproblemen führen.³⁸

Auf Grund der Tatsache, dass Toyota zu den branchenweiten Vorreitern in Sachen Qualität gehört, kann davon ausgegangen werden, dass das Unternehmen eine zu der Produktarchitektur passende Organisationsstruktur gefunden hat.

4.1 Die Evolution von Toyotas Organisationsstruktur

Betrachtet man die Historie der Strukturen im Unternehmen, so kann auch in diesem Fall von einem evolutionären Entwicklungsprozess gesprochen werden. In einem schlanken Produktentwicklungssystem müssen technisches Tiefenwissen und projektbezogene Koordination in Einklang gebracht werden (Prinzip 6). Abbildung 4-1 zeigt eine frühe Version der Matrixorganisation des Unternehmens mit Eingliederung des Chief Engineers.

| Produktplanung | Fachabteilung | | | | |
|----------------|---------------|------------|----------|-------|------|
| | Design | Karosserie | Fahrwerk | Motor | Test |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Camry ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Corolla ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Celica ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| weitere ● | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |

Chief Engineer = ● Fachabteilungsleiter = ■ Entwicklungsingenieur = ▲

Abbildung 4-1: Frühe Organisationsstruktur mit Chief Engineer nach Jeffrey K. Liker & James M. Morgan

Spezialisierte Fachabteilungen (verrichtungsorientiert) haben den Vorteil, dass auf Grund der Unterteilung nach Spezialgebieten ein sehr hoher Grad an Fachwissen erzielt wird. Eine Abteilung in der z. B. nur Karosseriebauer eingesetzt sind, kreiert eine andere Atmosphäre als eine durchmischte Abteilung. Spezialisten auf ihren jeweiligen Fachgebieten lesen dieselben technischen Zeitschriften, besuchen dieselben Messen und können untereinander in einer eigener Fachsprache kommunizieren. Aus dieser Umgebung resultiert, dass durch Gespräche über die neusten Technologien bzw. Probleme von Projekten ein stetiger Lernprozess

³⁸ „The Impact of Misalignment of Organization Structure and Product Architecture on Quality in Complex Product Development“ von Bilal Gokpinar, Wallace J. Hopp & Seyed M. R. Iravani - 2009

stattfindet, welcher das Wissen der Fachabteilung mehrt. Zudem ist es einfach, standardisierte Vorgehensweisen, Technologien und Schnittstellen für die Produktentwicklung einzuführen und beizubehalten, woraus sich Vorteile in Bezug auf die Ressourcennutzung und somit auch auf Kosteneinsparungen ergeben. Ein weiterer Vorteil liegt in der flexiblen Verwendung der Ingenieure, sodass diese je nach Bedarf in Projekte eingegliedert werden können.

Der große Nachteil, welcher eine reine Anordnung nach Fachabteilungen nicht sinnvoll erscheinen lässt, ist, dass der Bezug zu den einzelnen Projekten und somit zur Kommunikation mit anderen Fachabteilungen erheblich erschwert und verschlechtert wird. Jede Abteilung sorgt sich lediglich um die eigene Profession, was sich nachteilig auf das Gesamtprojekt auswirkt.

Eine konträre Anordnung hierzu wäre die Unterteilung nach Produkten, in diesem konkreten Beispiel nach Fahrzeugmodellen. Hierbei werden verschiedene Spezialisten um ein gemeinsames Ziel in der Produktentwicklung angeordnet. Durch kurze Kommunikationswege und hohen Projektbezug kann eine Entscheidungsfindung aus mehreren Sichtwinkeln praktiziert werden, welche in der besten Lösung für das Gesamtprojekt und nicht für eine einzelne Fachabteilung resultiert. Nachteilig sind hohe Zeitaufwände für Meetings und Besprechungen, sowie redundante Arbeit über mehrere Fahrzeugprojekte und somit Verschwendung von möglichen projektübergreifenden Synergieeffekten.

Die von Toyota praktizierte Matrixorganisation stellt einen guten Weg dar, um ausreichend technische Expertise zu schaffen und diese dennoch funktionsübergreifend in das Projekt integrieren zu können. Zudem ist ausreichend Flexibilität vorhanden, um Ressourcen je nach Bedarf Projekten zuzuordnen zu können. Die Gefahr, welche mit der Bildung von zwei Vorgesetzten einhergeht und zu erheblichen Problemen führen kann, wird durch eine klare Aufgabenverteilung zwischen Chief Engineer und Fachabteilungsmanager verhindert.

Der Manager der Fachabteilung ist, wie bei Toyota üblich, selbst ein herausragender Ingenieur. Sein Aufgabengebiet umfasst Mitarbeiterentwicklung und Mitarbeitermanagement. Des Weiteren ist er verantwortlich für die technische Kompetenz der Abteilung. Er koordiniert technische Synergieeffekte (Sicherstellung, dass gemeinsame Komponenten nicht parallel entwickelt werden) und ordnet seine Mitarbeiter den Projekten zu. Auch die Zusammenarbeit mit Zulieferern, welche in sein technisches Fachgebiet fallen, gehört zu seinem Verantwortungsbereich.

Im Gegensatz dazu, hat der Chief Engineer keinerlei Verantwortung und Weisungsbefugnisse über die an dem Projekt beteiligten Mitarbeiter. Sein Fokus liegt ausschließlich auf dem Fahrzeugprojekt, welches er mit einem kleinen Stab an Mitarbeitern leitet und verantwortet.

Im Laufe der Jahre wurde Toyotas Modellpalette breiter und durch die immer komplexeren Fahrzeuge wurde die Aufgliederung nach Fachgebieten feiner. Dieses führte zu der Problematik, dass die Chief Engineers Ingenieure aus zu vielen

Abteilungen koordinieren mussten und die Manager der Fachabteilungen den Überblick über die Details verloren. Diese Entwicklung verdeutlicht Abbildung 4-2.

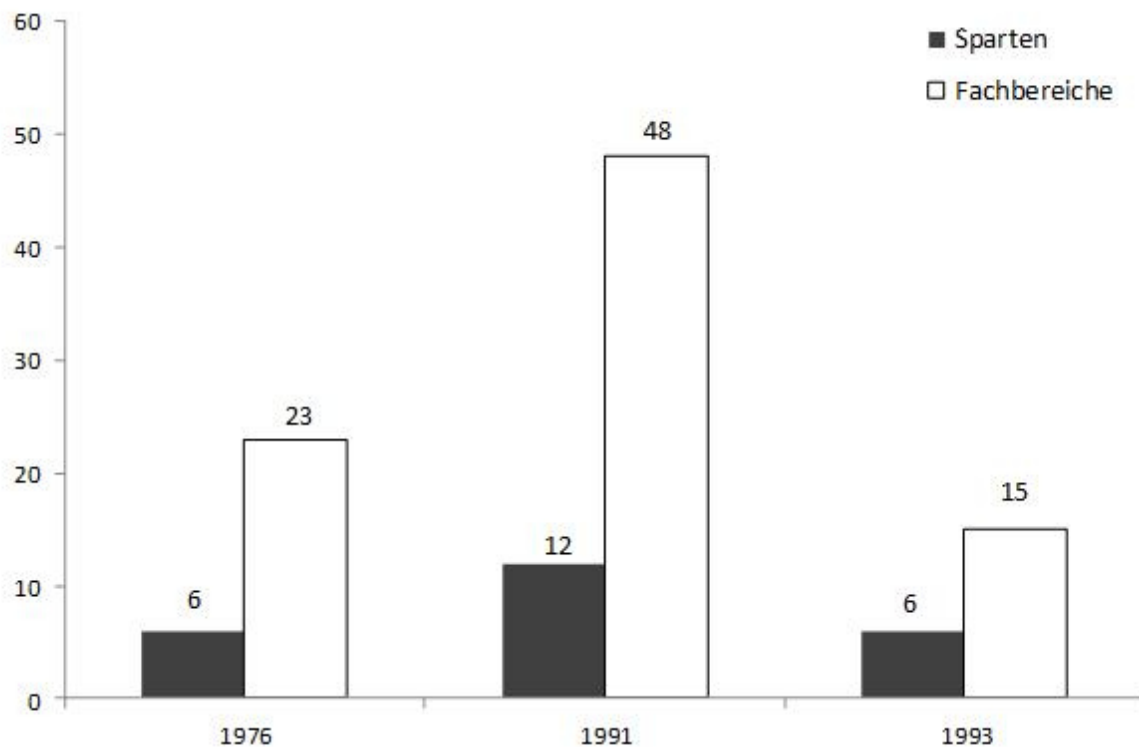


Abbildung 4-2: Entwicklung der Anzahl an Sparten & Fachbereiche nach Michael A. Cusumano

Als Konsequenz daraus unterteilte Toyota seine Organisation in drei unterschiedliche *Vehicle Development Center*, welche jeweils unterschiedliche Produktfamilien entwickeln. Anschließend wurde im Jahr 1993 ein weiteres Center hinzugefügt, welches für die plattformübergreifende Entwicklung von Komponenten verantwortlich ist. Diese Neustrukturierung ist in Abbildung 4-3 dargestellt.

Die Organisationsstruktur ist bis zum heutigen Zeitpunkt nahezu unverändert, die einzige Änderung betrifft die Verteilung der Plattformen auf die einzelnen Center. Zunächst war *Center 1* zuständig für Fahrzeuge mit Hinterradantrieb, *Center 2* für Fahrzeuge mit Vorderradantrieb und *Center 3* für Nutzfahrzeuge und Vans. Die Unterteilung nach gleichartigen Plattformen, sollte die projektübergreifende Nutzung von Modulen fördern und somit Entwicklungskosten reduzieren.

Mit der Einführung des *Lexus* wurde diese Strukturierung jedoch erneut geändert, da für den *Lexus* höhere Maßstäbe gelten und dieser sich erkennbar von den unter dem Namen Toyota vertriebenen Modellen absetzen soll. Einige der frontgetriebenen Fahrzeuge wurden in diesem Zuge in *Center 1* eingegliedert, sodass in *Center 2* genügend Kapazitäten für Nutzfahrzeuge und Vans frei wurden. *Center 3* wird ausschließlich für die Entwicklung der *Lexus*-Modelle verwendet.

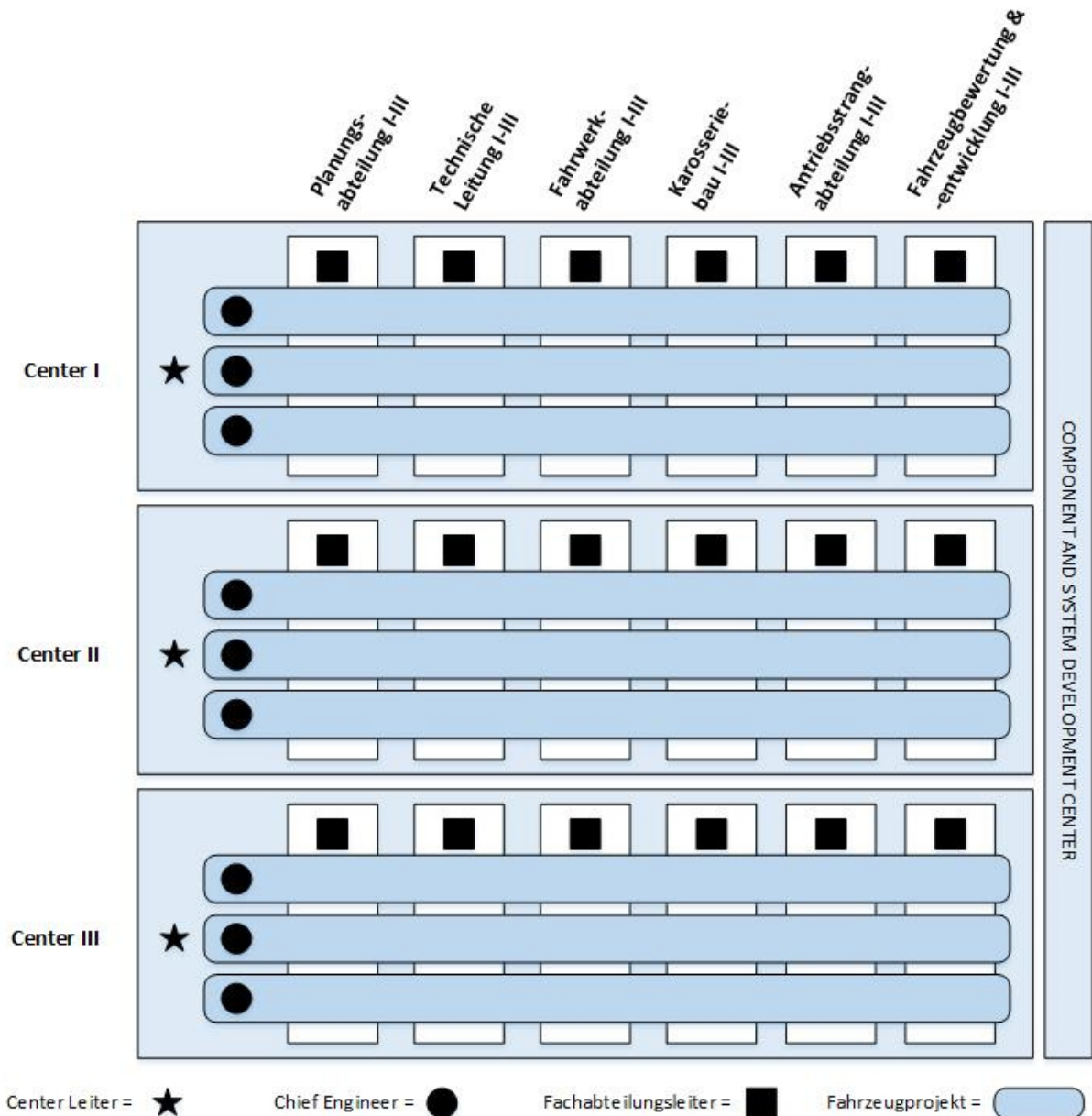


Abbildung 4-3: Aufteilung in Center nach Jeffrey K. Liker & James M. Morgan

Zur Verdeutlichung, inwiefern die Aufgabengebiete durch die Aufspaltung der *Product Development Group* und dem Hinzufügen des *Component and System Center* verschoben wurden, dienen Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5.

Erkennbar ist, dass durch die Aufteilung der *Product Development Group* in drei eigenständige Center das Aufgabengebiet ein Stück weiter in Richtung Fahrzeugentwicklung gerückt ist. Dieses ist damit zu begründen, dass durch die Aufteilung, Module nur noch in einem kleineren Rahmen, nämlich centerintern verwendet werden können.

Diese Lücke in der Entwicklung von Modulen wird durch eine Verschiebung bzw. Einführung des *Component and System Center* geschlossen. Dieses Center deckt die Entwicklung von zentralen Komponenten wie beispielsweise Motoren oder Getrieben,

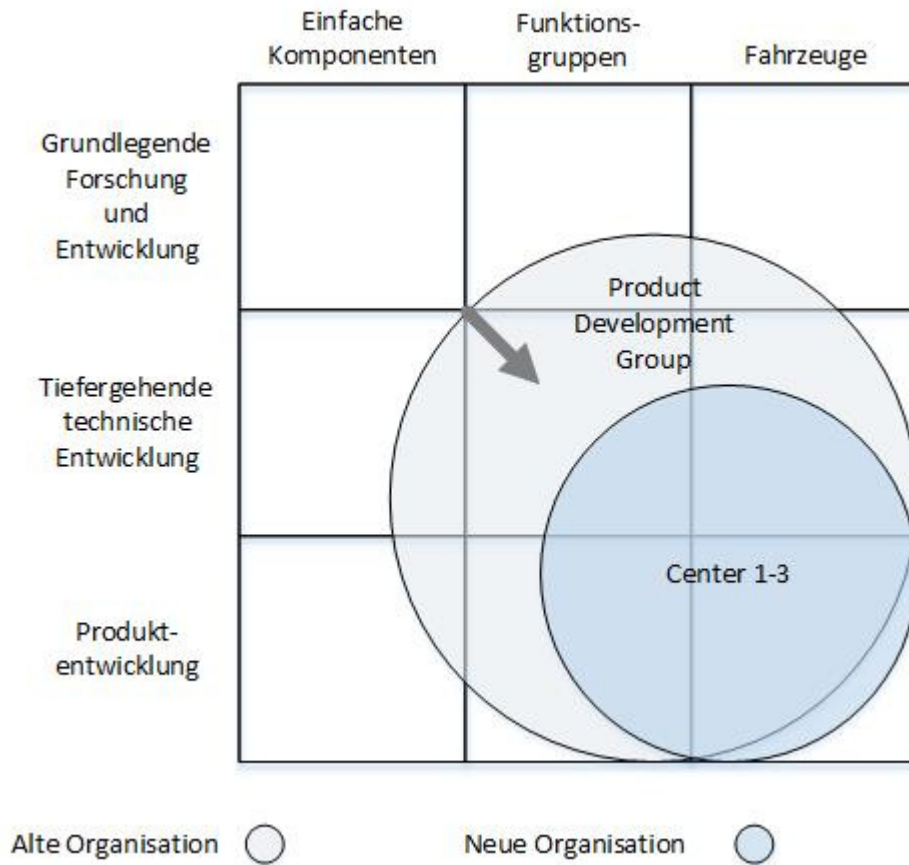


Abbildung 4-4: Verantwortlichkeiten in der Produktentwicklung nach Michael A. Cusumano

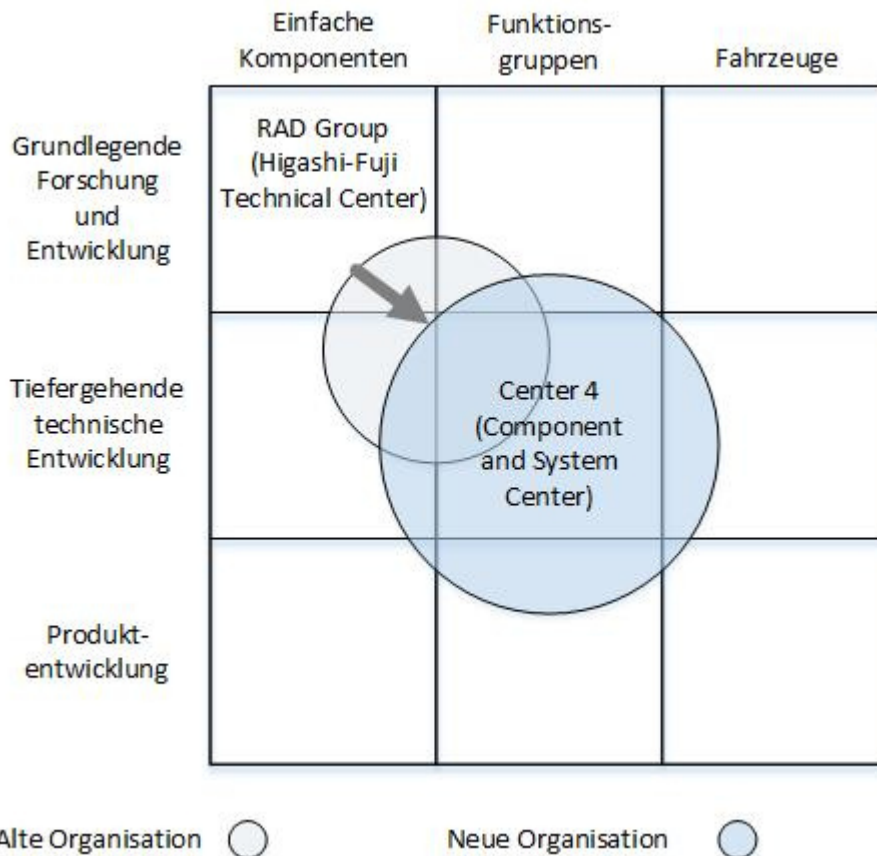


Abbildung 4-5: Verantwortlichkeiten in der Komponentenentwicklung nach Michael A. Cusumano

aber auch projektespezifischen Modulen ab. Für grundlegende Entwicklungsprojekte, wie den Einsatz neuer Technologien, existiert die *Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.*, als separate und nicht projektbezogene Forschungsabteilung.

Als großer Vorteil, neben der besseren Übersicht, ist die stärkere Einbindung von *Center 4* in die Entwicklungsprojekte und somit der Einfluss in Bezug auf plattformübergreifende Modul- und Wissensnutzung hervorzuheben. Während die alte *RAD Group* nicht in das Alltagsgeschäft eingebunden war und somit keinen Projektbezug vorzuweisen hatte, wird durch die neue Einordnung von *Center 4* ein hoher Projektbezug und in Folge dessen ein weitreichenderer Einfluss über die Plattformen hinweg erreicht (vgl. Abbildung 4-6 & 4-7).

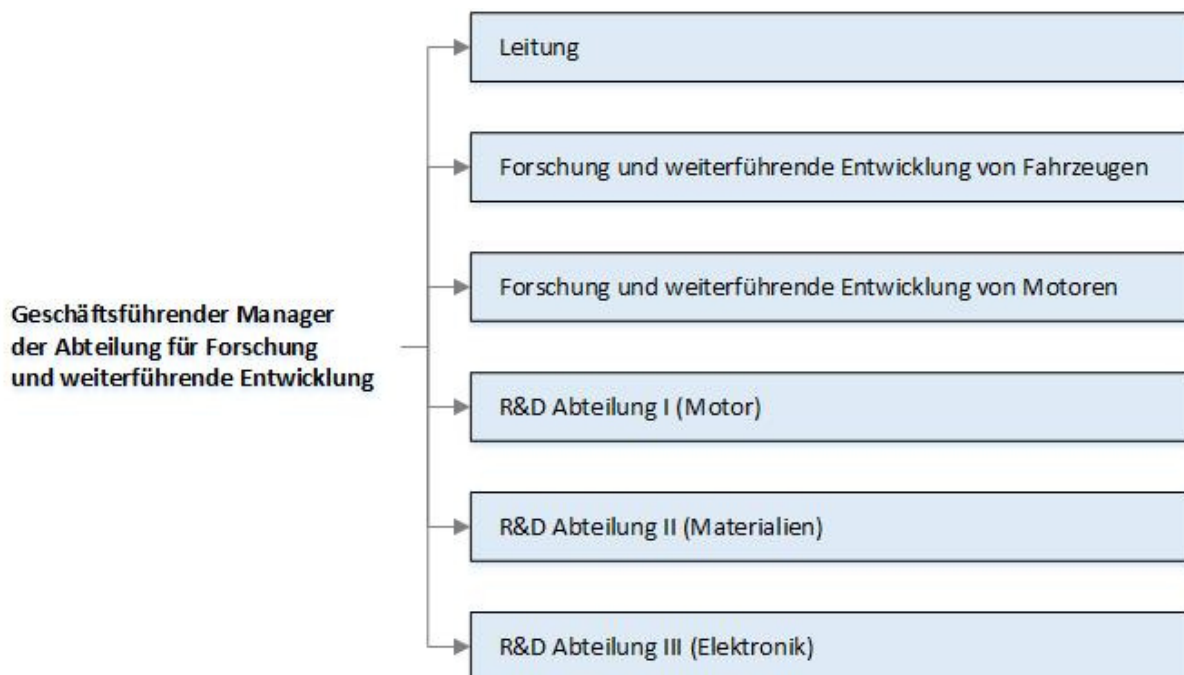


Abbildung 4-6: Research and Advanced Development Group nach Michael A. Cusumano

Die Organisation von *Center 4* baut weitestgehend auf den Strukturen der alten *RAD Group* auf. So sind die technischen Bereiche wie Motor, Elektronik und Material übernommen worden. Die Anzahl der Mitarbeiter ist von 2.000 auf 4.000 angestiegen, um dem erweiterten Aufgabengebiet gerecht werden zu können. Ein signifikanter Unterschied liegt in der Eingliederung einer neu geschaffenen Planungsabteilung, welche funktionsübergreifende Entwicklungsprojekte leitet und koordiniert. Temporär werden Ingenieure aus den verschiedenen Abteilungen in die Planungsabteilung eingegliedert, um gemeinsam an der Entwicklung von technischen Systemen zu arbeiten, welche den Beitrag mehrerer Ingenieursdisziplinen erfordert. In der alten Organisationsstruktur arbeiteten alle Funktionsgruppen parallel nebeneinander, womit ein solches Projekt schwer zu koordinieren gewesen wäre.

Durch die Neustrukturierung wurde zudem die Rolle des Center Leiters gestärkt. Wo die einzelnen Entwicklungsbereiche in der *RAD Group* autonom in ihrer jeweiligen Disziplin forschten und entwickelten, trägt der Centerleiter nun die Verantwortung für

die multidisziplinäre Entwicklung von Modulen, mit dem Ziel, diese möglichst weitreichend in die Fahrzeugentwicklungen integrieren zu können.

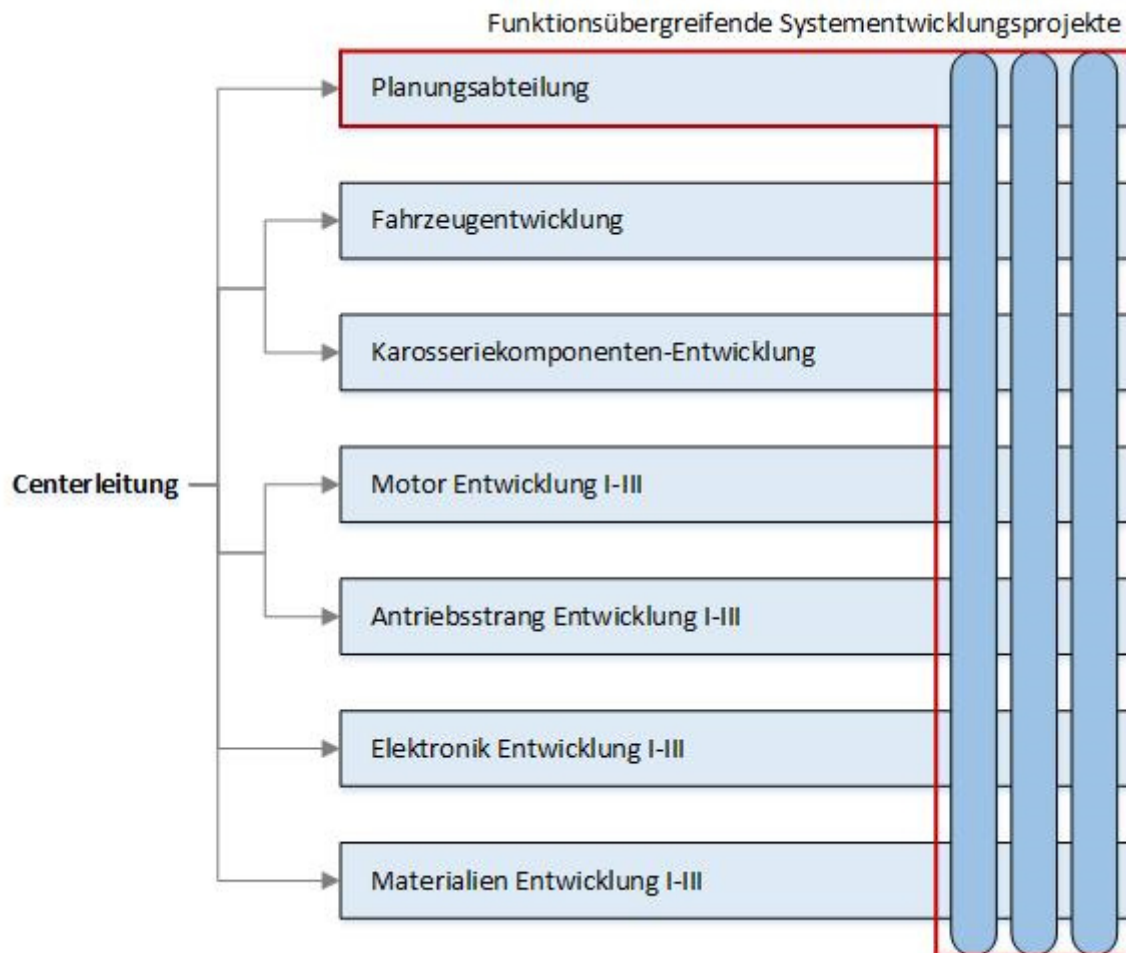


Abbildung 4-7: Center 4 nach Michael A. Cusumano

Um die Basisentwicklungen und die Forschung nicht zu vernachlässigen, arbeitet die 1.000 Mann starke *Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.* weiter als separate Forschungsabteilung. Zudem wurde eine 500 Mitarbeiter umfassende interne Abteilung gegründet, welche im Zuge der Umverteilung die Lücke der *RAD Group* im Bereich der Forschungsprojekte teilweise kompensiert.

Eine Zusammenfassung von Verantwortlichkeiten in der Entwicklung auf den verschiedenen Ebenen nach der Umstrukturierung bis 1993 ist in Abbildung 4-8 zu sehen.

Gut zu erkennen sind die klaren Verantwortlichkeiten im Verlauf der Entwicklung. Es gibt kleinere Schnittmengen, jedoch sind die Gebiete verhältnismäßig eindeutig abgegrenzt. Diese Abgrenzungen im Entwicklungsverlauf werden in Abbildung 4-9 thematisiert.

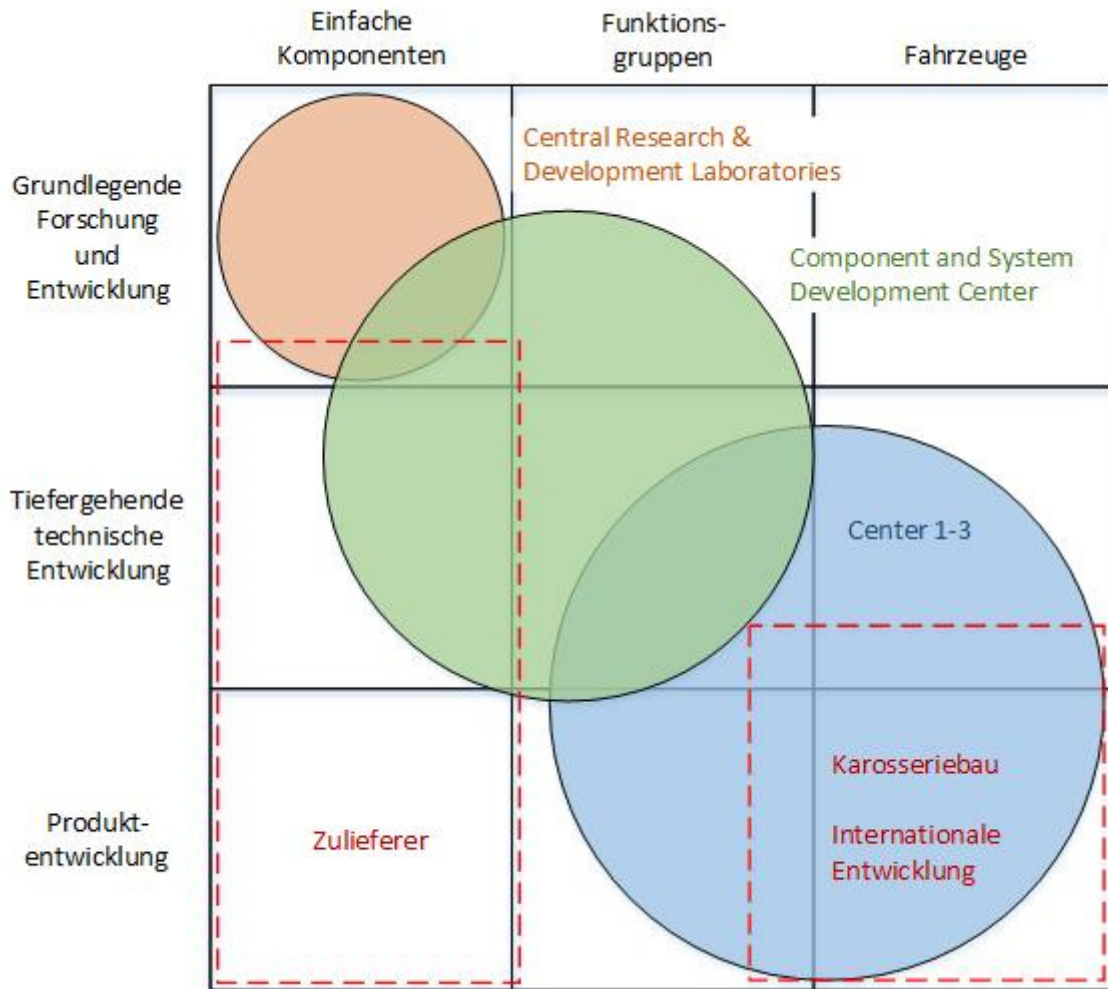


Abbildung 4-8: Entwicklungsorganisation älterer Stand – Quelle: autoblog.com

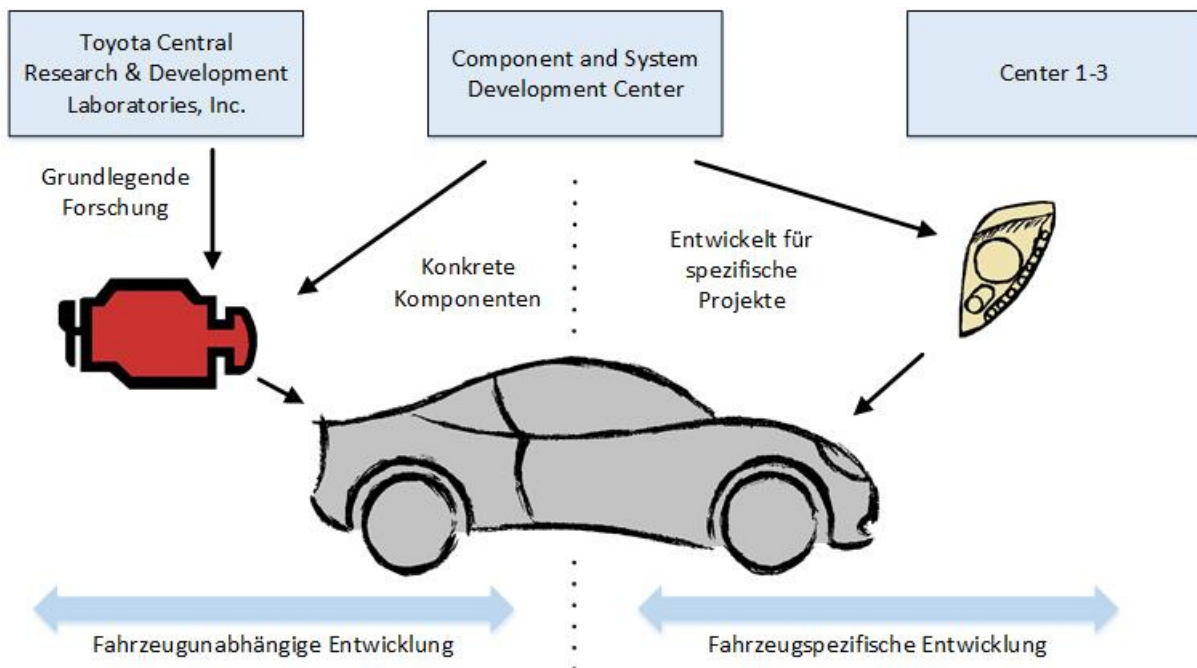


Abbildung 4-9: Einbindung der Organisation in den Entwicklungsprozess

Toyota Central Research & Laboratories beschäftigt sich mit der Erforschung neuer Technologien und fahrzeugunabhängiger Fortschritte, beispielsweise im Bereich der Motorentechnologie. Das *Component and System Development Center* entwickelt aus neuen Motorentechnologien im nächsten Schritt vollständige Motoren, welche in die unterschiedlichen Fahrzeugplattformen eingebaut werden können. Des Weiteren arbeitet *Center 4* in Zusammenarbeit mit den *Centern 1-3* an Modulen für laufende Fahrzeugprojekte und kann diese dann im Idealfall mit geringen Änderungen auch in andere Fahrzeugprojekte überleiten. Die *Center 1-3* sind für die Fahrzeugkonstruktionen und alle alltäglichen Aufgaben im Zusammenhang mit den Projekten verantwortlich.

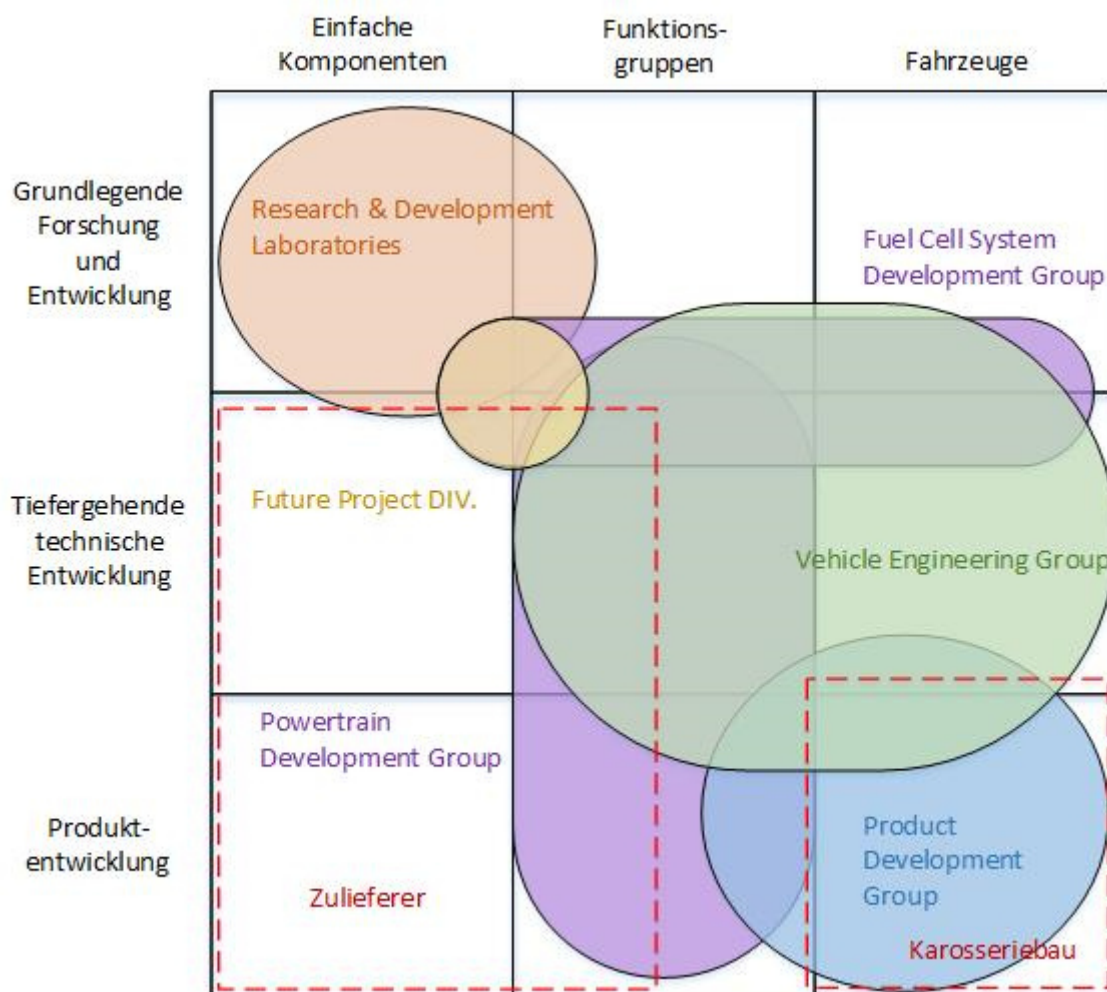


Abbildung 4-10: Toyota Research and Development System Stand 2016 – Quelle: toyota-global.com

Eine weitere Umstrukturierung hat das Unternehmen erneut verändert. Die signifikanten Unterschiede sind im Bereich Systementwicklung und Produktentwicklung zu erkennen.

Im Gegensatz zu der früheren Ausrichtung, welche erkennbar nach Modul- bzw. Systementwicklung und Fahrzeugentwicklung getrennt war, findet die Trennung nun im Schritt zur Marktreife der Fahrzeuge statt. Die Zuständigkeit der *Vehicle Development Group*, welche aus dem *Component and System Development Center* hervorgegangen ist, liegt neben der Entwicklung von Systemen auch in der

technischen Entwicklung von Fahrzeugen. Diese Entwicklung geht jedoch nicht bis zur Marktreife, sondern endet auf einer firmeninternen Ebene. Die Entwicklung von marktreifen Fahrzeugen ist Aufgabe der *Product Development Group*, welche unter anderem die ehemaligen *Center 1-3* beinhaltet. Zudem wurden die *Fuel Cell System Development Group* und die *Powertrain Development Group* ins Leben gerufen, um Toyotas Fokus auf Hybridantriebe und neuartige Antriebstechnologien gerecht werden zu können. Die tiefgehende Einbindung der Zulieferer in Folge der Umorganisation wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

Die vielen Umstrukturierungen innerhalb des Entwicklungssystems sind ein Indiz dafür, dass sich Organisationsstrukturen im Laufe der Zeit wandeln und sich den neuen Gegebenheiten anpassen müssen. Toyota hat es geschafft die Komplexität des wachsenden Unternehmens zu strukturieren und soweit wie möglich voneinander zu trennen. Die erste Umstrukturierung 1992 diente primär dem Management der wachsenden Unternehmensgröße, welche eine Überforderung verantwortlicher Personen mit sich brachte.

Die zweite Umstrukturierung realisiert das Streben nach immer kürzeren Entwicklungszyklen durch die Schaffung der *Vehicle Engineering Group*. Diese entwickelt Systeme und Fahrzeugkonzepte bis zu einem internen Standard, sodass die *Product Development Group* auf bereits geprüfte Fahrzeugkonzepte zurückgreifen und diese, verglichen mit einer vollständigen Neuentwicklung, in erheblich kürzerer Zeit bis zur Marktreife weiterentwickeln kann. In diesem Schritt werden des Weiteren eigenständige Bereiche für die Entwicklung von Antriebssträngen und die Entwicklung von Brennstoffzellen für den Kraftfahrzeugbau gegründet.

Erkennbar ist, dass Toyotas Fahrzeugarchitektur und die Organisationsstruktur kongruent sind und sich somit gegenseitig unterstützen. Eine Zerteilung der Entwicklungsorganisation in sowohl zeitlicher als auch fachlicher Dimension ist nur auf Grund der modularen Produktarchitektur möglich. Diese Aufteilung ermöglicht sowohl tiefgehendes Fachwissen als auch eine breite Nutzung von Modulen und Innovationen. Dadurch werden Qualität und schnelle Entwicklungszeiten mit einem Minimum an Kosten erreicht.

Dieses wird auch am Beispiel der neuen Produktarchitektur ersichtlich. Mit der *TNGA* werden mehr Ressourcen in der Vorentwicklung und der Entwicklung von Modulen benötigt, sodass in diesem Zuge ebenfalls die *Vehicle Engineering Group* gestärkt wird. Die Einengung des Aufgabenfeldes der *Product Development Group* ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass durch die vielen vorgezogenen Entwicklungstätigkeiten die eigentliche Produktentwicklung sehr viel weniger konstruieren muss und vielmehr dafür zuständig ist, aus den vorhandenen Komponenten und Technologien, in Kombination mit einem ansprechenden Design, ein Fahrzeug „zusammenzustellen“, welches die Bedürfnisse des Marktes befriedigt.

4.2 Die Einbindung der Zulieferer

In den Augen der Öffentlichkeit wird das Automobil als Produkt eines einzigen Herstellers wahrgenommen. Hinter den Kulissen jedoch machen Zulieferer einen großen Teil der Wertschöpfungskette aus und haben in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Eine Studie aus dem Jahr 1998 von Hines und Rich schlüsselt den Wettbewerbsvorteil von Toyota in Sachen Effektivität auf.³⁹ Von den 101,2 Prozent Ineffizienz in der Wertschöpfung bei britischen Unternehmen sind nur 18 Prozent auf das Unternehmen direkt zurückzuführen. Der Großteil der Ineffizienz tritt im Zusammenhang mit der Zuliefererkette auf. Dieser Sachverhalt ist in Tabelle 4-1 dargestellt.

| | <i>Wertschöpfend Japan</i> | <i>Wettbewerbsvorteil</i> | <i>Wertschöpfend UK</i> | <i>Vorteil in Prozent</i> |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Hersteller | 22,2 | 1,82 | 40,4 | 18,0 |
| Tier-1 | 22,1 | 2,84 | 62,8 | 40,2 |
| Tier-2 | 9,6 | 4,35 | 41,8 | 31,8 |
| Tier-3 | 2,8 | 4,35 | 12,2 | 9,3 |
| Tier-4 | 0,2 | 4,35 | 0,9 | 0,7 |
| Roh- material | 43,1 | 1,00 | 43,1 | 0,0 |
| Gesamt | 100 | 2,01 | 201,2 | 100 |

Tabelle 4-1: Wettbewerbsvorteil Zuliefererkette nach Peter A. Hines & Nick Rich

Deutlich erkennbar ist, dass ein Großteil des Effizienzvorteils im Bereich der Zulieferer zu finden ist. Im Gegensatz zu FORD oder GM versteht es Toyota auch in den USA besser, Zulieferer zu integrieren und eng mit ihnen zusammen zu arbeiten.

Laut Liker, Sobek, Ward und Cristiano ist das Hauptproblem etwas „wiedereinzugliedern, was getrennt wurde“.⁴⁰ Dabei steht der Aufwand der Integration in einem linearen Zusammenhang mit der Unabhängigkeit der getrennten Arbeiten.

Daraus resultiert, dass eine enge Zusammenarbeit mit den Zulieferern, wie es bei Toyotas Zulieferergemeinschaften der Fall ist, langfristig gesehen als weitaus profitabler erweist, als die amerikanische Praktik, immer den günstigsten Zulieferer zu wählen. Toyota besitzt ein enges Netzwerk an Zulieferern (*Keiretsu*), welche zusammen mit der Muttergesellschaft lernen und sich verbessern. Auch wenn diese Netzwerke auf Grund teilweise bestehender Kapitalverflechtungen etwas zweifelhaft erscheinen, so ist der dahinter stehende Gedanke sehr effektiv. Durch langfristige Beziehungen und gegenseitiges Vertrauen profitieren alle beteiligten Unternehmen an diesem Zusammenschluss.

³⁹ „Outsourcing competitive advantage: the use of supplier associations“ von Peter Hines & Nick Rich - 1998

⁴⁰ „Involving Suppliers in Product Development in the United States and Japan“ von Jeffrey K. Liker, Durward K. Sobek II, Allen C. Ward & John J. Cristiano - 1996

Zwei Zitate fassen diese Unterschiede im Umgang mit Zulieferern der Automobilindustrie zusammen.

„The Big Three U.S. automakers set annual cost-reduction targets for the parts they purchase. To realize those targets, they’ll do anything. They’ve unleashed a reign of terror, and it gets worse every year. You can’t trust anyone in those companies.”⁴¹

“Die großen drei Automobilhersteller setzen jährliche Einsparungsziele für die Komponenten welche sie kaufen fest. Um diese Ziele zu erreichen machen sie alles. Sie haben eine Herrschaft des Terrors entfesselt und es wird jedes Jahr schlimmer. Man kann niemanden in diesen Firmen trauen.“

„We’re a showcase supplier for Toyota. Toyota improves its systems and shows how implementing those changes will improve your production system too. We had discussions with one of the Big Three’s so-called continuous improvement experts from Purchasing. He wanted to see what we were doing but didn’t have much to add.”⁴²

“Wir sind ein Vorzeigezulieferer von Toyota. Toyota verbessert seine Abläufe und zeigt wie das Anwenden dieser Änderungen auch unser Produktionssystem verbessert. Wir hatten Gespräche mit einem sogenannten Optimierungsexperten aus dem Bereich Beschaffung von einem der Big Three. Er wollte sich ansehen was wir machen, hatte aber nicht viele Verbesserungsvorschläge.“

Die beiden Zitate zeigen, dass die Herangehensweise von Toyota im Vergleich zu den amerikanischen Automobilherstellern von Grund auf verschieden ist. Es stehen nicht die kurzfristigen Ersparnisse im Vordergrund, welche durch ein „Tyrannisieren“ der Zulieferer und einem erbitterten Preiskampf unter eben diesen zu erreichen sein mögen. Toyota setzt wie so häufig darauf, dass eine langfristige Ausrichtung mehr Vorteile mit sich bringt und nachhaltiger ist.

Der erste Schritt ist es zu verstehen, wie die Zulieferer arbeiten. Dazu werden Mitarbeiter von Toyota zu dem Zulieferer entsendet, sodass diese sich direkt vor Ort ein Bild machen können (*genchi genbutsu*). Durch die hierbei gewonnenen Erkenntnisse kann Toyota einen fundierten Zielpreis festlegen. Dieser Preis kann zu Beginn für den Zulieferer nicht sehr lukrativ sein, durch die Zusammenarbeit mit Toyota werden die Kosten jedoch mit der Zeit reduziert, was sich positiv auf die Gewinnspanne für den Zulieferer auswirkt.

Um aus der vorherrschenden Zuliefererrivalität sinnvoll Profit zu schlagen und dennoch langfristige Beziehungen aufrecht zu erhalten, hat Toyota zwei bis drei Zulieferer für jede Komponente. Dieses ermöglicht Toyota einen Wettbewerb direkt am Anfang der Produktentwicklung zu entfachen, sodass keine zu starken Abhängigkeiten gegenüber einzelnen Zulieferern entstehen. In Abhängigkeit der Leistung bei vorherigen Projekten werden die Aufträge in den meisten Fällen unter den

⁴¹ „Building Deep Supplier Relationship“ von Jeffrey K. Liker & Thomas Y. Choi – 2006, Zitat eines Geschäftsführers einer Zuliefererfirma für Interieur von Ford, GM und Chrysler (1999)

⁴² Aus „Building Deep Supplier Relationship“; Jeffrey K. Liker & Thomas Y. Choi – 2006 Zitat eines Verkaufsleiters der „Big Three“, sowie Toyota (1999)

verschiedenen Zulieferern aufgeteilt. Durch diesen Wettbewerb motiviert Toyota seine Zulieferer sich weiterzuentwickeln und unterstützt diese dabei, ohne einen Kampf auszulösen, bei welchem der günstigste Zulieferer den Gesamtauftrag erhält.

Auch wenn viele Zulieferer die Beziehung mit Toyota auf Augenhöhe beschreiben, so überwacht Toyota die Leistungen seiner Zulieferer akribisch. Ebenso wie unternehmensintern Feedbacks abgehalten werden, wird die Leistung der Zulieferer in regelmäßigen Abständen evaluiert und es werden Ziele für kommende Projekte festgelegt. Bei auftretenden Problemen, sei es bezüglich Qualität oder Lieferterminen, fordert Toyota die Offenlegung systematischer Vorgehensweisen, um die Ursache des Problems zu beheben und sendet zu diesem Zweck ggf. auch Unterstützung.

Der Wert eines Zulieferers lässt sich nicht ausschließlich an seinen technischen Fähigkeiten bemessen, diese müssen zudem mit der Herangehensweise des Kunden kompatibel sein. Um dieses zu erreichen hat Toyota Gastingenieurprogramme ins Leben gerufen, mit dem Zweck, dass Ingenieure der Zulieferer für mehrere Jahre bei Toyota arbeiten können, um die Abläufe und Ideen besser zu verstehen. Nach Ablauf der Zeit können die Ingenieure das gewonnene Wissen an die Zulieferer weitergeben. So fordert Toyota beispielsweise präzise Daten über die Toleranzen, welche die Zulieferer bei der Produktion einhalten können. Diese Daten sind wichtig, damit Toyota bei der Gesamtkonstruktion des Fahrzeugs entsprechend planen kann. Durch die Entwicklung der Zulieferer gelingt es Toyota die Daten und Entwürfe zu bekommen, die den Anforderungen genügen. Einige der großen und wichtigsten Zulieferer von Toyota, wie z. B. *Denso*, sind in der Lage, Komponenten und Systeme fast vollständig autark zu entwickeln, welche dennoch allen Anforderungen seitens Toyota entsprechen. Dieses spart Zeit und Kosten und wäre bei laufend wechselnden Zulieferern undenkbar.

Durch langfristige und enge Zusammenarbeit entsteht eine Vertrauensbasis, die es ermöglicht, Zulieferer früh in die Entwicklung einzubinden und sensible Daten mit diesen zu teilen. Des Weiteren unterscheidet Toyota zwischen Komponenten, welche die Zulieferer unabhängig entwickeln können und jene, die in enger Zusammenarbeit mit Toyota entwickelt werden müssen. Für letztere Komponenten arbeiten die Ingenieure von ausgewählten Zulieferern in den Räumlichkeiten von Toyota und haben von Projektbeginn an Zugriff auf alle wichtigen Informationen. Auch dieser Vorgehensweise wäre mit neuen Zulieferern nicht realisierbar.

Ein letzter wichtiger Schritt sind Toyotas Bemühungen seine Zulieferer bei der Verbesserung von Abläufen zu unterstützen. Viele Unternehmen werden von Toyota in dem berühmten *Toyota Production System* unterrichtet. Hochrangige Mitarbeiter von Toyota besuchen die Zuliefererfirmen und helfen diesen dabei, ihr Produktionssystem schlanker zu gestalten, um effizienter zu produzieren können.

Diese Investitionen in die Zulieferer machen sich erst über längere Zeiträume bezahlt und sind nicht auf kurzfristigen Erfolg ausgerichtet. Dennoch übertreffen die langfristigen Vorteile bei weitem die kurzfristigen Aufwendungen und helfen dabei, die

Zuliefererkette, welche einen Großteil der Wertschöpfung ausmacht, um ein Vielfaches effizienter zu gestalten.

| Motorhalterung | Anteil | Toyota¹ | Dachheckflügel | Anteil | Toyota |
|--------------------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Tokai Rubber | 50% | | Intern | 9% | Ja |
| Toyo Rubber | 40% | | Aisin Seiki | 46% | Ja |
| Bridgestone | 7% | | Inoac | 38% | |
| Marugo Rubber | 3% | | Toyoda Gosei | 6% | Ja |
| | | | Uchihama | 1% | Ja |
| | | | Chemical | | |
| Außenspiegel | Anteil | Toyota | Kühlergrill | Anteil | Toyota |
| Murakami | 65% | | Intern | 27% | Ja |
| Kaimeido | | | Toyoda Gosei | 71% | Ja |
| Ichiko Ind. | 26% | | Sakae Riken | 1% | |
| Tokai Rika | 9% | Ja | Kanto Kasei | 1% | Ja |
| Wischerblatt | Anteil | Toyota | Türdichtung | Anteil | Toyota |
| Nippon Wiper | 39% | | Toyoda Gosei | 65% | Ja |
| Blade | | | Nishikawa | 28% | |
| Tokai Riki Mfg | 32% | | Rubber | | |
| Asmo | 29% | Ja | Tokaii Kogyo | 7% | |
| Kofferraum- schloss | Anteil | Toyota | Fensterheber | Anteil | Toyota |
| Mitsui Kinzoku | 58% | | Shiroki Ind | 68% | Ja |
| Act | | | Aisin Seiki | 28% | Ja |
| Shiroki Ind. | 22% | Ja | Jyounan Mfg | 3% | |
| Aisin Seiki | 20% | Ja | Hilex | 1% | |
| Sitze | Anteil | Toyota | | | |
| Toyota Boshoku | 83% | Ja | | | |
| TachiS | 8% | | | | |
| Fuji Seat | 6% | Ja | | | |

¹ gehört zu Toyota bzw. Toyota besitzt Anteile

Tabelle 4-2: Zulieferer für Fahrzeugteile, Toyota Prius - Quelle: Credit Suisse

In Tabelle 4-2 sind die Zulieferer für eigene Fahrzeugteile des Toyota *Prius* aufgelistet.⁴³ Deutlich ersichtlich ist, dass Toyota Komponenten auf mehrere Zulieferer aufteilt. Zudem gehören viele Zulieferer zu Toyota bzw. Toyota besitzt Anteile an den Zulieferfirmen. Laut Website von Toyota gehören 219 Unternehmen zu Toyotas Mitgliedsgesellschaften, welche den Automobilhersteller mit Komponenten beliefern.⁴⁴

Die Gliederung der Zulieferer geschieht in vier Kategorien. *Denso*, *Araco* und *Aisin* gehören zu der Kategorie Partner. Diese Unternehmen sind technisch hoch entwickelt und sind von der Größe mit Toyota vergleichbar. Sie werden bereits in den

⁴³ „Observations on TNGA: How will Toyota’s plans to make better cars effect suppliers“; Credit Suisse - 2012

⁴⁴ Quelle: toyota-global.com zuletzt abgerufen am 22.08.2016

frühen Projektphasen konsultiert und sind zumeist für größere und komplexere Systeme verantwortlich.

Eine Stufe darunter stehen die Zulieferer, welche sich in der Vergangenheit bewährt haben und ebenfalls über tiefgehende technische Expertise verfügen, jedoch ein Stück weniger unabhängig sind und etwas genauere Spezifikationen von Toyota benötigen. Toyota fördert diese Zulieferer, erwartet jedoch auch, dass diese sich selbst herausfordern und eigene Ideen mit in die Produktentwicklung einbringen.

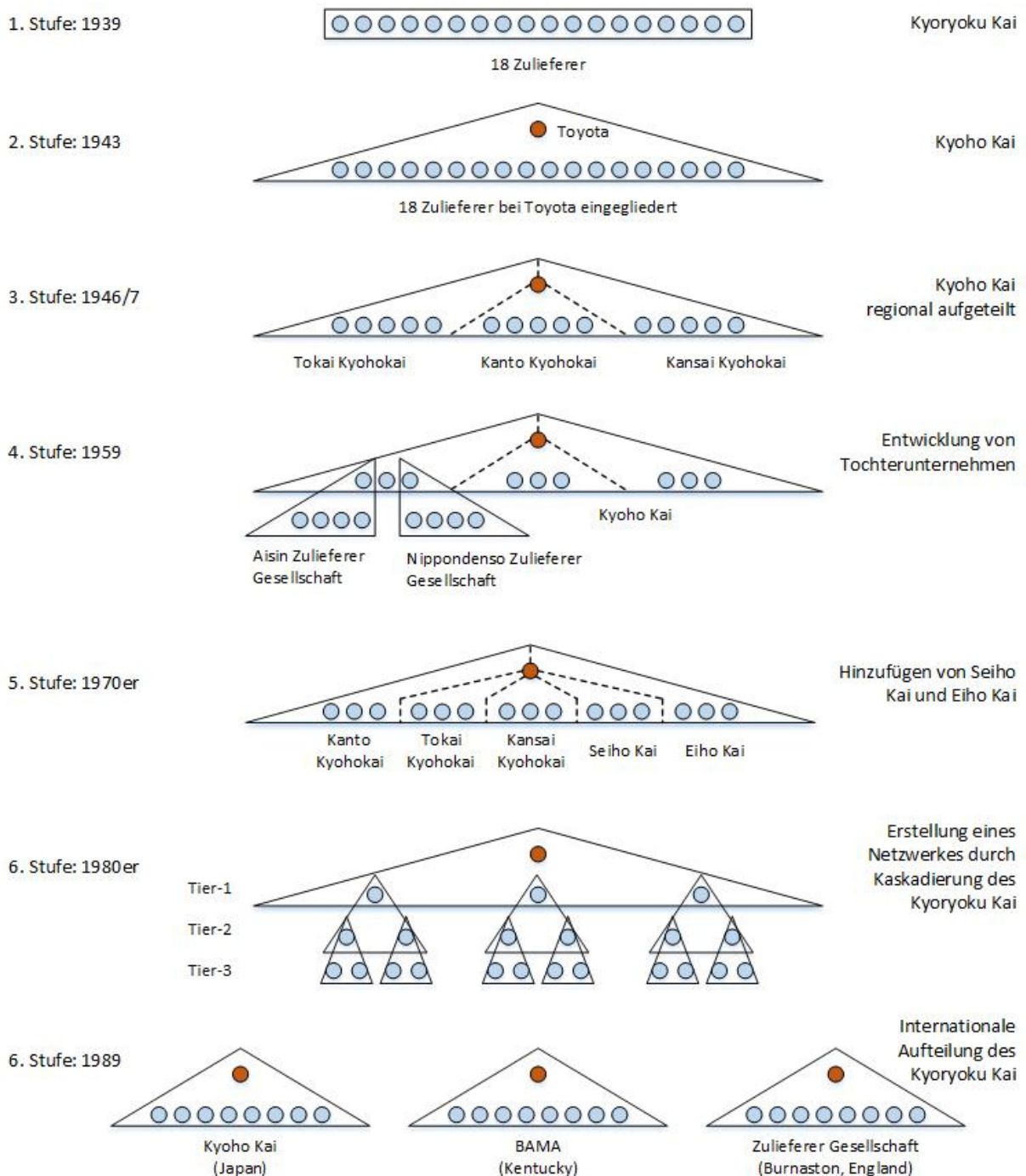


Abbildung 4-11: Entwicklung der Zuliefererstrukturen nach Peter A. Hines & Nick Rich

Die beiden untersten Kategorien sind beratende und vertragliche Zulieferer. Beratende Zulieferer haben einen gewissen Einfluss auf technische Neuerungen in weniger

komplexen Bereichen, wie beispielsweise Reifen. Vertragliche Zulieferer liefern Kleinteile wie Schrauben oder Schellen. Sie haben keine besondere partnerschaftliche Beziehung mit Toyota und liefern nach strikten Spezifikationen.

Ebenso wie Toyota unternehmensinterne Umstrukturierungen in Folge des Wachstums vorgenommen hat, wurde auch die Zuliefererstruktur verändert. Im Laufe der Zeit wurde nach regionalen Trennungen ebenfalls eine Hierarchie in der Struktur der Zulieferer notwendig. Toyota unterhält nicht mit allen Zulieferern direkte Geschäftsbeziehungen, sondern arbeitet primär mit den größeren und einflussreicheren Zulieferern zusammen. Diese haben wiederum ihre Zulieferer, sodass sich ein Netzwerk in der Wertschöpfungskette ergibt.

In Folge der Expansion in die Vereinigten Staaten kam die Notwendigkeit auf, vor Ort ein neues Zulieferernetzwerk aufzubauen. So setzt sich die heutige Zuliefererstruktur aus mehreren internationalen Zulieferernetzwerken zusammen. Nur auf diese Art können Lieferungen *Just-in-time* erfolgen, was wiederum die Lagerbestände gering hält und somit zur kostenoptimierten Produktion beiträgt.

Eine enge Zusammenarbeit mit großen Zulieferern bringt einen weiteren entscheidenden Vorteil mit sich. Bei Betrachtung der benötigten Personalressourcen im Verlauf der Produktentwicklung, fällt auf, dass es nicht möglich ist, einen vollständig nivellierten Ablauf zu erreichen.

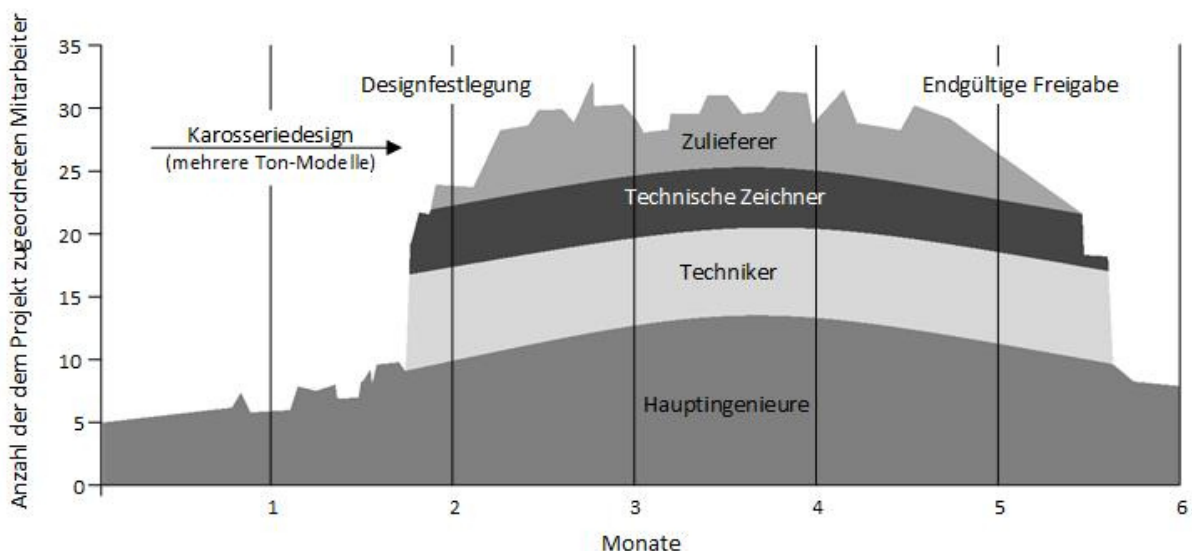


Abbildung 4-12: Flexible Mitarbeiterzuordnung nach Jeffrey K. Liker & James M. Morgan

Abbildung 4-12 zeigt die für den Karosseriebau benötigten Mitarbeiter im Verlauf des Projektes. In dem Zeitraum zwischen der Designfestlegung und der endgültigen Freigabe sind weitaus mehr Mitarbeiter dem Projekt zugeordnet als im übrigen Verlauf. Erkennbar ist, dass in diesem Zeitraum nicht nur firmeninterne Ressourcen genutzt werden, sondern auch Ingenieure der engsten Zulieferer aushelfen. Dieses schafft eine Art *Just-in-time* Ansatz im Bereich der Mitarbeiterressourcen, sodass zusätzliche Arbeitskräfte bei Bedarf herangezogen werden können, aber nicht dauerhaft beschäftigt werden müssen.

Eine enge Zusammenarbeit mit Zulieferern schafft eine vertrauensvolle Beziehung, die sehr viele Vorteile mit sich bringt. Toyota integriert seine Zulieferer in das Unternehmensumfeld und entwickelt diese im Zuge der eigenen kontinuierlichen Verbesserung ebenfalls weiter. Durch die hohe technische Kompetenz der engsten Zulieferer gelingt es, Komponenten und Systeme wahrhaft effektiv ausgliedern zu können, ohne dass Qualitätsprobleme die Folge sind.

4.3 Wissensmanagement – Toyotas Gedächtnis

„The ability to learn faster than your competitors may be the only truly sustainable competitive advantage.“⁴⁵

Das oben stehende Zitat spiegelt wieder, weshalb es für Unternehmen sehr schwer ist, sich dauerhaft an der Spitze des Marktes zu behaupten. Bei der Unterscheidung zwischen expliziten und impliziten Wissen fällt auf, dass explizites Wissen eine Momentaufnahme darstellt, wohingegen implizites Wissen sehr viel beständiger ist.

Unter explizitem Wissen werden Zahlen, Daten und Fakten verstanden, all jene Informationen, welche leicht in Datenbanken gespeichert und abgerufen werden können. Diese Art des Wissens ist zwar wichtig, aber nicht von Dauer. Explizites Wissen kann zudem sehr leicht transferiert und im Unternehmen gespeichert werden.

Hinter implizitem Wissen verbergen sich Herangehensweisen, Methoden und Erfahrungen. Diese Art des Wissens ist ein wichtiger Bestandteil dauerhaften Erfolgs, aber schwer zu erfassen und weiterzugeben. Die Weitergabe erfordert enge Beziehungen und eine Umgebung, welche Lernprozesse fördert.

Um institutionelles Wissen vollständig und nachhaltig transferieren zu können, sind langfristige Beschäftigungsverhältnisse von Nöten. Toyota beschäftigt einen Großteil seiner Mitarbeiter ein Leben lang, eine Praxis, welche in anderen Unternehmen selten zu finden ist. Diese lebenslangen Anstellungsverhältnisse bringen den Vorteil mit sich, dass die Mitarbeiter sich ein Leben lang weiterentwickeln und im späteren Verlauf ihrer Tätigkeit als Mentor für junge Mitarbeiter fungieren können. Wie in Kapitel 2 erwähnt, misst Toyota der Ausbildung seiner Mitarbeiter einen hohen Stellenwert bei und nimmt sich dafür auch die entsprechende Zeit. Im Zuge dieser Ausbildung wird sehr viel methodisches Wissen weitergeben.

Neben dem Aspekt der Weitergabe des impliziten Wissens muss ebenfalls der Aspekt der kontinuierlichen Verbesserung betrachtet werden. Um aus einem Projekt den größtmöglichen Nutzen ziehen zu können, muss am Ende des Projektes eine Reflexion stattfinden, in welcher Erfahrungen, Lerneffekte und Fehler geteilt und besprochen werden. Diese *Hansei*-Events finden regelmäßig im Produktentwicklungsprozess statt, beispielsweise an Meilensteinen im Projektplan. Ziel dieser Events ist es, den eigenen Fortschritt kritisch zu betrachten und mit den

⁴⁵ Aus „*Planning as Learning*“ von Arie de Geus - 1988

angestrebten Zielen abzugleichen. Zudem wird der Weg, welcher das Resultat hervorgebracht hat, kritisch analysiert.

Im Anschluss daran wird ein Verbesserungsplan aufgestellt, welcher die Vermeidung aufgedeckter Fehler beinhaltet, mit dem Ziel, dass der nächste Prozess ein verbessertes Resultat aufweist.

Diese Methodik erfordert kein besonderes Fachwissen oder teures Equipment, dennoch nutzen die meisten Unternehmen diesen Verbesserungsansatz nicht. Dieses liegt zum einen daran, dass in engen Zeitplänen kein Platz vorhanden ist und der Wert auf Grund nicht direkt messbarer Resultate oft unterschätzt wird. Zum anderen ist dieses auch mit der fehlenden Kritikbereitschaft in der westlichen Kultur zu begründen. Veranstaltungen mit dem Ziel Selbstkritik zu üben und Fehler aufzudecken und diese zu diskutieren werden als unangenehm empfunden.

Werden diese Events in regelmäßigen Abständen abgehalten und in den Ablauf integriert, können sie zu sehr schnellen Lernzyklen führen. Dieses ist unerlässlich, um ein lernendes Umfeld zu schaffen.

Toyota hat einen standardisierten Problemlösungsprozess, welcher wie folgt aussieht. Zunächst wird die Ursache des Problems identifiziert. Hierzu wird die *5-W-Methode* genutzt. Durch mehrfaches Fragen nach der Ursache wird jedes Mal ein Stück weiter zu dem Ursprung des Problems vorgestoßen. Es muss so lange nach dem „Warum“ gefragt werden, bis die eigentliche Ursache am Ende des Kausalzusammenhangs aufgedeckt ist.

Anschließend wird die Auswirkung verschiedener Gegenmaßnahmen betrachtet und gegeneinander abgewogen. Am Ende dieser Evaluation steht eine Gegenmaßnahme, welche das Problem nicht nur kaschiert, sondern an der Ursache behebt und somit ein erneutes Auftreten verhindert.

Im Zuge weiterer *Hansei*-Events wird die Wirkung dieser Maßnahmen evaluiert und gegebenenfalls angepasst. Bei erfolgreichem Abschneiden, werden die Änderungen in die Standards und Checklisten integriert und gehören zur neuen Methodik.

Mit diesem Verfahren wird sichergestellt, dass Probleme effektiv an der Ursache behoben werden und nicht erneut auftreten können. Wichtig ist, dass Probleme als Chance für langfristiges Lernen wahrgenommen werden. Somit kann auf ständige Kontrollmaßnahmen verzichtet werden, welche oftmals ein Qualitätsbewusstsein vortäuschen, in Wahrheit jedoch nur ein Zeichen dafür sind, dass das Wissen und das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten nicht groß genug ist.

Wie W. Edwards Deming schreibt:

“Inspection does not improve quality, nor guarantee quality. Inspection is too late. The quality, good or bad, is already in the product. As Harold F. Dodge said, “You can not inspect quality into a product.””⁴⁶

⁴⁶ „Out of the Crisis“ von W. Edwards Deming - 2009

„Überprüfungen erhöhen weder die Qualität, noch garantieren sie Qualität. Prüfungen sind zu spät. Die Qualität, ob gut oder schlecht, ist bereits festgelegt. Wie Harold F. Dodge sagte, „Qualität kann nicht in ein Produkt hinein geprüft werden.““

Mit dem oben beschriebenen Ablauf, auch *PDCA Modell* (plan, do, check, act) genannt, werden Erfahrungen in standardisierte Abläufe eingebracht.

Eine weitere Art der Konservierung von Wissen sind sogenannte Checklisten. Diese dienen als Leitfaden für die Entscheidungsfindung während der gesamten Produktentwicklung. Diese Checklisten können sowohl wichtige Schritte in Prozessabläufen beinhalten, beispielsweise der Produktion (Prozesschecklisten), als auch Richtlinien für die Gestaltung von Komponenten liefern (Produktchecklisten). Diese Listen bzw. Matrizen werden nach jedem Projekt ergänzt und bilden somit immer den aktuellen Stand der Erkenntnisse ab.

In der Matrix für eine bestimmte Komponente werden beispielweise charakteristische Geometrien (z. B. Radien oder Größenverhältnisse) gegen Fertigungsschritte aufgetragen. Wurden im Zuge vergangener Projekte Zusammenhänge festgestellt, werden diese in die entsprechende Zelle der Matrix eingetragen. Hierbei kann es sich um Anmerkungen, Zusammenhänge (Trade-Off Kurven) oder kritische Hinweise wie z. B. erforderlicher Mindestradius, handeln. Checklisten werden für jede einzelne Komponente angelegt und gepflegt und dienen als Ausgangspunkt jeder Entwicklung. Sie können je nach Komplexität der Komponente mehrere 100-1000 Zusammenhänge enthalten. Des Weiteren werden durch die Nutzung von Checklisten fertigungstechnische Aspekte von Beginn an in die Entwicklung eingebracht. Dieses deckt sich mit Toyotas Ruf ein sehr fertigungsorientiertes Unternehmen zu sein.

4.4 Wie die Organisationsstruktur zur Qualität beiträgt

In diesem Kapitel wurde aufgezeigt, dass es nicht die eine richtige Organisationsstruktur für alle Unternehmen gibt. Die Ausrichtung und Aufteilung des Unternehmens muss unter dem Aspekt der Produktarchitektur geschehen. Dazu sind eine adäquate Gewichtung von fachspezifischem Tiefenwissen und funktionsübergreifender Koordination notwendig. Nur so können schnelle und reibungslose Entwicklungsabläufe garantiert werden, welche in einem qualitativ hochwertigen Produkt münden.

Ein jedes Unternehmen sollte den Wert der Zuliefererindustrie erkennen und dementsprechend handeln. Wie aufgezeigt wurde, wird ein Großteil der Wertschöpfung von der Zuliefererindustrie getätigt. Zudem generiert Toyota seinen Wettbewerbsvorteil zunehmend im Bereich der Zulieferer, was jedoch nur durch langfristige und auf gegenseitige Weiterentwicklung ausgerichtete Geschäftsbeziehungen realisierbar ist.

Als Folge von Toyotas rigorosem Drang nach Verbesserung und der Bereitschaft aus Fehlern zu lernen, wird die Qualität in den Prozess integriert. Mit Hilfe von Standards in der Entwicklung (Checklisten) wird sichergestellt, dass bekannte Fehler- und

Problemursachen von Anfang an bekannt sind und somit vermieden werden können. Erst wenn ein Unternehmen in der Lage ist hohe Qualität ohne laufende Qualitätsprüfungen zu gewährleisten, kann von einem effektiven Qualitätsmanagement gesprochen werden.

5 Der Entwicklungsprozess

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Themen Produktarchitektur und Entwicklungsorganisation behandelt. Beide dieser Größen für sich und zusammen sind jedoch nicht ausreichend, um eine erfolgreiche Entwicklung zu gewährleisten. Herzstück einer jeden Entwicklung ist der Entwicklungsprozess, welcher durch eine mit dem Produkt übereinstimmende Architektur sowie eine zu dem Prozess kongruente Organisationsstruktur maßgeblich befähigt werden kann.

Der Einfluss der Produktarchitektur auf den Entwicklungsprozess kann wie folgt illustriert werden. Passt die Architektur eines Produktes zu seiner funktionalen Struktur, werden koordinative Aufgaben bezüglich des Schnittstellenmanagements minimiert. Am Beispiel der modularen Produktarchitektur bedeutet dies, dass auf Grund der von Toyota im Laufe der Jahre definierten und laufend verbesserten Schnittstellen zwischen einzelnen Modulen, der koordinative Aufwand der verantwortlichen Ingenieure/Abteilungen auf ein Minimum reduziert wird. Dieses ist auf die klare Definition der Schnittstellen zurückzuführen, welche genaue Vorgaben bezüglich einzuhaltenden Größen liefern, um die Kompatibilität mehrerer Module zu gewährleisten.

Auf ähnliche Weise beeinflusst die Entwicklungsorganisation den Entwicklungsprozess. Der Einfluss ist in diesem Fall auf Ebene des *Human Resource Managements* einzugliedern. Eine effektive Koordination der am Projekt beteiligten Mitarbeiter und die Aufgabenteilung für Arbeiten an Komponenten mit Wirkzusammenhang lassen sich nur realisieren, wenn Organisation und Prozess sich gegenseitig unterstützen. Wie bei der Darlegung der Entwicklungsorganisation erläutert, muss die Organisationsstruktur das richtige Gleichgewicht zwischen funktionalem Tiefenwissen und Projektbezug aufweisen, ohne dabei Autoritäts- bzw. Verantwortlichkeitskonflikte hervorzurufen.

Im Verlauf dieses Kapitels wird zunächst der zeitliche Ablauf des Entwicklungsprozesses skizziert. Dies kann als eine Art Rahmenterminplan für die Produktentwicklung verstanden werden. Im Anschluss daran wird die Entwicklungsmethodik tiefergehend betrachtet und es wird aufgezeigt, inwiefern Toyota sich in diesem Punkt von anderen Automobilherstellern unterscheidet und welche weiteren Veränderungen durch die Zusage zu dieser Methodik einhergehen.

Nachdem einige einfache, aber im Kontext mit Toyotas Entwicklungsmethode hocheffektive Tools tiefergehend betrachtet wurden, bilden die Einbindung und die Verantwortlichkeiten des Chief Engineer im Entwicklungsprozess, sowie der damit einhergehende Prozess der Entscheidungsfindung den Abschluss dieses Kapitels.

5.1 Der Rahmenterminplan der Produktentwicklung

Mit der Herangehensweise die Produktentwicklung als Prozess und damit als repetitiven Ablauf wahrzunehmen, folgt im nächsten Schritt die Verbesserung dieses Prozesses. Über viele Entwicklungszyklen hinweg treten wiederkehrende Aufgaben und Abläufe auf, welche optimiert werden können, um die Effizienz und das Resultat der Produktentwicklung zu beeinflussen. Die im Folgenden dargestellten Abläufe sind das Resultat kontinuierlicher Verbesserungen und stellen ein momentanes Optimum dar. Abbildung 5-1 gibt eine Übersicht über die neun Phasen, in welche Liker, Ward, Cristiano und Sobek Toyotas Entwicklungsprozess unterteilt haben.

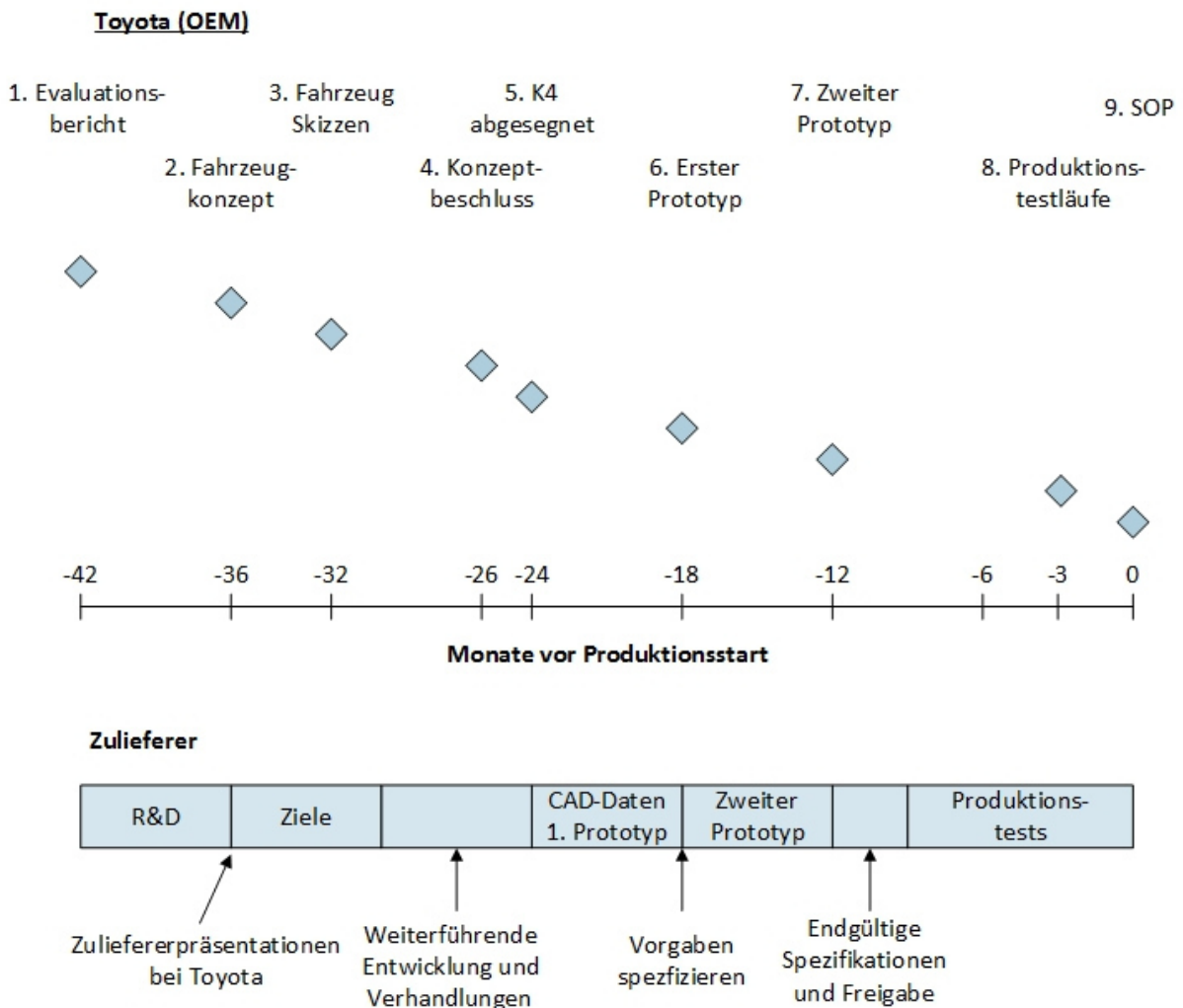


Abbildung 5-1: Die 9 Phasen von Toyotas Entwicklungsprozess nach Jeffrey K. Liker, Allen C. Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek

Überraschenderweise wird der Entwicklungsprozess als vergleichsweise unstrukturiert beschrieben, es gibt keine detaillierten Planungen. Das Projekt wird durch strikt einzuhaltende Meilensteine gegliedert, welche auf den einfachen Planungen des Chief Engineers aufbauen. Des Weiteren besitzen alle Abteilungen und Mitarbeiter die Freiheit, den Beginn ihrer Arbeit selbstständig festzulegen, solange sie in der Lage sind, die entsprechenden Ergebnisse zu den festgeschriebenen Terminen abzuliefern. Als Beispiel für wichtige Termine sind unter anderem Produktionsstart oder

Prototypentests anzuführen. Hier ist ein klarer Gegensatz zu den teilweise sehr detailliert ausgeführten Zeitplänen anderer Hersteller erkennbar.

5.1.1 Konzeptfindung

Am Anfang eines jeden Entwicklungsprojektes muss zunächst das Ziel der Entwicklung definiert werden. Welche Anforderungen sind zu erfüllen, damit das Produkt konkurrenzfähig bzw. besser als die der Mitbewerber auf dem Markt ist? Welche Innovationen oder Neuheiten werden von Unternehmensseite gewünscht?

Toyotas Leitfaden in dieser Hinsicht ist der Mehrwert für den Kunden. Daher steht am Anfang eines jeden Projektes die Definition von Anforderungen, welche dem Kunden einen Mehrwert bieten. Der Stellenwert den dieser Schritt bei Toyota einnimmt lässt sich an Hand des *Re-Designs* des Toyota *Sienna* illustrieren.

Nach dem Prinzip des *genchi genbutsu* (sich selbst ein Bild von der Situation machen), ist es üblich, dass auch Führungskräfte in höheren Positionen vor Ort sind, um sich höchstpersönlich einen Eindruck zu verschaffen. Der damals beauftragte Chief Engineer Yuji Yokoya hätte seine Mitarbeiter in die USA zu Recherchezwecken entsenden oder Marketingdaten studieren lassen können. Er entschied sich jedoch dazu, selbst in die USA zu reisen, um sich vor Ort einen Eindruck für die notwendigen Verbesserungen des Minivans machen zu können. Auf seiner Reise durchfuhr er alle US-Bundesstaaten, sowie Kanada und Mexico und erhielt Einblicke, welche er von seinem Schreibtisch in Japan aus nicht bekommen hätte. Mit diesen Eindrücken war er in der Lage Anforderungen zu formulieren, welche maßgeblich für den Erfolg des *Sienna* in Amerika waren.⁴⁷

Dieses Beispiel ist selbstverständlich eine extreme Variante des *genchi genbutsu*. Entscheidend ist jedoch, dass die Kundenanforderungen und die Kriterien für den Erfolg eines Fahrzeugs am Markt genauestens eingegrenzt werden. Ist dies nicht der Fall, wird sich auch ein technisch und qualitativ einwandfreies Fahrzeug am Markt nicht behaupten können.

Auch bei Toyota gibt es Marketingexperten, welche die Anforderungen auf Grund von Konkurrenzprodukten und Kundenbefragungen bestimmen. Diese ersetzen allerdings nicht die Notwendigkeit sich persönlich ein Bild zu machen.

Am Ende dieser Studien steht das Konzeptpapier des Chief Engineers, welches seine Vision des neuen Fahrzeugs umschreibt. Es hat einen Umfang von ungefähr 25 Seiten und enthält qualitative und quantitative Richtwerte für Fahrzeugspezifikationen, Kosten und qualitative Ziele. Dieses Konzeptpapier ist, wenn von der Unternehmensführung abgesegnet, die einzuhaltende Richtlinie für das Entwicklungsprojekt. Die Verantwortlichkeit der Konzeptfindung liegt dementsprechend in der Hand des Chief Engineers. Zudem bestimmt er in Absprache mit der Unternehmensführung, wie hoch der Innovationsgrad des neuen Fahrzeugs werden soll, im Umkehrschluss wie viele Komponenten des Vorgängermodells übernommen werden.

⁴⁷ „Der Toyota Weg“ von Jeffrey K. Liker - 2006

Nachdem der Chief Engineer seine Vision vorgestellt hat, werden spezifische, messbare Ziele für jede am Projekt beteiligte Fachgruppe definiert. Diese werden immer weiter runtergebrochen, bis am Ende konkrete Anforderungen stehen, immer unter Betrachtung des Kundenmehrwerts. Im Anschluss daran treffen sich die Modulentwicklungssteams und definieren ebenfalls konkrete Ziele. Auch wenn die Abgesandten der einzelnen Fachabteilungen intensive Gespräche führen, steht im Konfliktfall immer der Kundenmehrwert als entscheidende Größe im Raum, sodass die Gesamtperformance des Fahrzeugs nicht in den Hintergrund gerät.

5.1.2 Kentou-Phase

Die *Kentou*-Phase oder auch Studienphase genannt, steht ebenfalls am Anfang des Entwicklungsprozesses. Nachdem die Richtung der Entwicklung durch das Konzept des Chief Engineers vorgegeben ist, werden hunderte von sogenannten *Kentouzu* (Studienzeichnungen) angefertigt. Diese Zeichnungen beziehen sich nicht auf die Designfindung, sondern vorrangig auf das Schnittstellenmanagement. Funktionsübergreifende Teams fertigen Zeichnungen an, um optimale Lösungen für verschiedene Module und deren Interaktion zu generieren.⁴⁸

Diese Methodik steht in starkem Kontrast zu der Vorgehensweise vieler anderer Automobilhersteller. Hier beginnt die eigentliche Entwicklungsarbeit erst nach dem die Wahl eines Fahrzeugdesigns getroffen wurde und somit ein Großteil an konstruktiven Varianten von Anfang an ausgeschlossen worden ist. Dies führt zu Änderungen, welche spät im Entwicklungsprozess auftreten und dann dementsprechend teuer und zeitintensiv sind. Diese Vorgehensweise, Entscheidungen so spät wie möglich zu treffen, um ein Maximum an Wissen für die Entscheidungsfindung generieren zu können, findet Anwendung in jeder Phase des Prozesses. Diese, sowie weitere scheinbare Ineffizienzen, welche Toyota in seinen Entwicklungsprozess inkludiert, jedoch trotzdem in Summe schnellere Entwicklungszeiten mit weniger Personal (ungefähr 500 Ingenieure bei Toyota im Vergleich zu 750 bei Chrysler)⁴⁹ erzielt, werden in der Literatur als das *zweite Toyota Paradoxon* bezeichnet. Bei Betrachtung des Gesamtprozesses bilden diese einzelnen Ineffizienzen zusammengenommen ein in sich stimmiges System, welches im Einklang mit der von Toyota gelebten Philosophie steht.

Obwohl es sehr zeitaufwändig ist zahlreiche Alternativen soweit zu erforschen, dass eine fundierte Entscheidung getroffen werden kann, verkürzt sich die Entwicklungszeit des gesamten Projektes. Dieses ist damit zu begründen, dass durch das zeitliche Investment in die Anfangsphase des Projektes die Unsicherheiten im weiteren Verlauf des Projektes auf ein Minimum reduziert werden. Hierdurch und durch das

⁴⁸ "The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development" von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

⁴⁹ "The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster" von Jeffrey K. Liker, Allen Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek II; Sloan Management Review - 1995

konsequente Standardisieren aller wiederkehrenden Abläufe kann die weitere Entwicklung beschleunigt und vorhersehbar gestaltet werden.

Die hierbei von Toyota angewandte Methode des *set based concurrent engineering*, gleichbedeutend mit dem gleichzeitigen Entwickeln in Gestaltungsräumen, unterscheidet sich signifikant von dem Ansatz des *point based engineering*, dem iterativen Verbesserungsprozess einer einzelnen Lösung.

Im Laufe der Studienphase wird eine Vielzahl an Modellen hergestellt. Ungefähr 32 Monate vor Produktionsbeginn werden von den vielversprechendsten Varianten Tonmodelle hergestellt. Typischerweise werden bei Toyota je nach Fahrzeug zwischen 5 und 20 Modelle für eine vorläufige Zwischenauswahl angefertigt; dieses ist deutlich mehr, als die branchenüblichen 3 bis 5 Modelle. Nach Begutachtung und Veränderungen an den vorhandenen Varianten werden im Regelfall zwei Tonmodelle als endgültige Designvorschläge in Originalgröße angefertigt. Widersprüchlich ist, ob es sich hierbei um zwei diskrete Varianten handelt oder ob das endgültige Design ebenfalls eine Kombination aus den beiden Modellen darstellen kann.

Die Tonmodelle werden vor einem Auditorium, bestehend aus ungefähr 100 Mitarbeitern verschiedener Abteilungen, wie beispielsweise Karosseriebau oder Fertigung, vorgestellt. Jede Abteilung bewertet die Modelle an Hand ihrer Checklisten, um überprüfen zu können, ob das jeweilige Modell technisch umsetzbar ist. Jede Abweichung wird auf einem Bewertungsbogen festgehalten, welcher als primäres Kommunikationsmittel zwischen den betroffenen Abteilungen dient. Oftmals können Problematiken durch überschaubare Änderungen unverzüglich behoben werden. Ist dieses nicht möglich, wird versucht die Checklisten zu erweitern um eine für alle Abteilungen konforme Lösung zu generieren.

An dem Punkt des *Design Freeze* werden üblicherweise die Karosserieabmaße festgeschrieben und nicht mehr geändert. Im Fall von Toyota besteht nach dem *Design Freeze* weiterhin eine Toleranz von ungefähr zwei Zentimetern, um Design und Performance im weiteren Verlauf in Einklang bringen zu können.

5.1.3 K4 - Dokumente

Während die Designer an dem Exterieur des neuen Fahrzeugs arbeiten, beschäftigen sich die anderen Fachabteilungen mit den Hauptmerkmalen ihrer Module. Am Ende dieses Prozesses stehen die sogenannten *K4 – Dokumente* (*design structure plans*; japanisch: *kozokeikaku*), welche aus Zeichnungen mit Abmaßen und Anmerkungen der jeweiligen Module bestehen. Sobald diese Dokumente abteilungsintern beschlossen sind, werden sie an alle anderen am Projekt beteiligten Abteilungen verteilt. Hierdurch entsteht zu einem Zeitpunkt, an dem die Gestaltungsmöglichkeiten noch offen sind und kein Investment in zeitaufwändige CAD-Modelle geflossen ist, ein intensiver Kommunikationsprozess zwischen den Fachabteilungen und Zulieferern.

Ungefähr zwei Monate nach der Konzeptfreigabe werden die *K4 – Dokumente* durch acht Unterschriften genehmigt. Da die Arbeit an den Dokumenten bereits vor der endgültigen Designentscheidung beginnt, werden je nach Bedarf zwei vollständige *K4 – Dokumente* erstellt, eines für jeden Prototypen.

Mit der Genehmigung der *K4 – Dokumente* wird eine Vielzahl an Entscheidungen bezüglich der Konstruktion bereits getroffen. Dennoch sind die Gestaltungsfreiräume für die detaillierten Ausarbeitungen, welche im Anschluss folgen, verhältnismäßig großzügig.

5.1.4 Prototypen und Produktionsanlauf

Während der Detailausarbeitungen werden die aktuellen CAD-Daten unternehmensintern sowie mit den involvierten Zulieferern laufend ausgetauscht. Einzelne Abteilungen fertigen Prototypen von Modulen zu Testzwecken an und am Ende der Ausarbeitungen steht der erste vollständige Prototyp des Fahrzeugs. Basierend auf den Testresultaten und der Beurteilungen des ersten Prototyps werden notwendige Änderungen vorgenommen. Ungefähr 12 Monate vor Produktionsbeginn wird der zweite Prototyp fertiggestellt, welcher im Idealfall nicht mehr verändert werden muss.

Diese Prototypen werden von den Fertigungsingenieuren aus mit Toleranzen behafteten CAD-Daten erzeugt, welche von den Konstrukteuren vorher festgelegt wurden und eine technisch tolerierbare Spannbreite an Möglichkeiten darstellen. Die endgültige Länge des Fahrzeugs ist z. B. mit einer Toleranz von ungefähr zwei Zentimetern versehen, da dem Kunden dieser Unterschied nicht wichtig ist. Die Fertigungsingenieure erhalten durch die gegebenen Toleranzen die Möglichkeit, einen *functional build* durchzuführen. Das bedeutet, dass die finalen Abmaße und Toleranzen auf Basis von Fertigungstestläufen spezifiziert werden. Nachdem die ersten Komponenten gefertigt und zusammengebaut wurden, werden die Werkzeuge so angepasst, dass alle Komponenten perfekt zusammenpassen. Die CAD-Datenbank wird anschließend an die produzierten Teile angepasst.

Im Anschluss daran fährt Toyota zwei vollständige Produktionstests, bevor die Serienproduktion gestartet wird.

5.1.5 Zeitliche Einbindung der Zulieferer

Im vorangegangenen Kapitel wurde aufgezeigt, dass Toyota sehr tiefgehende Beziehungen zu seinen Zulieferern unterhält. Das spiegelt sich ebenfalls in der zeitlichen Einbindung der Zulieferer in den Entwicklungsprozess wieder.

Das Auslagern der Produktion und der Entwicklung von Fahrzeugmodulen, ist zu einem kritischen Wettbewerbsvorteil in der Automobilbranche geworden. Dennoch variiert die Herangehensweise von Toyota gegenüber den meisten anderen Herstellern signifikant. Aus einer Mitarbeiterbefragung von Liker, Ward, Sobek und

Cristiano⁵⁰ zum Thema Entwicklungsmethodik und Eingliederung von Zulieferern in die Entwicklung, geht ein kleiner, aber dennoch sehr wichtiger Unterschied hervor.

Die Mitarbeiter gaben an, dass die Aufträge an Zuliefererfirmen erst nach dem endgültigen Konzeptbeschluss vergeben werden. Dieses impliziert, dass das Innovationspotential der Zulieferer (ein Großteil der Innovationen in der Automobilindustrie ist auf die großen Zulieferer mit eigener R&D-Abteilung zurückzuführen) nicht optimal genutzt wird. Bei den Aufträgen handelt es sich entweder um reine Produktionsaufträge oder spezifizierte Entwicklungsaufträge, nicht aber um Kooperationen.

Im Kontrast dazu werden bei Toyota bei der Präsentation des Fahrzeugkonzepts durch den Chief Engineers die Zulieferer zu einem sehr frühen Zeitpunkt (siehe Abb. 5-2) eingebunden. Im Rahmen dieser Präsentation, bzw. sehr zeitnah, präsentieren die großen Zulieferer, wie z. B. *Denso*, ihre eigenen Neuentwicklungen, welche in Bezug auf das neue Fahrzeugkonzept relevant sein könnten.

Schematische Darstellung der Modulentwicklung bei Denso

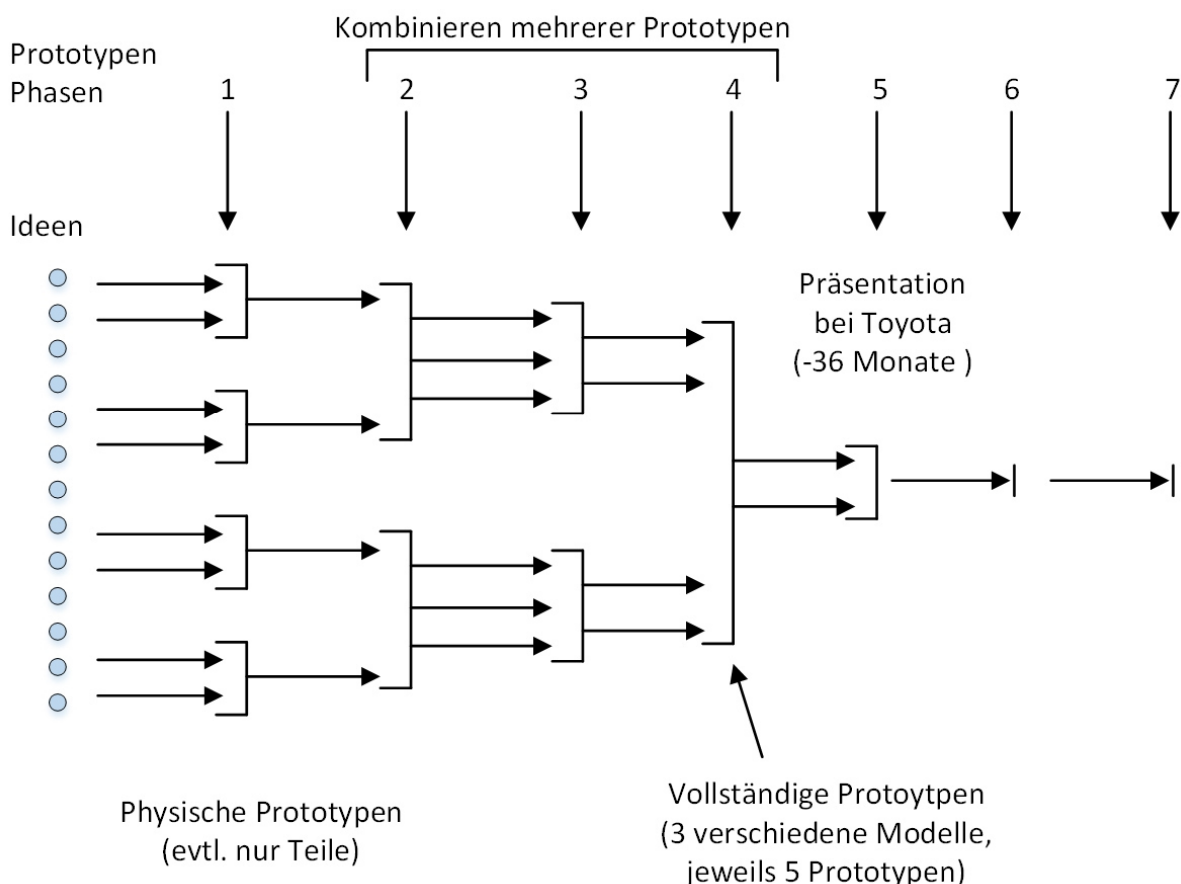


Abbildung 5-2: Entwicklungsprozess bei Denso (Zulieferer von Toyota) nach Jeffrey K. Liker, Allen C. Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek

⁵⁰ "The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster" von Jeffrey K. Liker, Allen Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek II; Sloan Management Review - 1995

Toyota bezieht diese neuen Zulieferermodule und -technologien in die Konzeptfindung mit ein, sodass Module und Technologien aus den Präsentationen direkt in das endgültige Konzept mit einfließen. Der Vorteil hierbei ist darin zu sehen, dass die Zulieferer sich nicht nach den Spezifikationen der OEMs richten müssen, sondern eine vollständig autonome Entwicklung möglich ist. Zudem informiert sich Toyota im Rahmen der Präsentation über Neuentwicklungen und sammelt Daten, um den Bereich des Machbaren vor dem Projekt neu zu definieren.

Diese eigenständige Entwicklungsarbeit der Zulieferer kann nur durch enge Beziehungen zu den OEMs sinnvoll gestaltet werden. *Denso* sammelt Informationen über alle Toyota Modelle und schlussfolgert daraus Anforderungen für in Zukunft relevante Module. Hieraus und mit dem Wissen über künftige Markttrends werden vollständige Produktfamilien um ein einziges Konzept entwickelt. Diese Produktfamilien erlauben eine Vielzahl an Möglichkeiten, ohne dass die Kosten durch individuelle Entwicklungen stark ansteigen. Toyota entscheidet sich im Regelfall für ein oder zwei Produkte des Zulieferers, ohne den Wunsch nach einer individuellen Entwicklung zu äußern. Diese Art der Zusammenarbeit ist nur mit Zulieferern möglich, die von Toyota als Partner bezeichnet werden und in eingeschränkter Form auch mit anderen Zulieferern, welche die entsprechenden Entwicklungskapazitäten besitzen und sich in der Vergangenheit bewährt haben.

Die Entwicklungszeit für Module liegt bei *Denso* in der Größenordnung von acht Jahren. Diese Zeit lässt sich durch den hohen Innovationsgrad den *Denso* anstrebt, in Kombination mit einem ebenso hohen Reifegrad begründen. Ein Großteil der Entwicklungsarbeit findet vor der offiziellen Projekteinbindung statt, sodass im Anschluss lediglich kleinere Modifikationen vorgenommen werden müssen. Mit dieser Aufteilung lässt sich die Unsicherheit bei Neuentwicklungen vom kritischen Pfad der Fahrzeugentwicklung des Herstellers abkoppeln.

5.2 Set Based Concurrent Engineering

Das Herzstück von Toyotas Entwicklungsprozess ist die Entwicklungsmethodik, die im Folgenden durch den Vergleich mit der herkömmlichen Methodik analysiert wird.

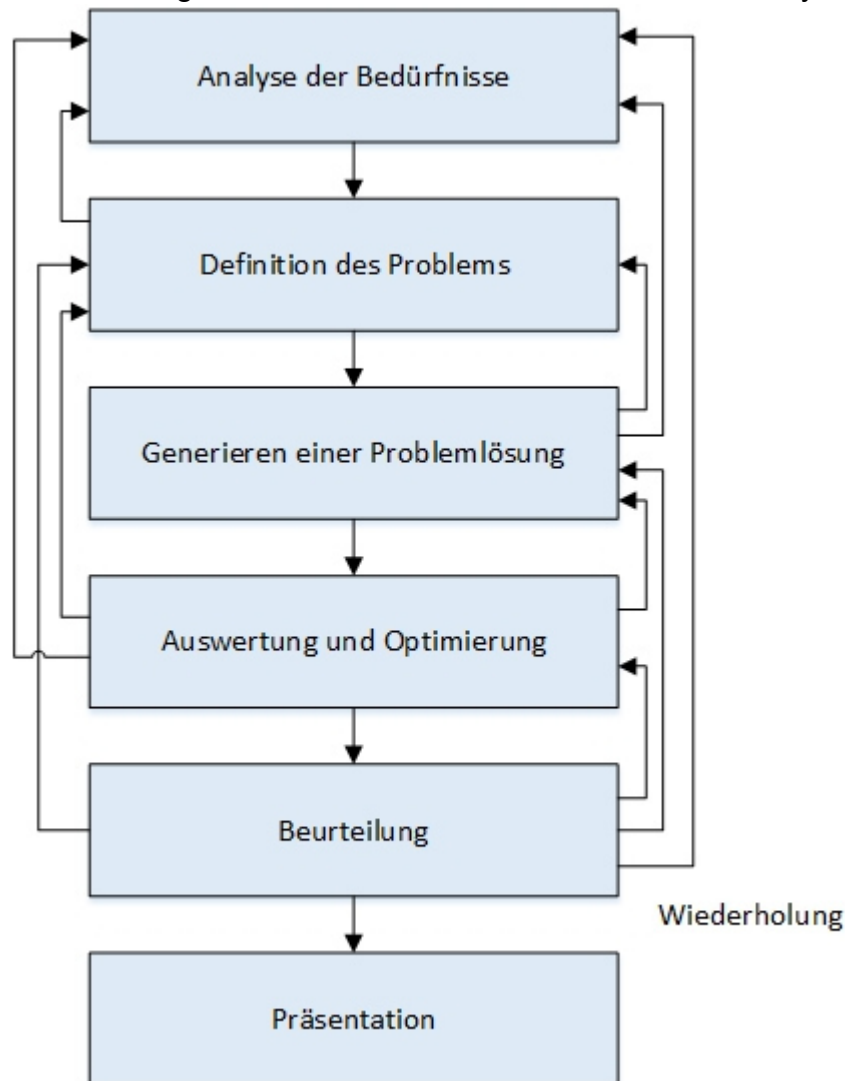


Abbildung 5-3: Shigley's Modell der Entwicklung nach Joseph E. Shigley & Charles R. Mischke

In der Literatur hat sich die Unterscheidung der Entwicklungsmethodik an Hand der zeitlichen Abläufe und der Zusammenarbeit zwischen den Fachbereichen herauskristallisiert. Das sogenannte *point-based engineering* bezeichnet einen iterativen Prozess der Verbesserung, dargestellt in Abbildung 5-3. Iterativ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine punktweise Annäherung an die angestrebte Lösung erfolgt. Es werden konkrete Lösungen generiert, evaluiert und überarbeitet. Diese Schleife wird solange durchlaufen, bis das Ergebnis den Anforderungen genügt.

Die Eingliederung der Fachabteilungen in diesen iterativen Prozess zeigt die Problematik dieser Methode auf (Abbildung 5-4). Die Abteilungen sind zeitlich nacheinander und nicht gleichzeitig an der Entwicklung beteiligt. Durch diese Eingliederung folgt, dass jede Abteilung eine für die eigene Problemstellung optimale Lösung generiert, die jedoch nicht zwangsläufig das Optimum für das Gesamtprojekt

darstellt. Änderungen im späteren Verlauf des Projektes können somit die bereits geleistete Entwicklungsarbeit beeinflussen und gegebenenfalls unbrauchbar machen, sodass vermeidbare Mehrfacharbeiten entstehen.

Gestaltungsraum

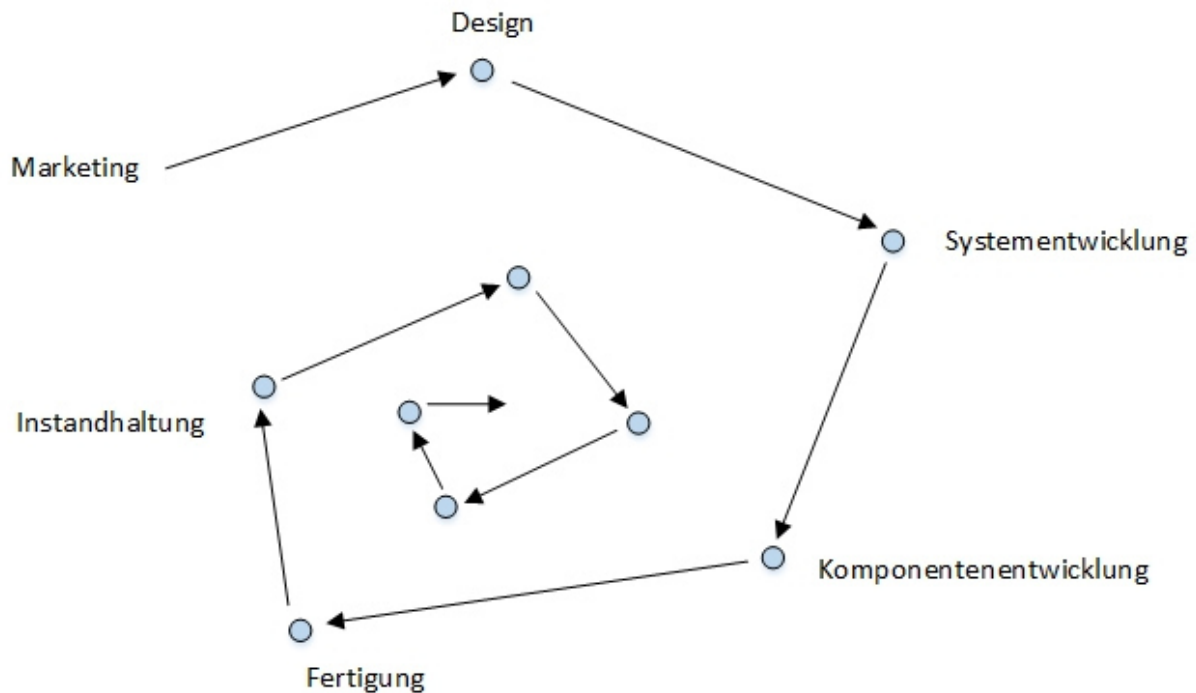


Abbildung 5-4: Eingliederung verschiedener Fachabteilungen in den Prozess des point-based engineering nach Jeffrey K. Liker, Allen C. Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek

Um dieses zu verdeutlichen, wird das Zusammenspiel zwischen Karosseriebau und Fertigung betrachtet. In einem zeitlich idealisiert getrennten Prozess entwickelt die Karosseriebauabteilung eigenständig, ohne dabei die Fertigung mit einzubeziehen. Hierbei besteht die Möglichkeit, dass die Fertigung die Karosserie nach den gegebenen Spezifikationen nicht fertigen kann und diese somit von der Karosseriebauabteilung nachgebessert werden muss. Würden beide Abteilungen parallel an Karosserie und Fertigungsprozess arbeiten und sich gemeinsam an eine für das Zusammenspiel beider Fachbereiche optimale Lösung annähern, wäre das Ergebnis für das Gesamtprojekt von größerem Nutzen.

Sehr viele Unternehmen sehen die Problematik ausschließlich in dem Zusammenspiel zwischen den einzelnen Abteilungen oder der zeitlichen Trennung der Arbeit verschiedener Fachbereiche, nicht jedoch in der Herangehensweise der Lösungsfindung. Als Resultat aus dieser Fehlinterpretation werden Projektteams gebildet und es wird versucht die Einbindung der Fachbereiche übergreifend zu gestalten. Liker, Ward, Sobek und Cristiano bezeichnen diese Weiterentwicklung des *point-based engineering* als *concurrent engineering*, sinngemäß übersetzt bedeutet dies „gemeinsames Entwickeln“.

Im besten Fall werden durch vermehrte Absprachen und die frühe gemeinsame Einbindung der verschiedenen Funktionsgruppen Probleme im weiteren Projektverlauf

vermieden, woraus ein in Teilen effizienter gestalteter Entwicklungsprozess hervorgeht. Es besteht jedoch die Gefahr, dass durch mangelnde Effizienz und zu wenig Struktur in der Kommunikation sehr viel vermeidbare Zeit in Meetings verbracht wird.

Der entscheidende Unterschied zwischen Toyota und seinen Konkurrenten liegt in der systematischen Suche nach der optimalen Lösung. Beim sogenannten *set based concurrent engineering* werden keine konkreten Einzellösungen betrachtet, sondern Lösungsräume, welche sehr viele potentielle Lösungen enthalten.

Zur Verdeutlichung dieses Unterschiedes kann die Suche nach einem Termin für ein Meeting herangezogen werden. Bei der Suche für einen gemeinsamen Zeitpunkt gibt jeder Teilnehmer zunächst freie Zeiträume an. Im Idealfall überschneiden sich diese Zeiträume, sodass ein für jeden Teilnehmer zufriedenstellender Termin aus dieser Schnittmenge definiert werden kann. Niemand mit dem Auftrag ein Meeting zu organisieren würde jeden Teilnehmer nacheinander nach einem konkreten Zeitpunkt fragen und dies solange wiederholen, bis durch Zufall ein gemeinsamer Termin gefunden wird. Die Findung eines Termins geschieht über die Bildung von Schnittmengen, mit anschließender Konkretisierung eines genau definierten Zeitpunkts.

Ebenso wie bei der Suche nach einem Termin Zeiträume eingegrenzt werden, bedient sich Toyota bei der Lösungsfindung Gestaltungsräumen, welche die Lösungsmengen repräsentieren. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 5-5 dargestellt.

Zunächst wird ein Bereich möglicher Lösungen auf Ebene des Gesamtsystems definiert, keine einzelne Lösung. Im Anschluss werden für jedes Teilsystem ebenfalls Lösungsmengen definiert. Die Definition dieser Räume möglicher Lösungen erfordert ein sehr hohes Maß an Wissen über die eigenen Fähigkeiten. Jeder Fachbereich pflegt daher sorgfältig seine Checklisten, die zusammen mit dem Konzept des Chief Engineers die Richtung der Lösungssuche vorgeben.

Anschließend werden die Teilsysteme parallel tiefgehend erkundet. Dieses geschieht mit Hilfe von Gestaltungsrichtlinien, Simulationen und Experimenten. Mit Hilfe der in diesem Prozess gewonnen Erkenntnisse werden die Lösungsräume schrittweise eingegrenzt, bis am Ende eine einzelne Lösung hervorgeht.

Sobald eine Lösung für ein Teilsystem etabliert wurde, wird diese nicht mehr verändert, es sei denn es ist unvermeidbar. Änderungen zu Verbesserungszwecken werden nicht mehr vorgenommen, um die Validierung getroffener Entscheidungen nicht zu gefährden.

Dieser Prozess der Lösungsfindung scheint einen hohen Aufwand an Kommunikation und Zusammenarbeit zu erfordern. Dieser Schein trügt jedoch. Durch das konsequente Einhalten getroffener Entscheidungen und das genaue Wissen über die Grenzen der Gestaltungsspielräume entfällt ein Großteil der Absprachen. Diese „konzeptuelle Robustheit“, also die Entscheidungsfreiheit in gesetzten Grenzen, macht diesen Ansatz erst sinnvoll. Solange jede beteiligte Interessengruppe eine Lösung in

den gesteckten Grenzen erarbeitet, ist diese für alle anderen zufriedenstellend. Hierdurch wird das parallele Arbeiten an eng verknüpften Teilsystemen möglich, was zur zeitlichen Effizienz der Entwicklung beiträgt. Die Vielzahl an Alternativen und Prototypen ist nicht als Konsequenz ständiger Veränderungen zu sehen, sondern Resultat der Anstrengungen den gesamten Gestaltungsraum so genau wie möglich zu erkunden, um fundierte und somit für den weiteren Verlauf valide Entscheidungen treffen zu können.

Set-Based Concurrent Engineering

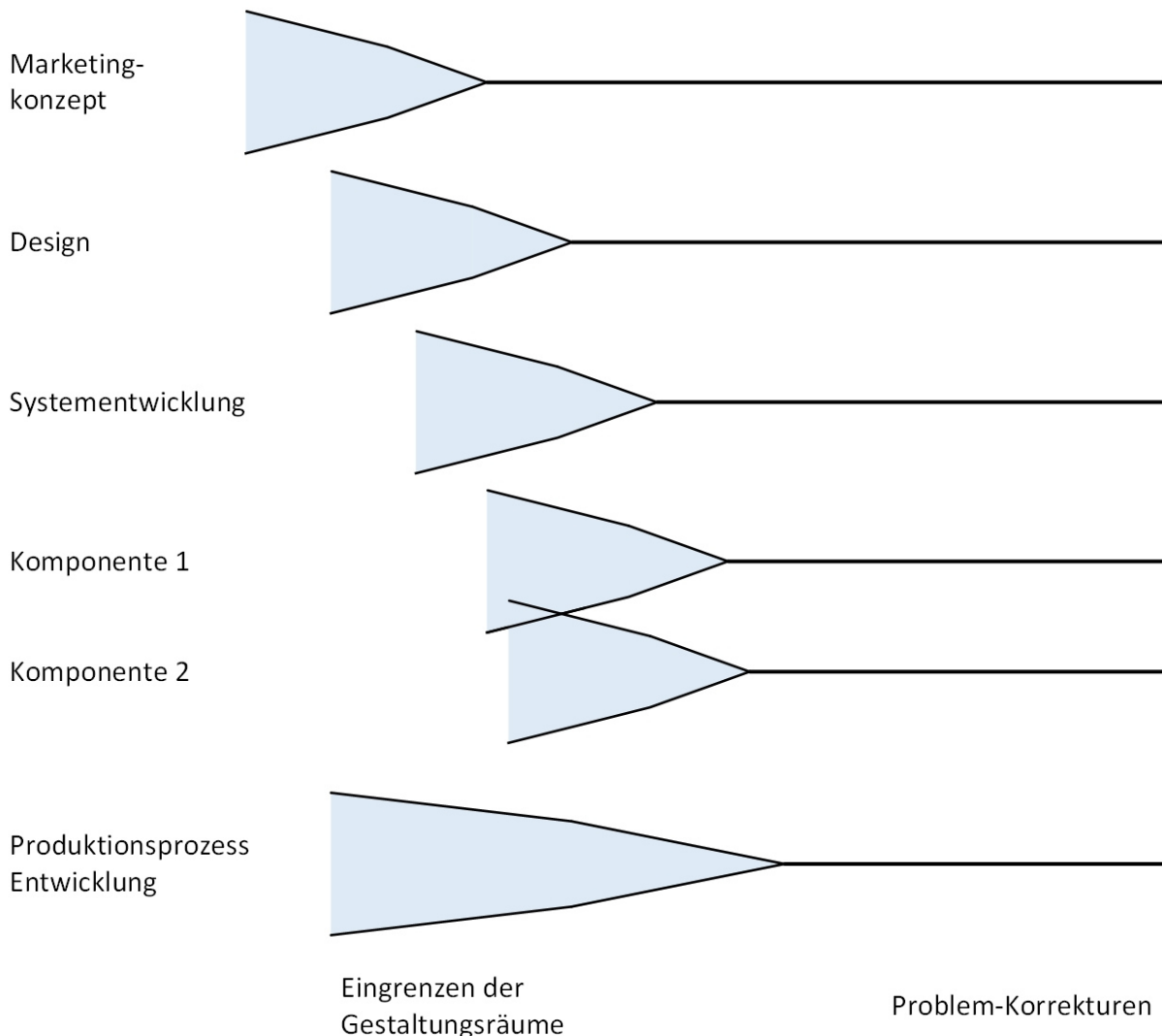


Abbildung 5-5: Lösungsfindung Set-Based Concurrent Engineering nach Jeffrey K. Liker, Allen C. Ward, John J. Cristiano & Durward K. Sobek

Toyotas Entwicklungsmethodik beruht auf dem theoretischen Ansatz, dass es für jedes konstruktive Problem einen Bereich mit vielen verschiedenen Lösungen gibt. Durch akribisch geführte Checklisten kennen die Fachabteilungen ihre Grenzen sehr genau und können potentielle Lösungen einfach auf Realisierbarkeit überprüfen. Solange sich alle Interessengruppen in den durch die Checklisten gesetzten Schnittmengen aufhalten, wird die endgültige Lösung die Zustimmung aller Fachbereiche finden. Entscheidungen werden so lange wie möglich herausgezögert, um mehr Wissen über

den Lösungsraum zu generieren. Einmal getroffen, werden sie nicht mehr rückgängig gemacht.

Dieser Ansatz steht in starkem Widerspruch zu der Vorgehensweise US-amerikanischer Automobilhersteller, die nach einem iterativen Ansatz mit sehr frühen Entscheidungen und den damit anhaftenden Problemen verfahren.

5.3 Ausgewählte Methoden

Neben fundamentalen Entwicklungsmaximen wie beispielsweise *Re-Use*, modularen Produktarchitekturen mit einer begrenzten Variantenvielfalt, einer ausgedehnten Vorentwicklung und einer konservativen Philosophie mit einem evolutionär anmutendem Entwicklungsprozess, kommen auch Methoden zum Einsatz, um die Qualität der Fahrzeuge zu gewährleisten.

Toyota bedient sich während seiner Entwicklung vieler einfacher, aber effektiver Methoden, von denen an dieser Stelle eine Auswahl vorgestellt wird. Es soll gezeigt werden, dass ein Wettbewerbsvorteil nicht durch spezielle Software oder komplizierte Analysen erworben wird, sondern durch die effektive Implementierung einfacher Konzepte in den Entwicklungsprozess. Keine der nachfolgenden Methoden ist besonders komplex oder teuer. Vielfach scheitert das Anwenden einfach durch mangelnde Disziplin der Ingenieure, die nicht an repetitiven und wenig prestigeträchtigen Tätigkeiten interessiert sind.

5.3.1 GD^3 – Mizen Boushi

Die sogenannte *GD^3 -Methode* ist eine Form der präventiven Qualitätssicherung, welche Toyota anwendet, um von Anfang an qualitativ hochwertige und ausgereifte Produkte auf den Markt bringen zu können.

Hinter dem Namen GD^3 verbergen sich die drei Bestandteile dieser Methode (good design, good discussion, good design review).

Zur Verdeutlichung, an welcher Stelle die *GD^3 -Methode* ansetzt, dient Abbildung 5-6. Der Prozess zur Behebung eines Fehlers lässt sich in drei Schritte untergliedern. Zunächst muss ein auftretender Fehler unmittelbar behoben werden. Dies wäre zum Beispiel die Reparatur eines defekten Bauteils. Im nächsten Schritt wird die Ursache des Problems aufgedeckt, um ein erneutes Auftreten zu unterbinden. Eine Analogie hierfür ist die Änderung der konstruktiven Schwachstelle, die für das Auftreten des Fehlers verantwortlich ist. In letzter Instanz, hier setzt *Mizen Boushi* an, wird auf die Vorhersage eines Fehlers an Hand von Rückschlüssen aus bereits behobenen Fehlern abgezielt, um präventiv ähnliche Fehler vermeiden zu können, beispielsweise durch das Vermeiden konstruktiver Eigenheiten, welche sich als fehleranfällig herausgestellt haben.

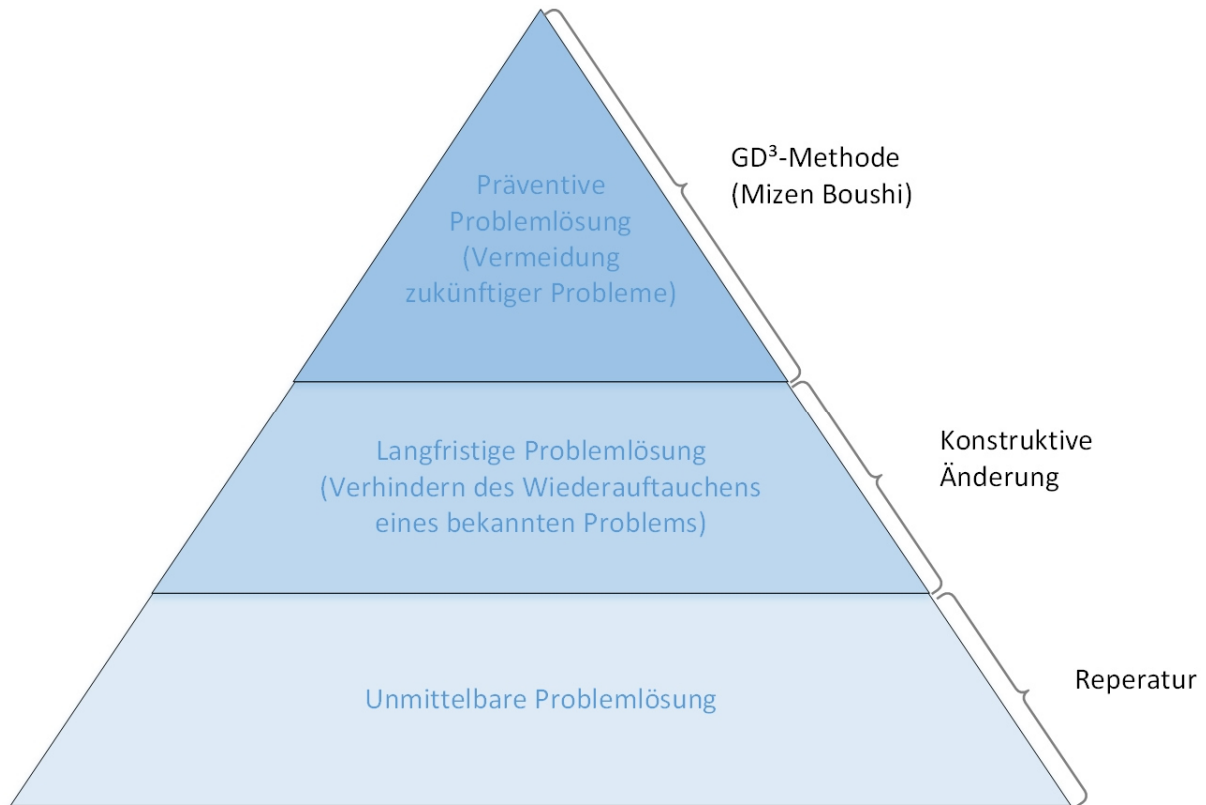


Abbildung 5-6: Eingruppierung der GD³-Methode in die Problemlösungspyramide

Um eine effektive präventive Problemlösungsmethodik anwenden zu können, müssen OEM und Zulieferer eng zusammenarbeiten, da beide nur zusammen ausreichend Informationen besitzen, um mögliche Problemquellen im Voraus zu erkennen.



Abbildung 5-7: Zusammenarbeit zwischen OEM und Zulieferer für effektive Fehlerpräventionsarbeit

Abbildung 5-7 illustriert, dass das Wissen von OEM und Zulieferer benötigt wird, um mögliche Fehlerquellen vor dem Auftreten zu erkennen. Der Grund liegt darin, dass der Zulieferer sehr genaue Informationen über die Belastungsgrenzen des Bauteils

besitzt, jedoch nicht im Detail über die Einsatzbedingungen und die damit verbundenen Belastungen unterrichtet ist. Dieses fehlende Wissen besitzt hingegen der OEM, sodass in Zusammenarbeit sehr genaue Vorhersagen über das Auftreten von Fehlern getroffen werden können.

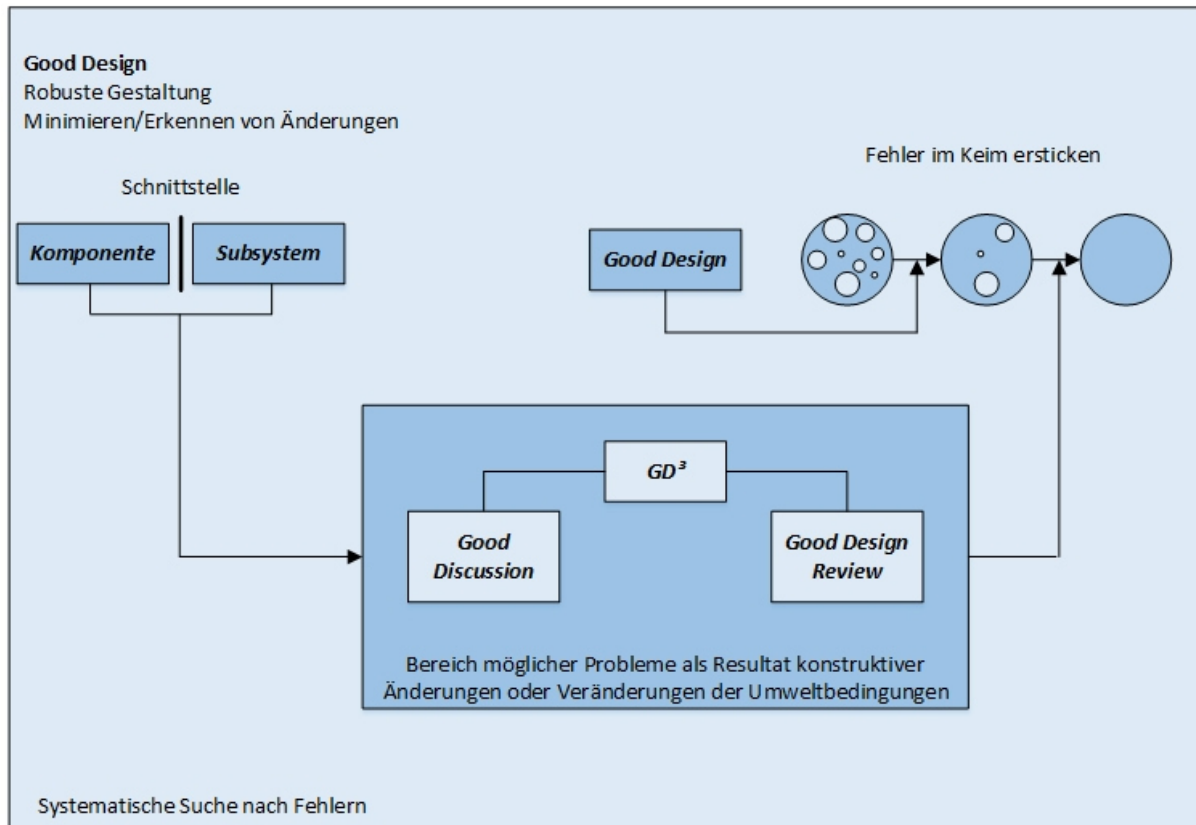


Abbildung 5-8: Überblick GD³ nach Rafael Laurenti & Henrique Rozenfeld

Die GD³-Methode lässt sich nach Abbildung 5-8 in einen zweistufigen Prozess aufteilen. In erster Instanz stehen bei Toyota Richtlinien bzw. Entscheidungsleitfäden, die während des Konstruktionsprozesses angewendet werden, um bekannte Fehlerquellen und Fehlermuster auszugrenzen. Diese Vorgehensweise kommt einer Prävention von Fehlern durch gesammelte Erfahrungen gleich. All jene Abläufe, Methoden und Konstruktionsmuster, die in vorangegangenen Projekten als fehleranfällig eingestuft werden, erhalten keine Berechtigung in dem aktuellen Projekt.

Wissensträger sind neben den Erfahrungen der Ingenieure auch die sogenannten Checklisten, welche jede Abteilung nach Projektabschluss aktualisiert. Somit können bewährte Konzepte und Eigenheiten wiederverwendet werden, woraus eine Risikominimierung und Transparenz für andere Abteilungen resultieren.

Im Gegensatz zur Auslegung von Bauteilen, in Anlehnung an die DIN-Normen, entscheidet bei Toyota nicht alleine der Sicherheitsfaktor ob ein Bauteil den Anforderungen genügt. Neben dem Sicherheitsfaktor bezieht Toyota einen sogenannten Robustheitsfaktor mit ein. Hierdurch werden veränderte Nutzungsbedingungen ebenso in die Berechnung eingegliedert, wie Abweichungen in der Fertigung oder beim Ausgangsmaterial.

In der DIN finden sich Sicherheitsfaktoren, welche für die Konstruktion von Bauteilen einzuhalten sind. Verallgemeinert lässt sich festhalten, dass der Sicherheitsfaktor mit steigenden Konsequenzen im Versagensfall der Komponente ansteigt. Dieser ist definiert durch Quotienten von ertragbarer Belastung zu vorherrschender Belastung. Problematisch hierbei ist, dass mit idealisierten Werten für Belastung und Materialkenngrößen gerechnet wird. Es kann vorkommen, dass ein sehr hoher Sicherheitsfaktor in Folge von Materialabweichungen und veränderten Einsatzbedingungen (z. B. Temperaturänderung), sehr viel kleiner wird, als ursprünglich vorausgesetzt.

Der sogenannte Robustheitsfaktor ist ein Parameter für die ertragbaren Abweichungen von den angenommenen Nutzungsbedingungen bis hin zum Bauteilversagen. Mit dieser Kombination aus Sicherheitsfaktor und Robustheitsfaktor sind die Bauteile sowohl unter Berücksichtigung konstruktionsbedingter Veränderungen (Materialeigenschaften, Toleranzen usw.) als auch einem erweiterten Spektrum an Einsatzbedingungen (Temperatur, Wetter, usw.) gestaltet.

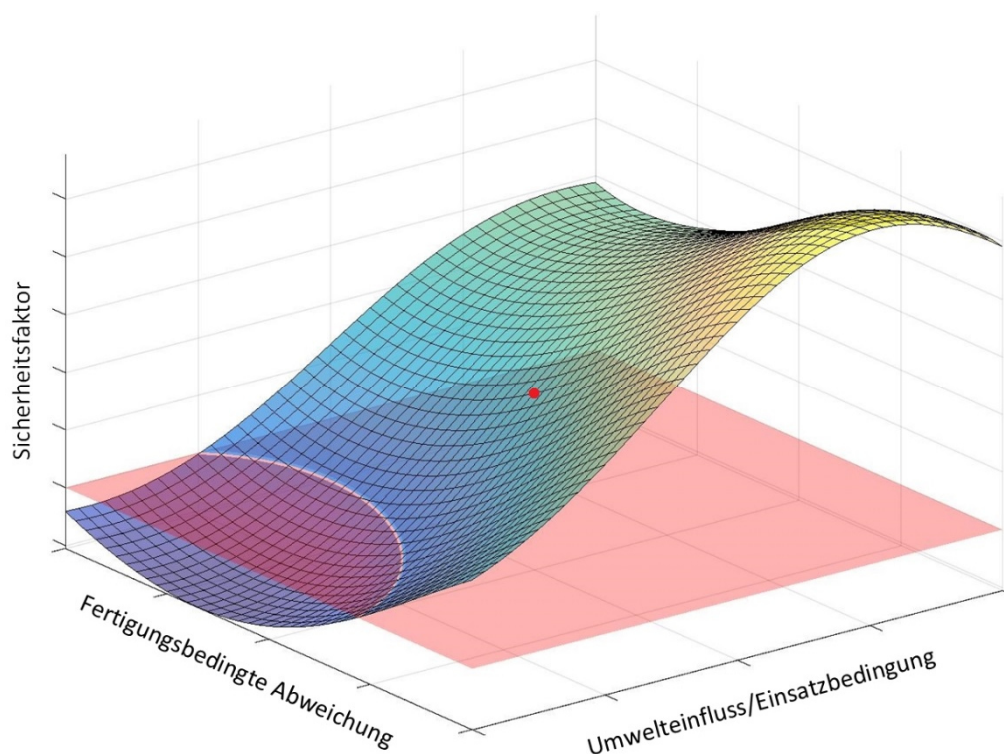


Abbildung 5-9: Sicherheitsfaktor bei veränderlicher Fertigung und Umwelt

Eine Illustration der vorherigen Aussagen liefert Abbildung 5-9. Der rote Punkt in der Mitte der Grafik steht für die Auslegung nach idealisierten Fertigungs- und Umweltbedingungen. Die farbige Fläche steht für den realen Sicherheitsfaktor bei entsprechenden Abweichungen von den idealisierten Werten und die rote Ebene stellt den kritischen Punkt, dementsprechend einen minimalen Sicherheitsfaktor dar.

Um den Sachverhalt der Abweichungen an einem Beispiel zu verdeutlichen, wird ein Pressverbund herangezogen. Zu der fertigungsbedingten Abweichung (Toleranz), wird ebenfalls ein veränderlicher Umwelteinfluss (Temperatur) betrachtet.

Ergibt sich durch die Toleranzen bei der Fertigung nur ein geringes Übermaß, welches durch ungünstige Temperaturen weiter verschlechtert wird, so kann es durch diese suboptimale Kombination aus fertigungsbedingter Abweichung und Umwelteinfluss dazu kommen, dass der reale Sicherheitsfaktor kleiner wird als der minimale Sicherheitsfaktor.

Toyota umgeht diese Problematik durch den Robustheitsfaktor. Der gesamte Bereich, in welchem die farbige Kurve oberhalb der roten Ebene ist, steht für ertragbare Rahmenbedingungen. Der Robustheitsfaktor beschreibt diesen Sachverhalt durch maximale Abweichungen in der Fertigung und definierte Einsatzbedingungen.

Durch diese Auslegung können Grenzen für die Nutzung abgesteckt werden, innerhalb derer die Konstruktion mit ausreichender Sicherheit funktioniert und Bereiche, die zu einem Bauteilversagen führen.

Anknüpfend daran wird der Umkehrschluss geprüft. Wie kann ein Versagen herbeigeführt werden und ist es für diese Konstruktion relevant? Mit dieser invertierten Denkweise werden Aspekte betrachtet, die im ursprünglichen Ablauf eventuell nicht berücksichtigt wurden. Des Weiteren können Änderungsoptionen von Anfang an verworfen werden, da diese mögliche Fehlermuster begünstigen.

Toyota versteht unter *Good Design* eine konservative Gestaltungsvariante, welche sich an den Erfahrungen ähnlicher Komponenten bedient und eine Vielzahl möglicher Fehlerquellen ausschließt. Zudem sollen Konstruktionen gegen veränderliche Umweltbedingungen robust sein und nicht nur unter Laborbedingungen optimale Resultate liefern.

Eine robuste Konstruktion wird durch Beachten einiger Grundsätze, wie beispielsweise die Wiederverwendung bewährter Technik und Konstruktionen, erreicht. Zudem werden bei Neuerungen nicht nur die direkten Änderungen (an der Komponente), sondern ebenfalls die Auswirkungen auf das Umfeld und andere Bauteile genauestens betrachtet. Verbunden damit ist, dass in einem Modellzyklus die Anzahl an Änderungen stark begrenzt wird, um einen Überblick über die Auswirkungen aufrechterhalten zu können.

Im Anschluss an die erste Stufe, der Fehlervermeidung, folgt eine zweite Stufe, mit dem Ziel, Fehler so früh und einfach wie möglich aufzudecken. Hierzu verwendet Toyota unter dem Begriff *Good Discussion* Richtlinien für Gespräche und Meetings, um diese so effektiv wie möglich zu gestalten und Probleme in enger Zusammenarbeit mit dem Gesprächspartner zu finden.

Die Richtlinien für ein gutes Gespräch (engl. *good discussion*) sind in erster Linie abhängig vom Adressaten. Gesprächspartner im Bereich der konstruktiven Tätigkeiten haben in der Regel einen sehr genauen Überblick über Erfahrungen mit konstruktiven Eigenheiten und möglichen Beeinträchtigungen der Konstruktion. Dementsprechend

sollten diese Punkte in einem Gespräch adressiert werden. Selbiges gilt für Gespräche mit Produktionsingenieuren oder Zulieferern.

Ziel der Gespräche ist es, Informationen über das Verhalten von Bauteilen oder Prozessen zu generieren. So ist es hilfreich Montageprozesse vor Ort durchzuführen und Produkte bei der Nutzung zu beobachten.

Für die Fehlersuche benutzt Toyota einen standardisierten Ablaufplan, welcher durch den Prozess der Ursachenermittlung und Fehlerbehebung führt. Dieser erinnert stark an die zuvor erwähnten A3-Berichte. Beide Hilfsmittel sind einfach, klar strukturiert und geben einen schnellen Überblick über die Situation.

Im ersten Schritt wird das Problem beschrieben. Damit eng zusammen hängt die genaue Definition des Problems. Inwiefern weicht die aktuelle Situation von der erwarteten Situation ab, wo genau liegt die Diskrepanz?

Anschließend werden sofortige Gegenmaßnahmen zur unmittelbaren Behebung des Fehlers beschlossen. Nach einer ausführlicheren Analyse vor Ort muss die eigentliche Fehlerquelle aufgedeckt werden. Hierzu wird beispielsweise die *5-Why-Methode* angewendet. Wenn die tiefergehende Problemursache gefunden ist, können langfristige Gegenmaßnahmen entworfen werden. Diese müssen unternehmensweit durchgesetzt und in regelmäßigen Zeitintervallen auf ihre Effektivität überprüft werden.

Voraussetzungen für diesen Problemlösungsablauf sind die Involvierung aller Managementebenen sowie die von dem Problem betroffenen Abteilungen. Ein fokussiertes Vorgehen muss von einem konsequenten Durchsetzen der getroffenen Maßnahmen gefolgt werden, um den Nutzen maximieren zu können.

Der dritte Bestandteil der *GD³-Methode* zielt ebenfalls auf effektive Fehlererkennung in den Anfängen der Produktentwicklung ab. Eine gute Betrachtung der Konstruktion (engl. *good design review*) sollte grundsätzlich in einer Zusammenarbeit zwischen OEM und Zulieferer erfolgen.

Zu jedem konstruierten Bauteil liegt unternehmensintern eine *FMEA* (Failure Mode Effect Analysis) vor. Da eine sorgfältig durchgeführte *FMEA* sehr zeitaufwendig ist und bei einer Neuerstellung für jede Überarbeitung eines Bauteils sehr viel redundante Arbeit anfallen würde, führt Toyota ein *DRBFM* (Design Review Based on Failure Mode) durch. Dieser Ablauf fokussiert ausschließlich die Veränderungen an Bauteilen⁵¹ und resultiert in einer tiefergehenden Analyse der relevanten Gebiete. Formal ist das *DRBFM* vergleichbar mit einer *FMEA*, andere Quellen bezeichnen das *DRBFM* auch als *FMEAM* (Design Failure Mode and Effect Analysis of Modifications)⁵². Auch wenn die Methode zum jetzigen Zeitpunkt nicht tiefergehend erforscht wurde, wird der Prozess als informell und eng in die Entwicklungstätigkeit eingebunden beschrieben. Unstrittig ist jedoch, dass diese Methode nur von

⁵¹ "Introducing to Japanese Style Mizenboushi Methods for Preventing Problems Before They Occur" von James McLeish & William Haughey – 2013

⁵² "An Improved Method of Failure Mode Analysis for Design Changes" von R. Laurenti & H. Rozenfeld; 19th CIRP Design Conference – Cranfield University - 2009

erfahrenen Ingenieuren effektiv angewendet werden kann, da ein tiefgehendes Verständnis erforderlich ist, um die Auswirkungen von möglichen Änderungen anhand von Zeichnungen oder CAD-Modellen einschätzen zu können.

Ähnlich wie beim *DRBFM* soll ein *DRBTR* (Design Review Based on Test Results) potentielle Fehlerquellen erkennen. Im Gegensatz zu einem klassischen Testverfahren, bei welchem das Bauteil entweder besteht oder durchfällt, werden die Ergebnisse genauer betrachtet. Auch wenn ein Bauteil eine Testreihe erfolgreich besteht, können inkonsistente Ergebnisse ein Zeichen für eine Funktionsbeeinträchtigung und somit eine mögliche Fehlerquelle sein.

Für den Fall, dass auf diese Weise mögliche Fehlerursachen gefunden werden, führt Toyota spezifische Tests durch um den Fehler mit geänderten Rahmenbedingungen bewusst herbeizuführen. Gelingt es einen Fehler zu reproduzieren, erfolgt ein Bewertungsprozess, der u. a. die Kundenbeeinträchtigung mit einfließen lässt und schlussendlich die Notwendigkeit für Gegenmaßnahmen aufzeigt.

Ähnlich wie beim *DRBFM*, ist auch beim *DRBTR* ein hohes Maß an Erfahrung notwendig. Zunächst müssen mögliche Probleme auf Grundlage der Bewertung von Testresultaten erkannt werden und diese dann im Anschluss durch einfallsreiche Versuche verifiziert werden.

Die *GD³-Methode* stellt ein sehr effektives Tool für Toyota dar, das Probleme in der frühen Phase der Produktentwicklung minimiert und behebt. Problematisch, besonders für westliche Firmen ist, dass diese Arbeit monoton und wenig prestigeträchtig ist. Auch wenn „*niemand Ansehen für das Beheben eines Problems, welches nie auftritt bekommt*“ (engl. „*Nobody ever gets credit for fixing problems that never happened*“⁵³), so handelt es sich bei der *GD³-Methode* um einen wesentlichen Bestandteil in Toyotas Entwicklungsprozess.

5.3.2 Taguchi-Methode

Im Zusammenhang mit der Beschreibung von Toyotas Definition einer guten Konstruktion, findet der Begriff Robustheit häufig Verwendung. Ein robustes Bauteil bzw. eine robuste Konstruktion zeichnet sich durch eine geringe Streuung der Zielgröße bei variierenden Rahmenbedingungen, wie beispielsweise Materialeigenschaften, Prozessabweichungen oder Einsatzbedingungen aus.

Dieser Zusammenhang wird durch Abbildung 5-10 verdeutlicht. Auf der Abszisse ist die Varianz einer möglichen Störgröße und auf der Ordinate die daraus resultierende Varianz der Ausgangsgröße aufgetragen. Die roten Linien zeigen einen Prozess, der nicht robust ist. D. h. eine kleine Varianz der Störgröße führt zu großen Abweichungen der Ausgangsgröße. Ein robuster Prozess, in der Abbildung durch die grünen Linien dargestellt, zeichnet sich durch eine geringe Varianz der Ausgangsgröße bei stark

⁵³ „*Nobody Ever Gets Credit for Fixing Problems that Never Happened: Creating and Sustaining Process Improvement*“ von Nelson P. Repenning & John D. Sterman; California Management Review - 2001

schwankenden Störgrößen aus. Das Ergebnis des Prozesses hängt dementsprechend wenig von nicht zu beeinflussenden Faktoren ab.

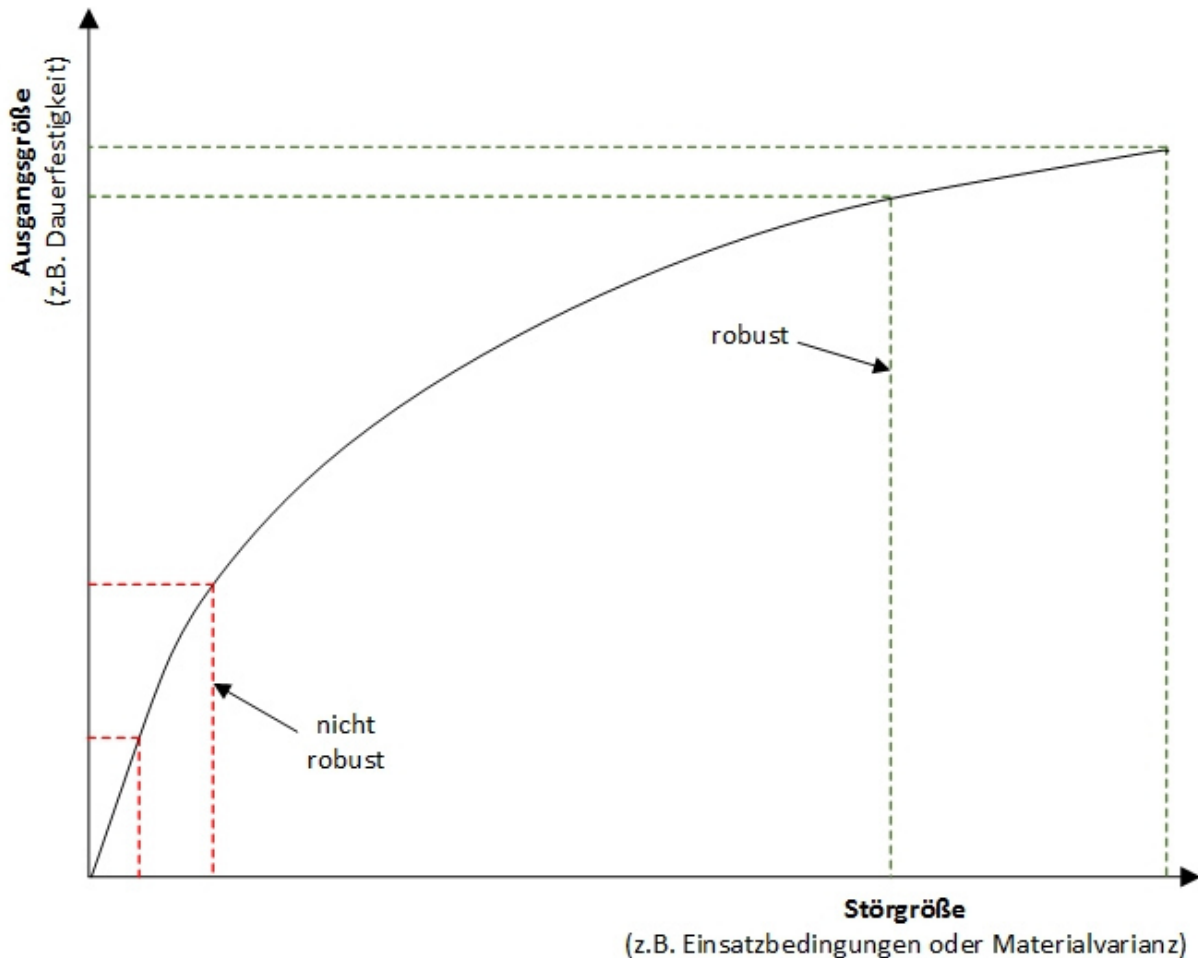


Abbildung 5-10: Definition Robustheit

Die Taguchi-Methode wurde von Genichi Taguchi entwickelt und sehr früh von Toyota in den Methodenbaukasten übernommen. Anwendung findet diese Methode sowohl bei der Optimierung von Prozessen, wie z. B. in der Fertigung, als auch bei der Optimierung von Bauteilen und Produkten. Die Vorgehensweise ist in beiden Fällen dieselbe. Die Unterschiede liegen lediglich in der Wahl der Parameter.

Ziel ist es, ein Minimum an Streuung zu erzielen, ohne dabei auf besonders geringe Toleranzen zurückzugreifen zu müssen. Vielmehr muss die Reduktion der Streuung durch den Prozess bzw. die Konstruktion an sich erreicht werden. Unvermeidbare Abweichungen, beispielweise in Form von Ausgangsmaterialien in der Produktion oder veränderlichen Temperaturen während der Nutzung, dürfen nur wenig Einfluss auf das Ergebnis haben.

Im Folgenden wird der Ablauf der Methode schematisch erklärt, ohne genauer auf die mathematischen Optimierungsmöglichkeiten einzugehen, welche gegebenenfalls nach den Tests anzusiedeln sind. In dieser Ausführung wird sich auf die Nutzung der Robustheitsmatrix im Sinne einer Verifikation für ein robustes Produkt beschränkt.

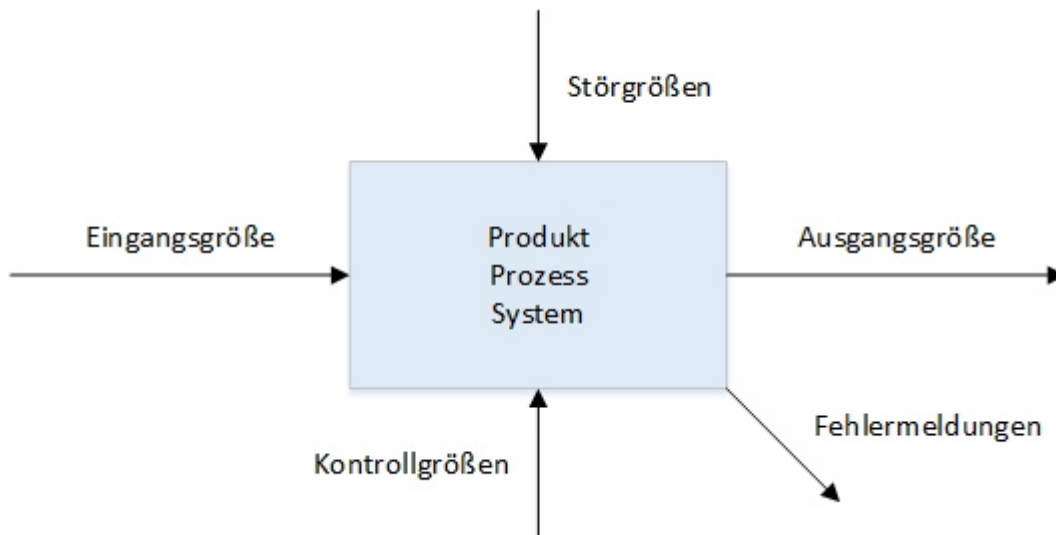


Abbildung 5-11: Parameterdiagramm für den Aufbau einer Robustheitsmatrix
nach Shyam K. Karna & Rajeshwar Sahai / Frank Koppenhagen

Abbildung 5-11 zeigt alle für die Versuchsplanung relevanten Größen. Ziel der Versuche ist es, die Streuung der Zielgröße durch Variation der Kontrollgrößen zu minimieren. Als Kontrollgrößen werden alle vom Konstrukteur oder Prozessverantwortlichen direkt zu beeinflussende Größen bezeichnet, wie beispielsweise Materialstärke oder Prozessgeschwindigkeit.

Faktoren, welche die Ausgangsgrößen ungewollt beeinflussen, werden als Störgrößen bezeichnet. Diese sind nicht zu kontrollieren, ihr Einfluss auf das Ergebnis ist jedoch messbar. Störgrößen können in verschiedenen Formen auftreten, angefangen bei variierenden Materialkennwerten, Prozesstoleranzen und Umweltbedingungen bis hin zum Einfluss der Nutzung durch den Kunden. Da Störgrößen unvorhersehbar auftreten, muss ihr Einfluss auf die Ausgangsgröße so gering wie möglich gehalten werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind sowohl die Ausgangsgrößen als auch Fehlermeldungen, wie z. B. Geräusche, Gerüche oder andere wahrnehmbare Signale. Zudem wird geprüft, ob die gewünschte Funktion des Bauteils oder des Prozesses weiterhin gegeben ist.

Nachdem die Störgrößen, die möglichen Fehlermeldungen und die idealen Funktionen definiert wurden, können diese gemäß Abbildung 5-12 in eine Robustheitsmatrix überführt werden. Bestehen potentiell Zusammenhänge zwischen Störgröße und Fehlermeldung bzw. Störgröße und Funktionsbeeinträchtigung werden diese durch ein Kreuz in dem entsprechenden Feld gekennzeichnet.

Im Anschluss an diese Vorbereitung erfolgt auf Grundlage der gekennzeichneten Zusammenhänge die statistische Versuchsplanung. Die Planung der Versuche erfordert von dem zuständigen Ingenieur ein hohes Maß an Kreativität, da es sich bei den Versuchen nicht um standardisierte Testverfahren handelt, sondern praxisnahe Anordnungen, die potentielle Schwachstellen bei der späteren Nutzung aufdecken sollen. Zudem sollte jeder Test möglichst viele Störfaktoren einbeziehen, damit keine isolierte Prüfung der Störfaktoren vorliegt. Vielmehr sollen auch die Wechselwirkungen

mehrerer Störgrößen und deren Einfluss auf die Ausgangsgröße sowie auf die Fehlermeldungen untersucht werden.

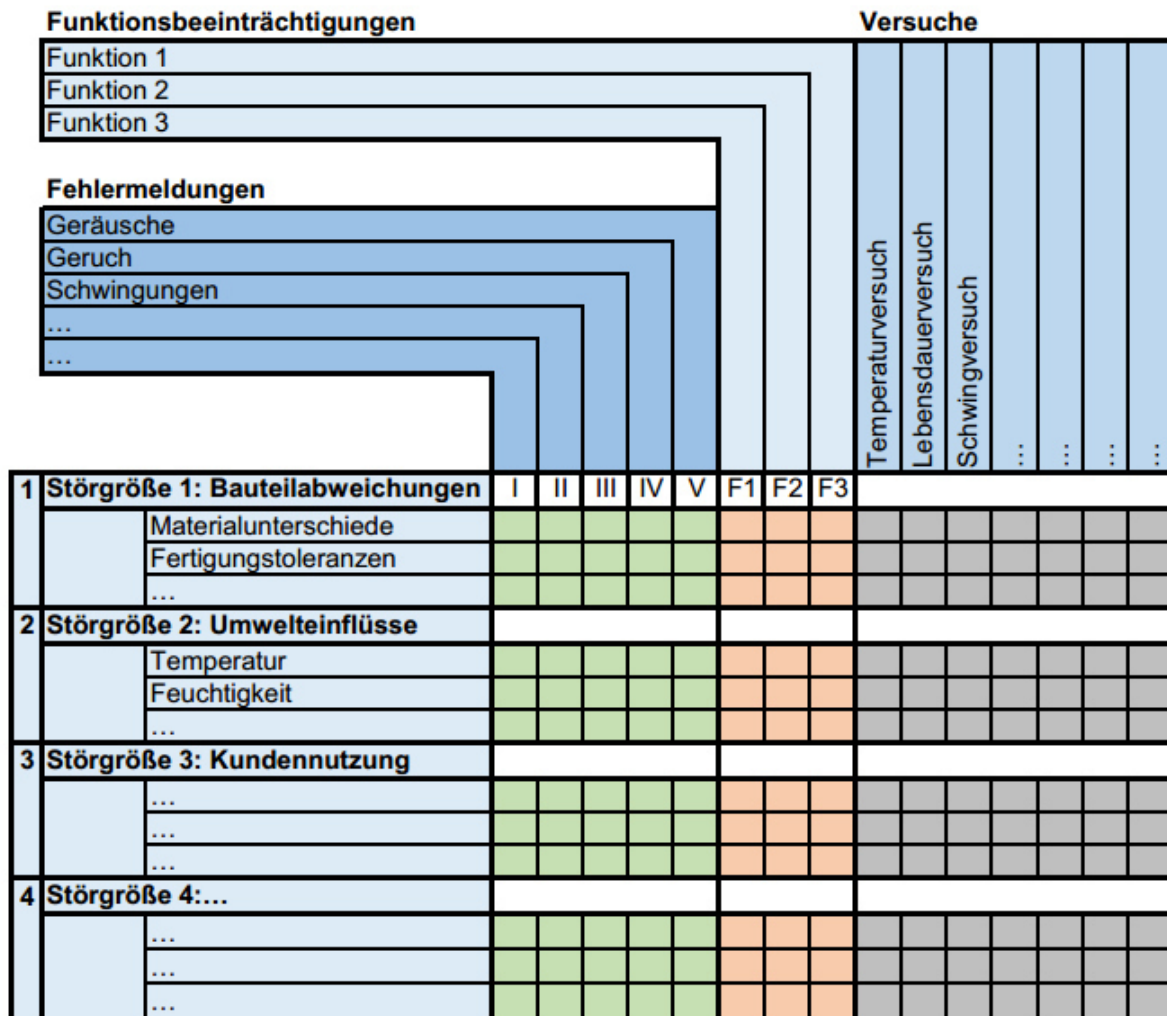


Abbildung 5-12: Beispiel für eine Robustheitsmatrix nach Ole Piening

Bei der Nutzung der Taguchi-Methode als Verifikationsverfahren für die Robustheit ist es ausreichend, wenn Versuche ausschließlich in „bestanden“ oder „nicht bestanden“ unterteilt werden, ohne detaillierte Messergebnisse in die Matrix einzutragen.

Im Falle eines Optimierungsprozesses werden diese Messergebnisse jedoch benötigt. Nachdem alle Versuche mehrmals pro variiertem Kontrollfaktor gefahren wurden, werden jeweils der Mittelwert sowie die Standardabweichung berechnet und daraus das sogenannte *Signal-Rausch-Verhältnis* gebildet. Dieses ist ein Maß für die Streuung der Zielgröße im Verhältnis zum Mittelwert. Hohe Werte ergeben sich bei robusten Produkten/Prozessen, bei niedrigen Werten ist das Gegenteil der Fall.⁵⁴

⁵⁴ "An Overview on Taguchi Method" von Shyam Kumar Karna & Rajeshwar Sahai; International Journal of Engineering and Mathematical Sciences - 2012

Mit Hilfe der Taguchi-Methode ist es möglich, Prozesse, Komponenten und gesamte Produkte robust zu gestalten. Konstante Ergebnisse bei stark variierenden Bedingungen sind hierbei die entscheidende Größe.

5.4 Die Rolle des Chief Engineers

Wie bereits zuvor thematisiert wurde, trennt Toyota Personal- und Projektverantwortlichkeiten auf, um klare Strukturen und Ansprechpartner innerhalb der Organisation zu schaffen.

Im Zuge dieser Trennung findet ebenfalls eine strikte Trennung zwischen Verantwortung und Autorität statt. Der Chief Engineer besitzt keine formale Autorität über die am Projekt beteiligten Personen, mit Ausnahme eines kleinen Kreises an Personen, die ihm bei der Projektleitung assistieren. Dennoch trägt der Chief Engineer die alleinige Verantwortung des Projektes.

Durch dieses Konzept der Verantwortung ohne Autorität wird der Chief Engineer dazu gezwungen, das Projekt durch seine *Soft Skills* und nicht durch autoritäres Verhalten zu leiten. Er muss sich durch gute Ideen, Wissen und Überzeugungskraft die Unterstützung der Funktionsgruppenmanager sichern, um das Projekt voranzubringen.

Der Ursprung des Chief Engineer Systems liegt in der japanischen Verteidigungsindustrie und wurde von Toyota übernommen und angepasst. In der Literatur wird der Posten des Chief Engineers oftmals als „Stimme des Kunden“⁵⁵ umschrieben. Neben der Aufgabe Kundennutzen zu generieren, gehört zu den Aufgaben des CE das Aufstellen des Fahrzeugkonzepts und der wesentlichen Projektziele. Zudem definiert er zeitliche und finanzielle Ziele, sowie zu erreichende Leistungsparameter für einzelne Funktionsgruppen und das gesamte Fahrzeug.

Die Besetzung eines derart fordernden und verantwortungsvollen Postens stellt dementsprechend hohe Anforderungen an die Fähigkeiten des CE. Gefordert ist eine Mischung aus tiefgehendem Ingenieurwissen in Kombination mit außergewöhnlichen Führungsfähigkeiten. Dazu gehören neben Hingabe und dem Willen Herausforderungen zu meistern auch ein gutes Urteilsvermögen in Bezug auf Entscheidungsfindungen und die Einschätzung neuer Technologien. Des Weiteren muss der CE hervorragende Fähigkeiten als Lehrer, Motivator und Gesprächsleiter mitbringen, um mit seinen Visionen begeistern zu können und dadurch die Moral der Teammitglieder hoch zu halten.

Abbildung 5-13 ordnet den Posten des CE in ein System verschiedener Führungsstile ein. Neben der Unterscheidung zwischen Fokus auf Fachwissen oder Personalführung, wird auch hinsichtlich des Umgangs mit den Mitarbeitern unterschieden. Die Einordnung des CE ist kongruent mit Toyotas Philosophie. Die Personalführung erfolgt nicht von oben herab, wie es beispielsweise bei

⁵⁵ „The Toyota Product Development System“ von Jeffrey K. Liker & James M. Morgan - 2006

hierarchischen Managern der Fall ist, sondern unter Einbeziehung der Expertise jedes Ingenieurs, auf der Suche nach dem besten Weg ein bestimmtes Problem zu lösen. Des Weiteren entwickelt Toyota seine CE und andere Führungspersönlichkeiten unternehmensintern. Jeder von ihnen hat sich als herausragender Ingenieur mit langjähriger Erfahrung bewiesen. Die Option den Posten des CE einfach mit einem Betriebswirt zu besetzen, gibt es bei Toyota nicht.

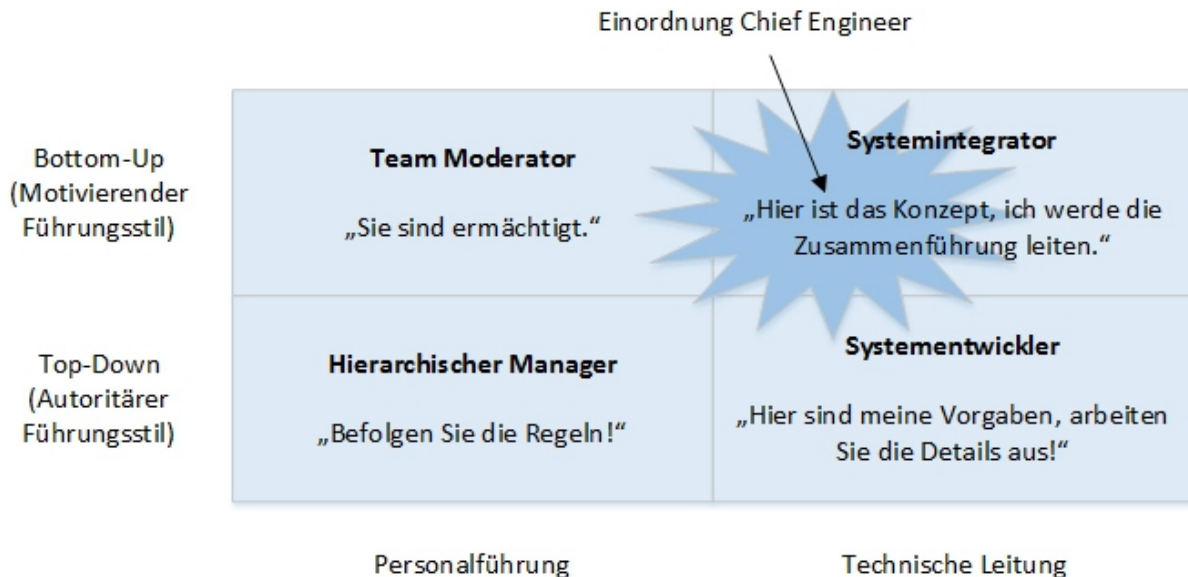


Abbildung 5-13: Einordnung Chief Engineer nach Jeffrey K. Liker & James M. Morgan

Zu beachten ist, dass wie in Abbildung 5-13 zu sehen, der CE alle Quadranten schneidet, auch wenn der Hauptfokus im Bereich der Systemintegration liegt. So nimmt er bei der Konzeptfindung eine autoritäre Position ein, da er alleinig für die Fahrzeugvision und das dazugehörige Konzept verantwortlich ist. Dasselbe gilt für das Einhalten von Zeitplänen und Meilensteinen, sowie die Zielsetzung, in diesen Bereichen gibt es nur sehr wenig Verhandlungsspielraum.

Im Zuge des *G21-Projektes*, das mit dem Ziel ein Auto für die Bedürfnisse des 21. Jahrhunderts zu entwickeln ins Leben gerufen wurde, führte der damalige CE Takeshi Uchiyamada eine Neuerung in Bezug auf Entscheidungen, Meetings und Abstimmungsprozesse ein. Er erfand den sogenannten *Obeya* (großer Raum), um sich dort mit einem kleinen Team von Experten außerhalb des Tagesgeschäfts zusammenfinden zu können. Diese Praxis hat sich bis heute gehalten. Der Raum hat sich als Zentrum der Entwicklung etabliert, mit Diagrammen an den Wänden für Zeitpläne, Meilensteine, Entscheidungen, Probleme und Gegenmaßnahmen. Von dort aus hat der CE mit seinem Team das gesamte Projekt im Überblick.

Toyotas Chief Engineer System funktioniert aus mehreren Gründen sehr gut. Zum einen befreit es den CE von einem Großteil der Bürokratie, da er sich nicht um Personalentscheidungen und andere administrative Tätigkeiten kümmern muss.

Zum anderen hilft Toyotas starke Philosophie mit dem durchgängigen Gedanken des Kundennutzens, mögliches Konfliktpotential zwischen dem CE und den

Funktionsgruppemanagern zu vermeiden. Die Funktionsgruppen haben die Aufgabe, Mehrwert für den Kunden zu generieren, wohingegen der CE die Stimme des Kunden ist. Die Trennung zwischen Autorität und Verantwortung trägt zudem dazu bei, dass Projekte nicht im Alltagsgeschäft untergehen sondern jedes Projekt von neuem begeistern muss, um die volle Unterstützung aller beteiligten Bereich zu erhalten.

Die Größe des Unternehmens und die Komplexität des Produktes machen es unmöglich, dass eine einzelne Person alle Entscheidungen alleine trifft und Aufgaben verteilt. Nur durch Teamwork, ein gemeinsames Ziel vor Augen, klare Verantwortlichkeiten und eine starke Führungspersönlichkeit, welche den Respekt der Mitarbeiter genießt, kann Toyota Fahrzeuge schnell und effektiv entwickeln.

5.5 Wie der Entwicklungsprozess zur Qualität beiträgt

Der Entwicklungsprozess ist die wertschöpfende Phase und somit zusammen mit der Fertigung der ausschlaggebende Faktor für die Qualität des Produktes. Auch wenn Toyota den Entwicklungsprozess nicht revolutioniert hat, so sind doch signifikante Unterschiede zu erkennen.

Der größte Unterschied ist die Entwicklungsmethodik. Mit dem *SBCE* gelingt es Toyota Entscheidungen zu dem spät möglichsten Zeitpunkt zu treffen, ohne dabei redundante Entwicklungsarbeit leisten zu müssen. Das führt dazu, dass Entscheidungen auf fundierter Basis getroffen werden können und nicht revidiert werden müssen. Zudem wird die Qualität maßgeblich verbessert, da alle Interessensgruppen zur gleichen Zeit arbeiten können und niemand seine alleinigen Interessen durchsetzen kann, was zu Imbalancen führen würde.

Maßgebend sind zudem ein evolutionär anmutender Entwicklungsprozess, der durch kontinuierliche Evaluationen, z. B. mit Hilfe der *GD³-Methode* sowie die differenzierte Auslegung mit Hilfe von Sicherheit und Robustheit, so einfach und effektiv wie möglich gestaltet wird.

Zusammen mit Toyotas Philosophie der konsequenten Standardisierung werden Fehler von Anfang an minimiert. Die Rolle des CE trägt nicht zwangsweise zur Qualität bei, jedoch sind sein Konzept und seine Entscheidungen für den Erfolg des Fahrzeugs ausschlaggebend. Das geringe Maß an Bürokratie, welches durch diese Position erreicht wird, führt zu geringen Entwicklungszeiten, da Verwaltungsaufgaben weitestgehend aus der Produktentwicklung ausgeschlossen werden.

6 Schlussbetrachtungen

6.1 Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse der Arbeit

Die Ausarbeitung hat aufgezeigt, dass es keine einzigartigen Praktiken oder Methoden gibt, welche dauerhaften Erfolg in einem sich stetig verändernden Markt garantieren. Vielmehr wurde anhand eines führenden Wettbewerbers im Bereich der Massenhersteller aufgezeigt, dass nur ein in sich stimmiges soziotechnisches System dauerhaften Entwicklungserfolg herbeiführen kann.

Die Produktarchitektur, die Organisationsstruktur sowie der Entwicklungsprozess sind lediglich eine Momentaufnahme und als Resultat einer langfristigen Ausrichtung zu verstehen. Veränderungen sind als Evolution aufzufassen und dringend notwendig, damit sich ein Unternehmen langfristig an der Spitze eines veränderlichen Marktsegmentes behaupten kann.

Unabhängig von der aktuellen Bestandsaufnahme haben sich einige kritische Erfolgsfaktoren herauskristallisiert, ohne die eine erfolgreiche und zugleich bezüglich Zeit und Kosten optimierte Entwicklung nicht realisiert werden kann.

Eine kongruente Ausrichtung von Produktarchitektur und Organisationsstruktur ist sowohl für effektive Abstimmungsprozesse, als auch eine optimale Nutzung vorhandener Ressourcen essenziell. Studien haben zudem gezeigt, dass es bei suboptimalen Konstellationen von Produktarchitektur und Organisationsstruktur vermehrt zu Qualitätsproblemen kommt.

Toyota hat sich als Vorreiter in Bezug auf einen entkoppelten Entwicklungsprozess hervorgetan, eine Praktik, welche mit dem Trend zur Massenindividualisierung von vielen Mitbewerbern in der Branche aufgegriffen und weitergeführt wird. Die Vorentwicklung trägt maßgeblich zur Realisierung der Kombination aus schnellen Entwicklungszeiten und minimalen Qualitätsproblemen in der Markteinführung bei, da Unsicherheiten außerhalb des kritischen Entwicklungspfades angesiedelt werden.

Unerwartet und damit umso aufschlussreicher ist die Erkenntnis, dass Toyota einen Großteil seines Wettbewerbsvorteils in der Wertschöpfungskette durch effektive Zusammenarbeit mit seinen Zulieferern generiert. Dies ist jedoch nur durch jahrelange Partnerschaften und Zusammenarbeiten sowie eine frühe Integration der Zulieferer bereits in der Konzeptphase zu realisieren. Das Potential anderer Automobilhersteller hinsichtlich der Zusammenarbeit mit ihren Zulieferern ist sehr groß. Basis hierfür ist jedoch, dass langfristige Beziehungen eingegangen werden, welche sich erst nach Jahren der Zusammenarbeit rentieren. Die Praxis Aufträge an den günstigsten Anbieter zu vergeben ist nicht mehr zeitgemäß und sollte überdacht werden.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen Toyota und seinen Wettbewerbern gibt es ebenfalls in der Entwicklungsmethodik. Im Kontrast zur Praxis vieler westlicher Unternehmen sehr früh im Entwicklungsprozess zu spezifizieren, versucht Toyota Entscheidungen so lange wie möglich hinauszuzögern, um fundierte Informationen in die Entscheidungsfindung mit einfließen lassen zu können. Dieses wird ermöglicht

durch das *SBCE*, welches die weit verbreitete iterative Lösungsfindung durch einen strukturierteren Eingrenzungsprozess ersetzt.

Qualität wird bei Toyota zudem durch jahrelanges Perfektionieren von Methoden und Abläufen von Anfang an in den Entwicklungsprozess eingebracht. Notwendig hierzu sind standardisierte Vorgehensweisen, welche nach jedem abgeschlossenen Projekt auf Verbesserungsmöglichkeiten überprüft werden, um neu gewonnene Erkenntnisse unmittelbar zu integrieren.

Die Beantwortung der Problemstellung, weshalb westliche Unternehmen daran scheitern Toyotas Entwicklungssystem zu übernehmen ist auf zwei Hauptursachen zurückzuführen.

Zum einen funktioniert Toyotas Entwicklung als Gesamtsystem. Der Versuch einzelne Strukturen oder Methoden zu kopieren zeigt, dass vielen Unternehmen Abkürzungen suchen und kein Verständnis für das Gesamtsystem besitzen. Für eine erfolgreiche Anwendung der *GD³-Methode* werden andere Teile des Systems, wie z. B. Checklisten, enge Beziehungen mit den Zulieferern und eine evolutionäre Weiterentwicklung der Fahrzeugmodelle benötigt. Der Versuch die Methode einfach zu kopieren und auf eine Verbesserung zu hoffen ist naiv und wird u. U. das Gegenteil bewirken.

Zum anderen sind das die kulturellen und mentalen Unterschiede zwischen japanischen und westlichen Unternehmen. Diese Tatsache musste Toyota bei der Expansion in die USA erfahren. Die soziale Komponente des soziotechnischen Systems muss an die Mitarbeiter und deren Eigenheiten angepasst sein. Aus diesem Grund hat Toyota sein System in den USA über Jahre angepasst, beispielsweise im Bereich der Mitarbeiterführung.

Unternehmen die langfristigen Erfolg suchen und bereit sind, einen langwierigen Prozess zu durchlaufen, können sich an Toyota orientieren und sollten diese Grundsätze beachten. Dennoch müssen diese Unternehmen ihren eigenen Weg gehen und ihr eigenes, an die Bedürfnisse angepasstes System entwickeln. Dieser Prozess ist langwierig und wird nicht immer sichtbaren Erfolg bescheren. Ein dauerhaftes Umstrukturieren durch permanente Wechsel in der Unternehmensführung wird jedoch ein Lotteriespiel bleiben und nie zu dauerhafter Konkurrenzfähigkeit führen.

6.2 Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf

Im Rahmen dieser Bachelorthesis wurden grundlegende Zusammenhänge aufgezeigt, um einen Überblick über das Gesamtsystem zu erhalten.

Eine Studie bezüglich der Verwendung von Modulen über verschiedene Modelle und Generationen wäre interessant. Wie groß sind die Veränderungen an den Modulen über mehrere Modellgenerationen hinweg und werden Module für verschiedene Modelle modifiziert? In diesem Zusammenhang ist ebenfalls der Vergleich zu anderen Automobilherstellern herzustellen und die Frage zu klären, welche Konsequenzen sich aus ggf. vorhandenen Unterschieden in den Modularisierungsstrategien ergeben.

Weiterhin besteht eine sehr große Unklarheit im Bereich der Vorentwicklung. Was ist das Resultat dieses Prozesses? Handelt es sich hierbei um Konzepte, welche digital als CAD-Modelle vorliegen oder um auskonstruierte Prototypen, welche physisch in einem Regal verwahrt werden? Dieselbe Frage stellt sich im Zusammenhang mit der *Vehicle Development Group*, die für die Vorentwicklung von gesamten Fahrzeugen verantwortlich ist.

Mit dem aktuellen Trend der Massenindividualisierung im Bereich der Automobilindustrie steigt auch der weitere Forschungsbedarf bezüglich der neuen Plattformstrategien für Baukastensysteme. Dies betrifft zum einen Toyota mit der neuen *Toyota New Global Architecture* aber auch andere Hersteller wie z. B. Volkswagen mit dem *modularen Querbaukasten*. Welche Veränderungen im Bereich des Schnittstellenmanagements sind bei Toyota bzw. Volkswagen nötig, um die Individualisierung auf Basis der Kundenwünsche mit Hilfe der *TNGA* bzw. *MQB* umsetzen zu können?

Ein letzter Punkt, welcher einen Ansatz für weiteren Forschungsbedarf bietet, ist das *V-Comm System*. Hierbei handelt es sich wie zuvor erwähnt um Toyotas zentrales Softwaresystem, das den zentralen Zugriffspunkt für die Ingenieure bietet. Das Toyota Einsicht in dieses System bietet ist unwahrscheinlich, dennoch wären Informationen bezüglich der Struktur und den darin enthaltenen Funktionen interessant.

Literaturverzeichnis

- [1] „Probleme mit den Fußmatten: Toyota ruft 2,4 Millionen Fahrzeuge zurück,“ 24 Februar 2011. [Online]. Available: www.spiegel.de.
- [2] „ADAC Pkw-Monitor: Die wichtigsten Kaufgründe beim Pkw-Kauf,“ 26 Juli 2012. [Online]. Available: <http://www.autosieger.de>.
- [3] „Adieu, Plattformstrategie,“ 06 November 2000. [Online]. Available: <http://www.manager-magazin.de>.
- [4] „Annual Report 2012,“ 2012. [Online]. Available: www.toyota-global.com.
- [5] Ford, „Automotive Zeitgeist Studie 2.0,“ 2014.
- [6] Automobilclub Deutschland, „Die ADAC Pannenstatistik 2007,“ 2007.
- [7] „TÜV Report 2016,“ *Auto Bild*, pp. 36-38, 2016.
- [8] „TÜV-Report 2008,“ *Auto Bild*, pp. 62-65, 2008.
- [9] Quality Engineering, „Wie Toyota von DRBFM profitiert,“ 02 Mai 2006. [Online]. Available: www.qe-online.de.
- [10] S. Abuelsamid, „Deep-Dive: Behind the scenes at Toyota's R&D center, Part 1,“ 8 Juli 2010. [Online]. Available: <http://www.autoblog.com>.
- [11] H. Adickes, J. Arnoscht, A. Bong, S. H. R. Deger, R. Krappinger, P. P. M. Lenders, M. Rauhut, J. S. M. Rother, G. Schuh und J. Schulz, „Lean Innovation – Auf dem Weg zur Systematik,“ in *6. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik*, RWTH Aachen, 2008.
- [12] M. Akita und K. Shiohara, „Observations on TNGA: How will Toyota's plans to make better cars affect suppliers,“ Credit Suisse, 2012.
- [13] M. Akita, „Opportunities and risks related to parts sourcing for next-gen Prius,“ Credit Suisse, 2013.
- [14] J. Amaral, E. G. A. Jr. und G. G. Parker, „Putting It Together: How to Succeed in Distributed Product Development,“ *MIT Sloan Management Review*, pp. 50-58, Winter 2011.
- [15] K. Amasaka, *Science SQC, New Quality Control Principle - The Quality Strategy of Toyota*, 2004.
- [16] P. Andersson, A. Wolgast und O. Isaksson, „Current Industrial Practices for Re-Use of Manufacturing Experience in a Multidisciplinary Design Perspective,“ in *International Design Conference*, Dubrovnik, 2008.

- [17] C. Anumba, J. Kamara und A.-F. Cutting-Decelle, *Concurrent Engineering in Construction Projects*, Abingdon: Taylor & Francis, 2007.
- [18] F. Ballé und M. Ballé, „Lean Development: A Knowledge System,“ 2005.
- [19] H. Becker, *Darwins Gesetz in der Automobilindustrie*, Berlin Heidelberg: Springer, 2010.
- [20] H. Becker, *Phänomen Toyota: Erfolgsfaktor Ethik*, Berlin Heidelberg: Springer, 2006.
- [21] S. Bisgaard, „Quality Engineering and Taguchi Methods: A Perspective,“ 1989.
- [22] M. A. Cusumano und N. Kentaro, *Thinking Beyond Lean: How Multi Project Management is Transforming Product Development at Toyota and Other Companies*, Free Press, 1998.
- [23] G. G. Dess, A. M. A. Rasheed, K. J. McLaughlin und R. L. Priem, „The New Corporate Architecture,“ *The Academy of Management Executive*, pp. 7-20, August 1995.
- [24] R. Dunker, „Die meistunterschätzte Waffe der Terroristen,“ *Die Welt*, 2014.
- [25] F.-R. Esch, N. Neudecker und V. Jung, „Marke(ting) wirksam im Unternehmen verankern,“ in *Strategie und Technik des Automobilmarketing*, Wiesbaden, Springer Gabler, 2013, pp. 481-516.
- [26] C. H. Fine, „Are You Modular or Integral? Be Sure Your Supply Chain Knows,“ 23 Mai 2005. [Online]. Available: www.strategy-business.com.
- [27] D. N. Ford und D. Sobek, „Modeling Real Options to Switch Among Alternatives in Product Development,“ in *System Dynamics Conference*, New York, 2003.
- [28] T. Fujimoto, „Architecture. Capability and Competitiveness of Firms and Industries,“ in *Saint-Gobain Centre for Economic Research 5th Conference "Organizational Innovation within Firms"*, Paris, 2002.
- [29] T. Fujimoto, „Architecture-based Comparative Advantage in Japan and Asia,“ in *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, Tokyo, Springer, 2008, pp. 7-10.
- [30] T. Fujimoto, „The Evolution of Production Systems: Exploring the Sources of Toyota's Competitiveness,“ *Annals of Business Administrative Science*, pp. 25-44, 2012.
- [31] S. Gao und S. P. Low, *Lean Construction Management: The Toyota Way*, Singapur: Springer, 2014.
- [32] A. d. Geus, „Planning as Learning,“ *Harvard Business Review*, März 1988.

- [33] M. Gnam, *Knowledge Based Product & Process Development: An Executive Overview*, CTMA Symposium, 2005.
- [34] B. Gokpinar, W. J. Hopp und S. M. R. Iravani, „The Impact of Misalignment of Organization Structure and Product Architecture on Quality in Complex Product Development,“ 2007.
- [35] H. Greimel, „Like its rivals, Toyota revises product development,“ 23 April 2012. [Online]. Available: <http://www.autonews.com>.
- [36] R. K. Gulati und S. D. Eppinger, „The Coupling of Product Architecture and Organizational Structure Decisions,“ MIT Sloan School of Management, Cambridge, 1996.
- [37] P. A. Hines und N. Rich, „Outsourcing competitive advantage: The use of supplier associations,“ *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 524-546 September 1998.
- [38] M. Hüttenrauch und M. Baum, *Effiziente Vielfalt*, Berlin Heidelberg: Springer, 2008.
- [39] J. K. L. John J. Cristiano und C. C. White, „Key Factors in the Successful Application of Quality Function Deployment,“ *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, pp. 81-95, Februar 2001.
- [40] A. Kampker, C. Deutskens, A. Maue und A. Hollah, „Elektromobile Logistik,“ in *CSR und Logistik*, Springer Gable, 2016, pp. 293-308.
- [41] S. K. Karna und R. Sahai, „An Overview on Taguchi Method,“ *International Journal of Engineering an Mathematical Sciences*, pp. 11-17, Januar - Juni 2012.
- [42] H. Kerzner, *Project Management 2.0*, Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- [43] G. Klink und S. Gänzle, „Masse und Klasse,“ *Automotive Agenda 2006*, pp. 78-81, 2006.
- [44] A. Kolmer, *Robust Design - Robustheitsmaße*, 2008.
- [45] F. Koppenhagen, „Modulare Produktarchitekturen – Komplexitätsmanagement in der frühen Phase der Produktentwicklung,“ in *Komplexitätsmanagement in Unternehmen*, Wiesbaden, Springer Gabler, 2014, pp. 113-162.
- [46] J. Krüger, *Kooperation und Wertschöpfung*, Berlin Heidelberg: Springer, 2012.
- [47] R. Laurenti und H. Rozenfeld, „An Improved Method of Failure Mode Analysis for Design Changes,“ in *CIRP Design Conference*, Cranfield University, 2009.
- [48] J. K. Liker, D. K. S. II, A. C. Ward und J. J. Cristiano, „Involving Suppliers in Product Development in the United States and Japan: Evidence for Set-Based

- Concurrent Engineering," *IEEE Transaction on Engineering Management*, pp. 165-178, 2 Mai 1996.
- [49] J. K. Liker und T. Y. Choi, „Building Deep Supplier Relationships," *Harvard Business Review*, Dezember 2004.
- [50] J. K. Liker, *Der Toyota Weg*, München: Finanzbuch Verlag, 2014.
- [51] J. K. Liker und Y.-C. J. Wu, „Japanese Automakers, U.S. Suppliers and Supply-Chain Superiority," *MIT Sloan Management Review*, pp. 81-93, Januar 2000.
- [52] J. K. Liker und S. Fixson, „Modularity as a Strategy for Supply Chain Coordination: The Case of U.S. Auto," *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 172-189 März 2007.
- [53] J. K. Liker und J. M. Morgan, „The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development," *Academy of Management Perspectives*, pp. 5-20, Mai 2006.
- [54] J. P. MacDuffie, „Modularity as Property, Modularization as Process, and Modularity as Frame," *Global Strategy Journal*, pp. 8-40, 2013.
- [55] J. McLeish und W. Haughey, „Introduction to Japanese Style Mizenboushi Methods for Preventing Problems Before They Occur," [Online]. Available: www.DfRSolutions.com.
- [56] H. McManus, A. Haggerty und E. Murman, „Lean Engineering: Doing the Right Thing Right," in *1 st International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Sciences*, Belfast, 2005.
- [57] J. M. Morgan und J. K. Liker, *The Toyota Product Development System*, Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.
- [58] Y. Motoyama, *Global Companies, Local Innovations*, Routledge, 2012.
- [59] S. Obara und D. Wilburn, *Toyota by Toyota*, Taylor & Francis Group, 2012.
- [60] O. Piening, *Untersuchung einer alternativen kraftschlüssige Verbindung von Gurtverschlusskappen mittels der Six Sigma Methode und der statistischen Versuchsplanung*, Hamburg, 2010.
- [61] B. J. Pine, B. Victor und A. C. Boynton, „Making Mass Customization Work," *Harvard Business Review*, September - Oktober 1993.
- [62] D. Raudberget, „Practical Applications of Set-Based Concurrent Engineering in Industry," *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, pp. 685-695, 19 Oktober 2010.
- [63] J. M. Reindl, *Horizontale Einkaufs- und Entwicklungskooperationen in der deutschen Automobilindustrie*, Chemnitz: Universitätsverlag Chemnitz, 2012.

- [64] I. Renner, *Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil*, München, 2006.
- [65] N. P. Repenning und J. D. Sterman, „Nobody Ever Gets Credit for Fixing Problems That Never Happend,“ *California Management Review*, pp. 64-88, 2001.
- [66] R. Schmitt, H. A. Kohlmann und C. Hammers, „Lean Development mit DRBFM,“ *Buisness Excellence*, pp. 10-12, 2008.
- [67] G. Schuh, *Lean Innovation*, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, 2013.
- [68] M. Slamanig, *Produktwechsel als Problem im Konzept der Mass Customization*, Wiesbaden: Gabler, 2011.
- [69] D. K. Sobek, A. C. Ward und J. K. Liker, „Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering,“ *Sloan Management Review*, pp. 67-83, Winter 1999.
- [70] D. K. Sobek, J. K. Liker und A. C. Ward, „Another Look at How Toyota Integrates Product Development,“ *Harvard Business Review*, Juli-August 1998.
- [71] D. K. Sobek, „System-Level Design: A Missing Link?,“ *International Journal of Engineering Education*, pp. 533-539, 2006.
- [72] T. Sommerlatte, *Handbuch der Mittelstandsberatung*, Erich Schmidt Verlag, 2008.
- [73] D. Sörensen, *The Automotive Development Process: A Real Option Analysis*, Stuttgart: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006.
- [74] A. Takeishi und T. Fujimoto, „Modularization in the Auto Industry: Interlinked Multiple Hierachies of Product, Production and Supplier Systems,“ Tokyo, 2001.
- [75] J. Teresko, „Toyota's Real Secret,“ *Industry Week*, Februar 2007.
- [76] T. Tsuru und M. Morishima, *Product Architecture, Organizational Design, and HRM Practices: Comparing Japanese, Korean, and Chinese Firms*, 2011.
- [77] S. Ülkü und G. M. Schmidt, „Matching Product Architecture and Supply Chain Configuration,“ *Production and Operations Management*, pp. 16-31, Januar-Februar 2011.
- [78] T. Vietor und C.-A. Hoffmann, „Es liegt im Auge des Betrachters: Organisatorische Anforderungen an die Steuerung von modularen Baukästen in der Automobilindustrie,“ *Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung*, pp. 4-6, 2014.
- [79] H. Wang und C. Kimble, „Low-cost strategy through product architecture: lessons from China,“ *JOURNAL OF BUSINESS STRATEGY*, pp. 12-20, 2010.

[80] A. Ward, J. K. Liker, J. J. Cristiano und D. K. S. II, „The Second Toyota Praadox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster,“ *Sloan Management Review*, pp. 43-61, 1995.

[81] M. Zayko, „A Systematic View of Lean Principles: Reflection on the Past 16 Years of Lean Thinking & Learning,“ 2006.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Brettschneider
Vorname: Jan

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema:

Implizites Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst habe und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Hamburg

Ort

26.08.2016

Datum

Unterschrift im Original