Effiziente parametrisierte Fahrzeugarchitekturauslegung in der frühen Konzeptphase

M.Sc. Maximilian Schmitz, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Nachgiebige Systeme, 98693 Ilmenau, Deutschland, maximilian.schmitz@tu-ilmenau.de
Dr. Jochen Bisinger, Mercedes-Benz AG, 71063 Sindelfingen, Deutschland, jochen.bisinger@mercedes-benz.com
Prof. Lena Zentner, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Nachgiebige Systeme, 98693 Ilmenau, Deutschland, lena.zentner@tu-ilmenau.de

Kurzfassung

Der Übergang von klassischen Verbrennungsmotoren zu alternativen Antriebsarten für den motorisierten Individualverkehr (MIV) eröffnet Fahrzeugherstellern die Möglichkeit, neue Bauweisen und Architekturen zu erschließen. Durch die aktuelle, technologieoffene Phase bedingt, setzen viele Hersteller auf batterieelektrisch betriebene Fahrzeuge, die anderen halten möglichst lange an diesel- oder benzinbetriebenen Motoren fest, streben nach Hybridlösungen oder forschen an wasserstoffbetriebenen Konzepten. Jede dieser Antriebsarten bringt große bauartbedingte Unterschiede in dem Aufbau der Fahrzeuge mit sich. Häufig können dadurch alte Fahrzeug-Plattformen nicht weiter genutzt oder müssen massiv überarbeitet werden.
Gleichzeitig ist in den letzten zehn Jahren national, wie auch international, ein Trend zu immer höheren, größeren und schwereren Fahrzeugen zu beobachten [1]. Insbesondere Sport Utility Vehicles (SUV) und Geländewagen sind Profiteure dieser Entwicklung und weisen insgesamt seit 2017 in Deutschland die größten Neuzulassungszahlen auf [2].
Strengere Emissionsrichtlinien zum gesamten Flottenverbrauch (alle Fahrzeuge eines Herstellers) einzelner Hersteller erfordern jedoch leichte und aerodynamisch günstige Bauformen. So schreibt die ab dem 1. Januar 2020 in Kraft getretene EU-Verordnung [3] einen maximalen Flottengrenzwert von 95 g CO_2/km vor. Batterieelektrische Fahrzeuge stoßen nach dieser Definition 0 g CO_2/km aus, was den zuvor beschriebenen Übergang erklärt.
Im Spannungsfeld dieser Marktentwicklungen und -bedingungen ist es notwendig, künftige Fahrzeugarchitekturen in der frühen Phase in Bezug auf diese Anforderungen bewerten und absichern zu können.
Dabei soll ein vernetzter[1] Arbeitsprozess (Abbildung 1) entwickelt werden, der unter Angabe der Prognosegenauigkeit idealerweise in Echtzeit Grenzwerte und Eigenschaften zuvor definierter Anforderungsbereiche auswertet. Durch die dabei gesteigerte Zahl an berücksichtigten Anforderungsbereichen in der frühen Phase werden Iterationen verringert und der konstruktive Entwicklungsprozess effizienter gestaltet. Die für die Realisierung des Arbeitsprozesses benötigen 3D-Modelle können dadurch zudem in nachgelagerten Prozessen durch die Nutzung von xR-Technologien[2] in einer früheren Entwicklungsphase erlebbar und subjektiv bewertbar gemacht werden.

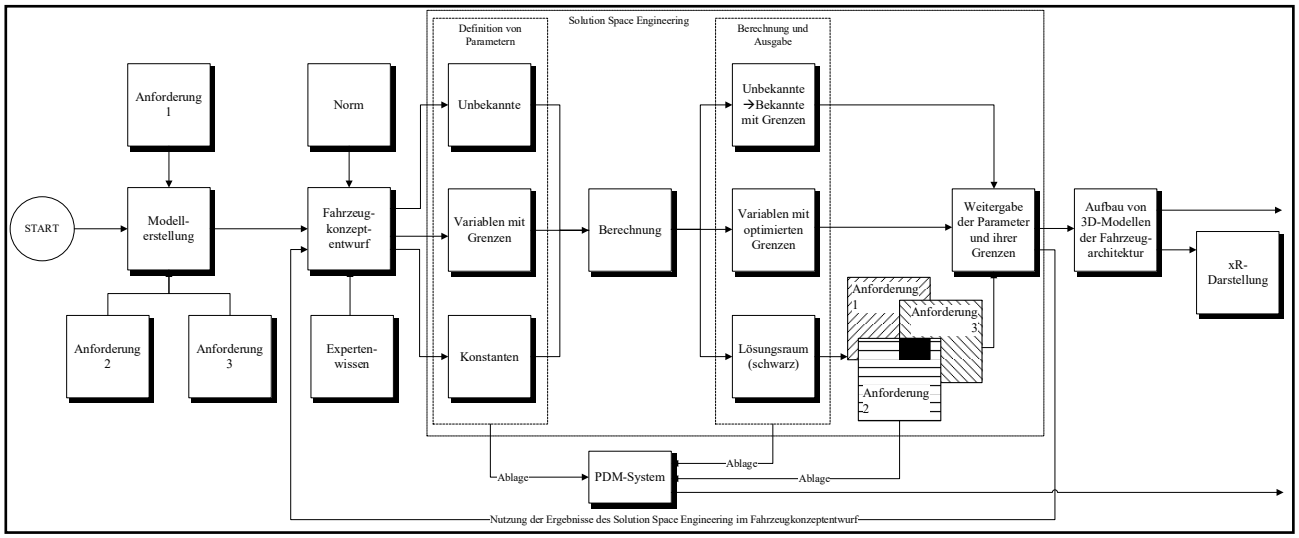

Abbildung 1: Darstellung des vernetzten Arbeitsprozesses

[1] Die Vernetzung bezieht sich auf die gemeinsame Modellerstellung, die Parameterdefinition, sowie den interdisziplinären Abgleich der Systemanforderungen aller beteiligten Entwicklungsbereiche.
[2] xR: Extended Reality

DOI: 10.17185/duepublico/77391

Alle Rechte vorbehalten.

Konkret soll der vernetzte Arbeitsprozess die Fahrzeugarchitekturauslegung in der frühen Konzeptphase unterstützen, in dem Parameter, wie Fahrzeuglänge, -breite, -höhe, Radstand, Spurbreite, Sitzpositionen etc. festgelegt werden [4], die letztlich auch die Fahrzeugklasse definieren.
Zusätzlich werden über die grobe Silhouette bereits zu diesem Zeitpunkt auch funktionale Bauräume für das Packaging der Antriebseinheit(en), Energiespeicher, Leistungs- und Bordelektronik, sowie Komfortmerkmale festgelegt.
Dabei werden zunächst relevante Parameter identifiziert, deren Abhängigkeiten untereinander mathematisch beschrieben und in ein Berechnungsmodell implementiert. Die Festlegung der berücksichtigten Anforderungen erfolgt im Anschluss. Im ersten Entwurf des Modells wird zunächst eine Abschätzung des Gewichts und der Aerodynamik über die Stirnfläche betrachtet. Aus diesen Anforderungsbereichen können bereits weitere Auslegungskriterien des Fahrzeugs im Vergleich zu vorherigen Baureihen abgeleitet werden. Dazu zählen die Auslegung der Reifen, der Wendekreis und die Reichweite des Fahrzeugs. Wurden die Parameter und deren Wechselwirkungen untersucht, können sie als Konstanten, als Variablen mit ihren Grenzen entsprechend der zuvor definierten Anforderungen oder als Ausgabegrößen festgelegt werden. An dieser Stelle sind Expertenwissen und Erfahrung besonders entscheidend, da die existierenden Literaturquellen nur bedingt Auskunft über die komplexen Wechselbeziehungen bieten.
Nach der Modellbildung folgt die Fahrzeugarchitekturauslegung und kann entweder klassisch zweidimensional oder dreidimensional stattfinden. Erstere wird im betrachteten Anwendungsfall über CAD-Software durchgeführt; Letztere hingegen durch die Nutzung von 3D-Visualisierungs- und Animationssoftware, die die einfache Weitergabe an xR-Methoden ermöglicht. Mit dieser Software liefert der Nutzer die Geometriewerte für das Berechnungsmodell. Neben der vernetzten Auslegung in der frühen Entwicklungsphase besteht der Mehrwert des Arbeitsprozesses darin, dass grundsätzlich nicht zwischen Eingabe- und Ergebnisgrößen unterschieden wird, sondern nur zwischen Variablen, Konstanten und Unbekannten. Der Nutzer kann Parameter, die eigentlich deduktiv erschlossen werden, wie zum Beispiel das Fahrzeuggewicht, auch als Konstante oder Variable mit oberer und/oder unterer Grenze definieren. Dadurch lassen sich Größen, wie beispielsweise die Fahrzeuglänge, induktiv als Wertebereich, für den alle Anforderungen erfüllt sind, erschließen.
Die zugrundeliegende Methode ist das Solution-Space-Engineering [5]. Unter der Nutzung vereinfachter, schnell rechnender Modelle werden zunächst Lösungen für die Variablen der Fahrzeugarchitektur gefunden, die den gegebenen Anforderungen entsprechen. Anschließend wird der Parameterraum systematisch untersucht, um die Punktlösungen zu Lösungsbereichen zu erweitern, wodurch robuste Systemlösungen entstehen. Insbesondere die Randbereiche sind hierbei von großem Interesse. Die Projektion dieser Lösungsbereiche oder -flächen in den mehrdimensionalen Raum führt zu Lösungsräumen, die der Methodik ihren Namen geben.
Somit wird die erstellte Fahrzeugarchitektur auf Knopfdruck oder automatisch unter Angabe der Prognosegenauigkeit gegenüber den zuvor definierten Grenzen abgeglichen und bewertet. Denkbar ist eine Darstellung als Ampel oder als Wertebereich jedes einzelnen Parameters, in dem die Anforderungen erfüllt werden. Anschließend werden die vom Nutzer festgelegten Parameter inklusive der gültigen Wertebereiche über eine Schnittstelle an ein PDM-System[3] übergeben und archiviert. Auf diese Weise können auch andere Disziplinen und Anforderungsbereiche auf die generierten Daten nach dem Ein-Quellen-Prinzip[4] zugreifen und sie nutzen.
Durch diesen Arbeitsprozess soll nicht nur die frühe Konzeptphase effizienter gestaltet, sondern auch ein besseres Gefühl für das auszulegende System und die Sensitivität der Parameter vermittelt werden. Anhand der Visualisierung der Lösungsbereiche und deren Grenzen ist der Einfluss einzelner Parameter auf das Ergebnis direkt ersichtlich. Im Rahmen des Prozessaufsatzes wurden erste Anforderungsbereiche identifiziert und Parametersätze erstellt. Damit einhergehend wird das Berechnungsmodell aufgebaut und anhand vorhandener Daten validiert. Die weitere Verarbeitung und Weitergabe der Lösungsbereiche, sowie die Integration des Arbeitsprozesses in die Fahrzeugvorentwicklung erfolgen im Anschluss.

Literatur

[1] Pischinger, S.; Seiffert, U. (Hrsg.): *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2021.

[2] Kraftfahr-Bundesamt: *Fahrzeugzulassungen (FZ) - Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen Jahr 2012ff - FZ 14*. Flensburg, 2012-2021.

[3] Europäisches Parlament und Rat: *Verordnung (EU) 2019/631 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 zur Festsetzung von CO2-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 443/2009 und (EU) Nr. 510/2011*. Strasbourg, 2019.

[4] SAE International: *J1100 NOV2009 Motor Vehicle Dimensions*. Warrendale: 2009.

[5] Zimmermann, M.; Edler von Hoessle, J.: *Computing solution spaces for robust design.* In: Int. J. Numer. Meth. Engng 2013; 94:290-307. 20. Februar 2013. Wiley Online Library. DOI: 10.1002/nme.4450. S. 209-3

[3] PDM-System: Produktdatenmanagementsystem

[4] Ein-Quellen-Prinzip: Nutzung einer zentralen Datenquelle, die die Nutzung veralteter Daten durch Versionierung und Zugriffsberechtigung vermeidet, sowie Doppelungen verhindert.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts bibliothek

In: Neunte IFToMM D-A-CH Konferenz 2023

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/77391
URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230314-153007-8

Alle Rechte vorbehalten.