



# Durchblick im Variantendschungel

## Automatisierter Anforderungsvergleich mithilfe von Natural Language Processing

Über 10 000 Anforderungen kann ein Lastenheft für eine Fahrzeugkomponente enthalten. Dabei verliert man leicht den Überblick über die verschiedenen Varianten und Ausprägungen der Anforderungen in unterschiedlichen Fahrzeugprojekten. Eleganter geht es mit einer Methode für den automatisierten Anforderungsvergleich, wie sie bei einem Automobilhersteller entwickelt und erprobt wird.

Lisa Ritter und Robert Refflinghaus

**A**us welchem Material darf ein Bremsbelag bestehen? Wie viele Stunden muss eine Komponente in der Salznebelprüfung aushalten, ohne dass die Grundwerkstoffe korrodieren? Welche Sicherheitsanforderungen müssen umgesetzt werden, damit ein Fahrzeug in unter-

schiedlichen Ländern zugelassen wird? Diese Entscheidungen treffen Produktentwickler auf Basis von Anforderungen. Anforderungen beeinflussen, welche Varianten eines Produkts oder einer einzelnen Komponente entwickelt werden. Die Variantenvielfalt zu beherrschen ist eine große

Herausforderung, insbesondere in der Automobilindustrie – und die wachsende Produktkomplexität treibt sie weiter in die Höhe. So werden in einem Fahrzeug bis zu hundert Steuergeräte und mehrere Kilometer Kabel verbaut [1]. Infolgedessen enthalten Anforderungsdokumente wie das

Lastenheft über 10 000 Anforderungen [2]. Bei einem konventionellen Stoßdämpfer hat sich beispielsweise der Umfang des Lastenhefts von unter 20 Seiten in 2004 auf über 40 Seiten ab 2013 mehr als verdoppelt (Bild 1).

### Die Crux mit dem „Recycling“ von Anforderungen

Um der Vielzahl an Anforderungen bei ähnlichen Produkten Herr zu werden, verwendet man sowohl in der Automobilindustrie als auch in der Softwareentwicklung gerne Anforderungen aus Vorgängerprojekten wieder. In der Praxis bedeutet das häufig Copy and Paste: von einzelnen Anforderungen bis hin zu ganzen Lastenheften [3]. In vielen Unternehmen existieren zudem getrennte Verantwortlichkeiten für die einzelnen Komponenten einer Produktlinie. Werden in solchen Strukturen Anforderungen kopiert, verliert man leicht den Überblick über die Unterschiede in den Anforderungen zwischen den verschiedenen Projekten – aber auch über die verschiedenen Formulierungen und Formatierungen derselben Anforderung.

Es existieren bereits zahlreiche Ansätze zur Wiederverwendung von Anforderungen. Diese fordern eine strukturierte Anforderungsbibliothek oder einen Katalog, in denen Anforderungen „gemeinsam“ und „variabel“ klassifiziert sind [3, 4]. Allerdings fehlt es vielerorts an einer effizienten Vorgehensweise, um eine historisch gewachsene Anforderungsmenge in einer solchen Bibliothek zu strukturieren. Damit gibt es

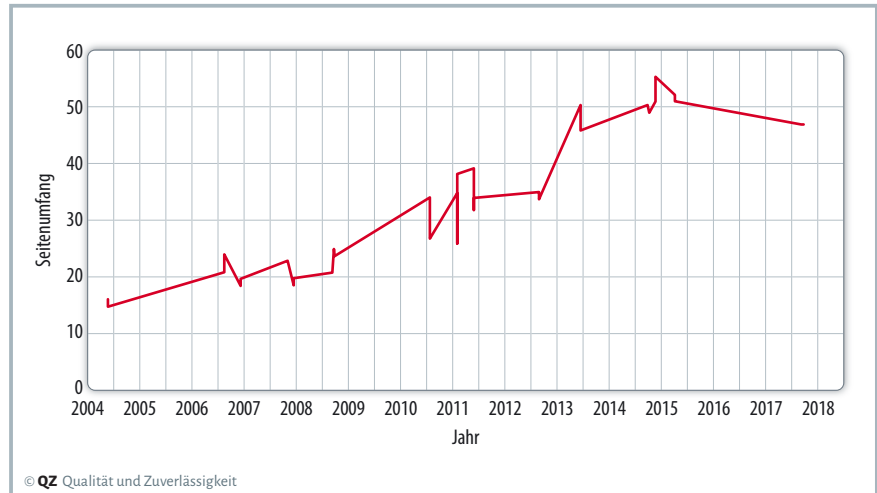


Bild 1. Steigender Seitenumfang der Lastenhefte für einen Stoßdämpfer (© Lisa Ritter)

auch keine Möglichkeit, durch Aufzeigen der verschiedenen Ausprägungen einer Anforderung potenzielle Variantentreiber zu identifizieren (Bild 2). Es muss also über Produktlinien hinweg eine Transparenz über die verschiedenen Ausprägungen von Anforderungen geschaffen werden. Diesen Bedarf hat die BMW Group erkannt – und das Potenzial, Varianten- und Kostentreiber besser hinterfragen zu können.

### Automatisierter Anforderungsvergleich schafft Struktur

In einem Fahrwerk werden Komponenten wie Achsen, Stoßdämpfer, Lenker und Radbremsen verbaut. Erst durch die Abstimmung der Fahrwerkskomponenten und ihrer Wirkzusammenhänge wird eine spezifische Fahrdynamik erreicht, die je nach Modell und Ausstattung unterschiedlich

ausfällt. Hieraus ergibt sich eine große Anzahl an Fahrwerksvarianten und entsprechend viele Komponentenvarianten.

Betrachtet man hierzu die Anforderungen an die Komponenten und das Wachstum des zugehörigen Lastenhefts, wird schnell klar: Die Anforderungen müssen automatisch ausgewertet werden, damit die Transparenz über die verschiedenen projekt- oder modellspezifischen Anforderungen erhalten bleibt. Mit einem automatisierten Anforderungsvergleich gelingt es auch, jene Anforderungen zu identifizieren, die potenziell Varianten erzeugen, und aus diesen einen strukturierten Anforderungskatalog zur Wiederverwendung zu erzeugen (Bild 2). Dazu werden die Anforderungen in projektübergreifende, projektspezifische und ausgeprägte Anforderungen geclustert (Bild 3).

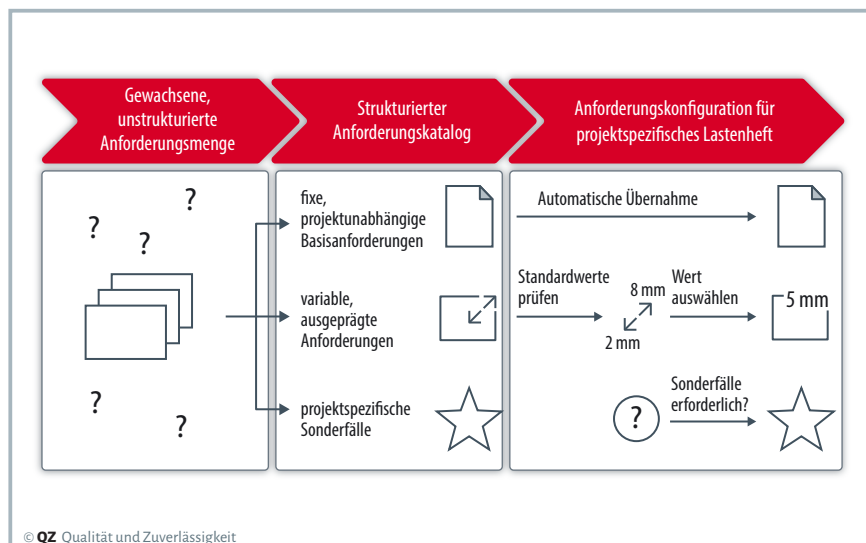


Bild 2. Erstellung eines strukturierten Anforderungskatalogs aus einer historisch gewachsenen Anforderungsmenge zur Wiederverwendung von Anforderungen (© Lisa Ritter)

### Softwarebasierte Analyse von Formulierungen im Lastenheft

Durch die große Anzahl an Anforderungen ist eine manuelle Auswertung zu aufwendig. Die Automatisierung wiederum muss den natürlichsprachlichen Charakter von Anforderungen berücksichtigen können. Denn: Zwei inhaltlich gleiche Sätze in natürlicher Sprache können in ihrer Wortwahl und Syntax voneinander abweichen. Zum Beispiel haben folgende Sätze verschiedene Formulierungen, aber die gleiche Aussage:

- Jede Radträgervariante ist als linke und rechte Variante spiegelbildlich auszuführen.
- Der Radträger ist in linker und rechter Ausführung spiegelbildlich zu entwickeln.

## INFORMATION &amp; SERVICE

## LITERATUR

- 1 Oster, S.: Testen variantenreicher Produkte. QZ 6/2017, S. 36–39
- 2 Boutkova, E.; Houdek, F.: Semi-Automatic Identification of Features in Requirement Specifications. In: 2011 IEEE 19th International Requirements Engineering Conference. Trento, Italy, Aug. 29th – Sept. 2nd, 2011, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, S. 313–318
- 3 Darimont, R.; Zhao, W.; Ponsard, C.; Michot, A.: Deploying a Template and Pattern Library for Improved Reuse of Requirements Across Projects. In: 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference (RE). Lisbon, Portugal, 4–8 September 2017, IEEE Computer Society Press, Piscataway, NJ, S. 456–457
- 4 Tavakoli Kolagari, R.; Reiser, M.-O.: Reusing Requirements: The Need for Extended Variability Models. In: Arbab, F.; Sirjani, M.: Proceedings of the 2007 international conference on Fundamentals of software engineering. Teheran, 17.–19.04.2007, ACM Digital Library, Springer, Berlin, Heidelberg, S. 129–143

## AUTOREN

**Lisa Ritter, M. Sc.**, ist Doktorandin in der Entwicklung Fahrndynamik bei der BMW AG in München.

**Prof. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus** leitet das Fachgebiet Qualitäts- und Prozessmanagement im Fachbereich Maschinenbau an der Universität Kassel.

## KONTAKT

BMW Group  
Lisa Ritter  
lisa.ritter@bmw.de

Universität Kassel  
Robert Refflinghaus  
refflinghaus@uni-kassel.de

Ein lexikalischer Vergleich, der die Wortwahl und den Satzbau auf Basis der Zeichenfolge vergleicht, würde in dieser Situation zwei unterschiedliche Anforderungen ergeben. Der lexikalische Vergleich wurde bei der BMW Group am Beispiel der Anforderungen eines Hinterachsträgers getestet. Dabei wurden die meisten Anforderungen fälschlicherweise als spezifisch eingestuft. Die gleiche Anforderung konnte in verschiedenen Formulierungen in anderen Projekten gefunden werden.

Daraus folgt: Der Anforderungsvergleich muss zwingend auf der Semantik basieren. Deshalb werden für den Anforderungsvergleich Technologien aus dem Bereich Natural Language Processing (NLP) untersucht, mit deren Hilfe eine Software Anforderungen semantisch miteinander vergleichen kann. Die Software erkennt, wenn zwei inhaltlich gleiche Anforderungen mit verschiedenen Begriffen und unterschiedlichem Satzbau formuliert wurden.

Hierzu muss die Software für den Sprachgebrauch des jeweiligen Anwendungsfalls antrainiert werden. Im betrachteten Anwendungsfall der Entwicklung Fahrndynamik BMW wird das Sprachmodell mit Komponentenlastenheften mechanischer Fahrwerkskomponenten, Abkürzungsverzeichnissen, Glossaren und Unternehmensstandards der BMW Group, für die betrachteten Komponenten gültigen Standards und Normen sowie mit Literatur zur Konstruktion und Fahrwerkstechnik trainiert.

Anschließend wird eine Stichprobe mit Musterlösungen erarbeitet, welche Anforderungen als inhaltlich ähnlich betrachtet werden sollen. Anhand dieser Musterlösungen wird ein Grenzwert für die Software bestimmt, ab welchem Ähnlichkeitsgrad zwei Anforderungen als inhaltlich gleich

betrachtet werden sollen. So wurde zum Beispiel festgelegt, dass die folgenden beiden Anforderungen als inhaltlich ähnlich zu betrachten sind, und der Grenzwert entsprechend eingestellt:

- Das gesamte Bauteil ist frei von scharfen Kanten und Graten zu gestalten.
- Im gesamten Montageablauf muss Verletzungsgefahr (z.B. durch scharfe Kanten) ausgeschlossen werden.

Durch dieses Sprachmodell soll ein automatisierter Anforderungsvergleich möglich sein, mit dem sich die Anforderungen auswerten und gruppieren lassen.

## Grenzen der Sprachanalyse mit NLP-Software

Die Einschränkung: NLP-Softwareprogramme können nur Texte verarbeiten. Anforderungen, die als Abbildung oder in technischen Zeichnungen dargestellt sind, können nicht verwertet werden.

Der Fließtext der vorhandenen Dokumente muss in einzelne Anforderungen zerteilt werden, die es zu vergleichen gilt. So können z.B. einzelne Stichpunkte in den Dokumenten jeweils vollständige Anforderungen darstellen oder nur im Zusammenhang mit einem einleitenden Satz im Kontext verstanden werden. Hierzu müssen entsprechende Regeln für die Zerlegung von Dokumenten definiert werden.

Des Weiteren kann der semantische Vergleich lediglich einen Ähnlichkeitsgrad zwischen zwei Anforderungen ermitteln. Ob zwei Anforderungen als inhaltlich gleich einzustufen sind, muss durch Vorgabe von Musterlösungen und einen Grenzwert des Ähnlichkeitsgrads festgelegt werden. Dieser kann je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausfallen und sollte durch Experten des jeweiligen Sprachraums an-

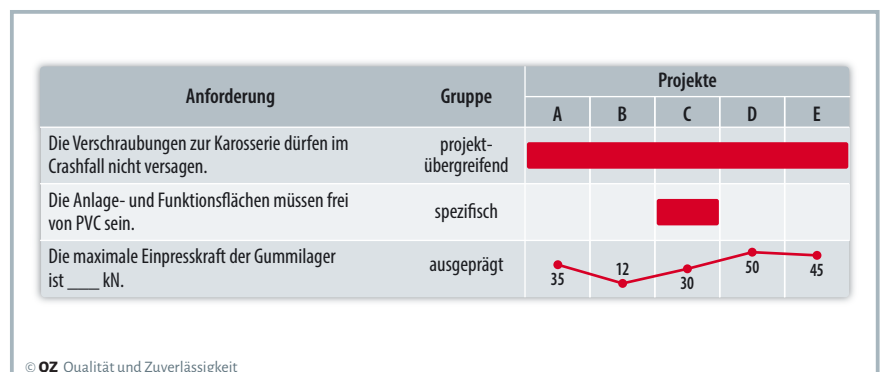


Bild 3. Auswertung aus dem Vergleich von Komponentenlastenheften (© Lisa Ritter)

Bild 4. Auswertung und Ziele der einzelnen Schritte (© Lisa Ritter)

	Schritt	Ziel
1	Anforderungsvergleich	Auswertung Vorkommen und Ausprägungen der Anforderungen
2	Gruppierung	Identifikation variantenverursachender Anforderungen
3	Überprüfung des Ursache-Wirkzusammenhangs	Nachweis der variantenverursachenden Wirkung
4	Anforderungsbewertung	Entscheidungsgrundlage für den Anforderungsentfall

© QZ Qualität und Zuverlässigkeit

hand der Erarbeitung von Musterlösungen bestimmt werden. Ferner kann das beschriebene Sprachmodell nicht beurteilen, ob eine Anforderung gemäß den gültigen Standards formal gut oder schlecht formuliert wurde. Die Software kann auch anhand einer Formulierung nicht erkennen, ob es

sich bei der Formulierung um eine Information oder tatsächlich um eine Anforderung handelt.

Derzeit werden im Forschungsprojekt basierend auf dem hier beschriebenen Anwendungsfall verschiedene Ansätze aus dem Bereich NLP hinsichtlich des Auf-

wands für das Antrainieren des Sprachmodells, der Anzahl erforderlicher Daten, der Auswertungsgüte und der Eignung für den Anwendungsfall verglichen. Die Ergebnisse der Vergleichsstudie stehen noch aus.

Anschließend sollen die potenziell varianzerzeugenden Anforderungen mithilfe einer Bewertungsmethode hinterfragt werden, um eine Übererfüllung durch zu hohe und/oder nicht erforderliche Anforderungen zu vermeiden. Im Gegensatz zu bestehenden Anforderungsbewertungen sollen hier die Folgen beim Entfall einer Anforderung oder einer Ausprägung betrachtet werden. Dazu werden in Anlehnung an die Bewertungsmethode FMEA zunächst die Folgen eines Anforderungsentfalls aufgezeigt und anschließend anhand von definierten Kriterien hinsichtlich ihrer Kritikalität für z.B. die Zulassung, Sicherheit oder Kundenwahrnehmung bewertet. ■

HEXAGON  
MANUFACTURING INTELLIGENCE

Q-DAS

## 3D MEASUREMENT DATA MANAGEMENT - INTELLIGENT INTEGRATIONS

ERFOLGREICHE INTEGRATIONEN  
UNTERNEHMENSWEITER DATENMANAGEMENT-  
LÖSUNGEN UNSERER KUNDEN.

SAVE THE DATE!  
eMMA SYMPOSIUM  
06. NOVEMBER 2019  
LANDAU IN DER PFALZ

q-das.com