



Abweichungen verhindern, nicht nur beseitigen

Digitalisierte Qualitätsmethoden im automobilen Konfigurationsprozess

Je mehr unterschiedliche Varianten, desto mehr Fehlerquellen entstehen bei der Automobilkonfiguration. Im Zuge des Wandels von der Fehlerbeseitigung hin zur Fehlervermeidung können digitale Methoden wie datenbasierte Ansätze oder Künstliche Intelligenz unterstützen. Genau das soll auch eine Webapplikation für das Konfigurationsmanagement leisten, die ein Scrum-Team bei einem Automobilhersteller entwickelt hat.

Alexander Frisch und Roland Jochem

So variantenreich wie heute waren die Automobile noch nie. Dafür sorgen unter anderem die weltweit unterschiedlichen Marktanforderungen und Gesetze sowie die Kunden, die immer mehr Individualisierung wünschen. Weitere Fak-

toren sind die fortschreitende Digitalisierung sowie neue Technologien [1]. Diese externen Treiber erhöhen die Varianz, und zwar sowohl auf der Vertriebsseite (Produktportfolio) als auch auf der technischen Seite (Bauteilvarianten) [2]. Daraus erge-

ben sich gesteigerte Herausforderungen für alle Bereiche entlang der Wertschöpfungskette [3].

Dies wird am Beispiel des Konfigurationsmanagements sichtbar. Diese Managementdisziplin verantwortet die eindeutige



und fehlerfreie Zuordnung der Komponenten zu den jeweils gültigen Fahrzeugkonfigurationen. Bei BMW erfolgt die Steuerung über Konfigurationsmerkmale, die durch logische Operatoren zu einem Konfigurationsterm verknüpft werden (Bild 1). Darunter fallen beispielsweise Sonderausstattungen und typologisierende Fahrzeugeigenschaften (Antrieb, Getriebe, Linkslenker/Rechtslenker).

Die Konfigurationsmerkmale stehen untereinander in Wechselwirkung über Zwänge, Ausschlüsse und Regeln. Insgesamt werden bei BMW im Rahmen der Fahrzeugentwicklung mehr als 10^{30} verschiedene Fahrzeugkonfigurationen gesteuert, um den individuellen Kunden- und Marktanforderungen gerecht zu werden. Das Spektrum an Konfigurationsmerkmalen und -regeln kann sich durch Projektentscheidungen im Laufe des Entwicklungsprozesses verändern. Aus dieser Dynamik und der hohen Anzahl an Konfigurationen ergibt sich unternehmensintern ein komplexes Aufgabenfeld, das hohe Anforderungen an das Qualitätsmanagement stellt [4]. Um dieser Herausforderung ge-

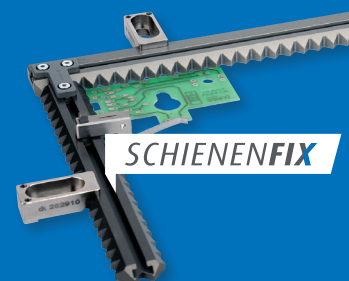
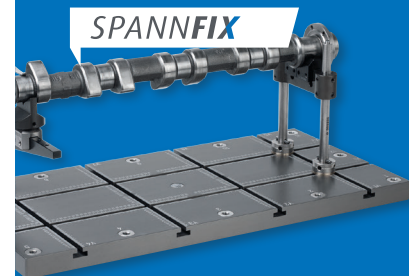
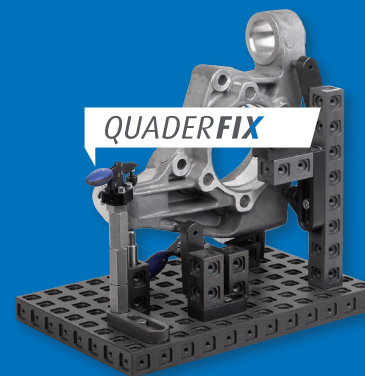
recht zu werden, wurde unternehmensintern der Wandel von der Qualitätsprüfung und reaktiven Fehlerbeseitigung hin zur Qualitätserzeugung und präventiven Fehlervermeidung eingeleitet. Diesen Wandel sollte eine geeignete Applikation im Konfigurationsmanagement unterstützen. Ziel dieser Applikation war es, die Schnittstelle zwischen Entwicklung und Konfigurationsmanagement aus Qualitätssicht zu stärken und den Umgang mit den Konfigurationsdaten für den Mitarbeiter zu vereinfachen.

Anforderungen an das Konfigurationstool

Dafür wurden zu Beginn des Projekts verschiedene Workshops durchgeführt, um die möglichen Fehlerpotenziale im Konfigurationsprozess zu identifizieren und daraus notwendige Anforderungen an das Tool abzuleiten. Unter den Teilnehmern waren neben Konfigurationsexperten auch Fahrzeugentwickler, welche die komponentenseitige Steuerung der Varianten im Mengengerüst verantworten. Folgende Schwerpunkte wurden herausgearbeitet: »»

dk
FIXIERSYSTEME

modular.
einfach.
besser.



Verbessertes Verständnis für die Maschinensprache

Die Konfigurationsterme werden als Maschinensprache mit boolescher Algebra angegeben, um sie systemseitig verarbeiten zu können. Es ist ein hohes Expertenwissen notwendig, um die Bedeutung der relevanten Konfigurationsmerkmale und -codes zu kennen und die dargestellte Variantensteuerung zu verstehen. Deshalb bestand eine wichtige Anforderung an das Tool darin, dem Nutzer ein einfaches Verständnis für die Logik und Syntax dieser Maschinensprache zu ermöglichen.

Einheitlicher Erstellungs- und Änderungsprozess

Die stattgefundenen Workshops mit den Fahrzeugentwicklern ergaben, dass sich in den einzelnen Entwicklungsabteilungen historisch bedingt verschiedene Ansätze etabliert hatten, um die Konfigurationen manuell zu erstellen oder anzupassen. In der Applikation lag der Fokus deshalb ausdrücklich darauf, einen einheitlichen und mindestens teilautomatisierten Erstellungs- und Änderungsprozess sicherzustellen, der die jeweiligen Best Practices berücksichtigt. Des Weiteren sollten mögliche Fehlerpotenziale präventiv und nachhaltig vermieden werden, um dem Gedanken der Qualitätserzeugung und einer Null-Fehler-Strategie gerecht zu werden.



Bild 2. Hauptfunktionen der Webapplikation (Quelle: Autor)

Frühe und automatisierte Prüfung der Konfigurationsqualität

Ein wichtiges Ziel war die Vorverlegung der Prüfungen vom Ende des Konfigurationsprozesses in die frühe applikationsgestützte Konfigurationserstellung, um späte und aufwendige Fehlerprüfungen präventiv zu vermeiden. Aufgrund der hohen Anzahl der zu berücksichtigenden Konfigurationen und Regeln war ein weiterer Schwerpunkt den Mitarbeiter maschinell bei der Durchführung von diversen Prüfroutinen zu unterstützen. Des Weiteren

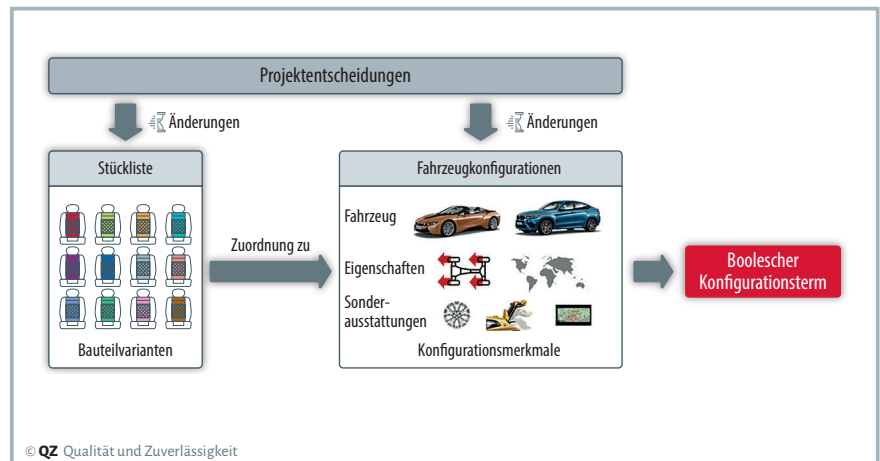


Bild 1. Übersicht Konfigurationsprozess (Quelle: Autor)

ren sollte der Anwender auf kritische Umfänge rechtzeitig hingewiesen werden, um wiederkehrende Fehler systematisch zu unterbinden.

Herausforderungen bei der Toolentwicklung

Es bildete sich ein Scrum-Team, um auf Basis dieser Anforderungen die Applikation umzusetzen – im engen Kontakt mit den Fahrzeugentwicklern und mit der Möglichkeit, agil auf zusätzliche oder veränderte Anforderungen zu reagieren. Eine der Herausforderungen bei der Softwareentwicklung war es, eine Benutzeroberfläche zu schaffen, die trotz der genannten komplexen Randbedingungen im Konfigurationsprozess einfach und intuitiv bedienbar bleibt. Dies gelang mithilfe ver-

auch nachvollziehbar erklärt werden, damit der Menschen den Vorschlägen der KI vertrauen konnte.

Features der Webapplikation

Das Entwicklungsergebnis ist eine Webapplikation, die den Anwender methodisch im Umgang mit den Konfigurationstermen zur Variantensteuerung unterstützt. Die Applikation bietet folgende drei Hauptfunktionen, um die genannten Anforderungen zu erfüllen und eine hohe und frühzeitige Konfigurationsqualität zu gewährleisten (Bild 2).

Visualisierung für besseres Verständnis

Um das Verständnis für die Maschinensprache zu verbessern, kann der boolesche Konfigurationsterm mit Hilfe eines Blockschaubilds oder einer Matrix dargestellt werden. Dadurch sind die Einzelkonfigurationen und die logischen Abhängigkeiten der Konfigurationsmerkmale leichter ersichtlich. Des Weiteren wird die Bedeutung der Merkmalscodes mit einem Mouse-Over Effekt angezeigt. Diese Methoden helfen dem Anwender, komplizierte und lange Konfigurationsterme auf visueller Basis abstrakt erfassen zu können. Ein Lesen der Maschinensprache ist deshalb nicht mehr notwendig. Das dadurch vermittelte Verständnis hilft dem Anwender, den Konfigurationsterm richtig anzupassen und frühzeitig mögliche Unstimmigkeiten zu erkennen.

Konfigurationserstellung und -änderung

Die verschiedenen Prozessschritte der Konfigurationserstellung werden ebenfalls toolbasiert unterstützt. Ein Bestand-

schiedener Kreativitätstechniken in mehreren anwenderorientierten Designworkshops [5].

Des Weiteren war es notwendig, den Fokus auf die zentralen Anforderungen zu legen, um die Komplexität der Applikation nicht unnötig zu erhöhen. Dazu wurden in Abstimmung mit den internen Kunden die Features agil priorisiert. Nicht zuletzt galt es, die Akzeptanz der Mitarbeiter für Methoden der Künstlichen Intelligenz zu gewinnen. Dazu musste der Output des Tools nicht nur hinreichend genau sein, sondern

teil ist die Suche der benötigten Konfigurationsmerkmale. Über eine Suchmaske kann der Anwender seine Merkmale in der Datenbank entweder über den Merkmalscode oder dessen Bedeutung suchen. Er wird dabei durch KI basierte Vorschläge unterstützt. Die Vorschläge resultieren aus einem FP-Growth-Algorithmus, der die verwendeten Konfigurationsmerkmale für ähnliche Umfänge analysiert. Das Risiko von falsch oder nicht ausgewählten Merkmalen wird dadurch reduziert.

Von der Konfiguration zur Matrix

Die Einzelkonfigurationen können anschließend zeilenweise in der Matrix angelegt werden, wobei die Merkmale spaltenweise aufgeführt und ihren Konfigurationsklassen zugeordnet sind. Diese angezeigte Zugehörigkeit verhindert den Aufbau unsinniger Konfigurationen, wie beispielsweise die Zuordnung einer Sachnummer zu einer Fahrzeugkonfiguration, die zwei Motoren gleichzeitig enthält. Gibt der Anwender zwei Motoren für eine Konfiguration an, werden diese automatisch in eine ODER-Bedingung gesetzt.

Im letzten Schritt wird der Konfigurationsterm automatisch aus der Matrix erstellt und unter Berücksichtigung der booleschen Algebra gekürzt. Die Konfiguration mit Hilfe der Matrix bietet dem Anwender somit einen einheitlichen und abstrakten Erstellungsprozess. Durch die maschinelle Unterstützung wird die Aufgabenkomplexität reduziert, was positive Auswirkungen auf die Prozessqualität bietet.

Dreifache Qualitätsbestätigung

Die dritte Hauptfunktion ist die vorgelagerte Prüfung des Konfigurationsterms. Diese erfolgt auf drei Ebenen: Erstens wird die Syntax des Terms anhand der Operatoren und Klammersetzungen überprüft. Der Anwender wird bei ungültiger Syntax auf die potenzielle Ursache im Term hingewiesen, um die Unstimmigkeit schnell beheben zu können. Zweitens erfolgt eine automatische und datenbankgestützte Prüfung gegenüber dem umfangreichen Konfigurationsregelwerk. Werden eine oder mehrere Regeln verletzt, wird die betroffene Konfiguration hervorgehoben und die dazugehörigen Regeln eingeblendet. Die dritte Prüfung fokussiert sich auf den Kontext der Konfiguration. Sie beinhaltet eine KI gestützte Anomalieprüfung, die Historiendaten und aktuelle Stücklisten ähnlicher Komponenten berücksichtigt. Durch diese Ansätze werden dem Anwender mögliche Unstimmigkeiten direkt bei der Erstellung aufgezeigt, wodurch spätere und deshalb aufwändigere Prüfungen im Prozess reduziert werden können.

Zusammengefasst wurde ausgehend von den internen Kundenanforderungen eine Webapplikation aufgesetzt, welche sich auf die frühzeitige und methodische Qualitätserzeugung in komplexen Systemen fokussiert (siehe Tabelle 1). Neben verschiedenen Visualisierungsmöglichkeiten werden auch datenbasierte Ansätze wie Datenbankabfragen, Analysen und künstliche Intelligenz verwendet. Somit können die Chancen der Digitalisierung toolbasiert im Konfigurationsprozess für

das dafür notwendige Qualitätsmanagement genutzt werden. Anhand einer internen Studie wurden die erzielten Verbesserungen durch die digitalen Methoden in der Applikation aufgezeigt. So fiel die Bearbeitungszeit mit Systemunterstützung um durchschnittlich 61 % geringer aus als ohne Unterstützung. Des Weiteren verbesserte sich die Konfigurationsqualität um durchschnittlich 51 %. Dies zeigt das hohe Potenzial von neuen und digitalen Qualitätsmethoden, um den Wandel von der Qualitätsprüfung hin zur Qualitätserzeugung zu unterstützen. In den nächsten Monaten soll der Automatisierungsgrad der Applikation weiter erhöht und eine Schnittstelle zu einer Qualitätsdatenbank aufgesetzt werden, um die Umsetzung eines autonomen Qualitätsregelkreises voranzutreiben. ■

INFORMATION & SERVICE

LITERATUR

- 1 **Schömann, S.O.:** Produktentwicklung in der Automobilindustrie: Managementkonzepte vor dem Hintergrund gewandelter Herausforderungen. Gabler Verlag / Springer Fachmedien, Wiesbaden 2012.
- 2 **Schuh, G., Rudolf, S., Riesener, M., Dölle, C. et al.:** Product Production Complexity Research: Developments and Opportunities, 2017.
- 3 **Rücker, A., Jaenicke, P., Hofer, M.B.:** Aktives Vielfaltsmanagement – Ertragssteigerung im automobilen Ersatzteilgeschäft. Automotive Management, Springer, Berlin, Heidelberg 2014.
- 4 **Lasch, R., Gießmann, M.:** Qualitäts- und Komplexitätsmanagement – Parallelitäten und Interaktionen zweier Managementdisziplinen. Ganzheitliche Unternehmensführung in dynamischen Märkten. Gabler, Wiesbaden, 2009.
- 5 **Jochem, R., Herklotz, H., Giebel, M., Geers, D.:** Six Sigma leicht gemacht. Ein Lehrbuch mit Musterprojekt für den Praxiserfolg. Symposion Verlag 2015.

AUTOREN

Alexander Frisch, M. Sc., ist Doktorand bei der BMW Group.

Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem leitet das Fachgebiet Qualitätswissenschaft an der TU Berlin.

KONTAKT

Alexander Frisch
T 089 382-42113
alexander.dr.frisch@bmw.de

Anforderung	Umgesetzte Lösung
Verständnis für die Maschinensprache	• Visualisierung als Blockschaubild oder Matrix • Anzeige Codebedeutung
Einheitlicher Erstellungs- und Änderungsprozess	• Merkmalsuche in Datenbank • KI basierte Vorschläge • Konfiguration in Matrix • Beachtung der Konfigurationsklassen • Automatische Boole Erzeugung
Frühe und automatisierte Prüfung der Konfigurationsqualität	• Syntaxprüfung • Datenbankbasierte Regelwerksprüfung • KI basierte Anomalieprüfung