



Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.) **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN** 2016
Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

Entwickeln – Entwerfen – Erleben 2016.
Beiträge zur Virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik
Herausgeber: Ralph Stelzer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-95908-062-0

© 2016 w.e.b. Universitätsverlag & Buchhandel
Eckhard Richter & Co. OHG
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration © 2016 TU Dresden
Printed in Germany.

Erscheint zugleich auf QUCOSA der SLUB Dresden
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-203878>



© 2016 SAP SE oder ein SAP-Konzernunternehmen. Alle Rechte vorbehalten.



KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

Komplexität bremst Ihr Business aus. Denn je gewaltiger die Informationsflut, desto schwieriger die Entscheidungsfindung. SAP arbeitet daran, Dinge zu vereinfachen. Damit aus Daten Wissen und aus Wissen fundierte Entscheidungen werden, die Ihr Unternehmen weiterbringen. Finden Sie heraus, wie gemeinsam einfach möglich wird auf sap.de/runsimple

SAP
Run Simple

Erarbeitung eines Beziehungssystems zur Entwicklung eigenschaftsoptimierter Karosseriekonzepte in Mischbauweise

Jan Hasenpusch · Andreas Hillebrand · Thomas Viotor

1 Einleitung

Verschiedene Zielkonflikte zwischen den Anforderungen bzgl. Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit resultieren aus den Spannungsfeldern Umwelt, Wirtschaft und Technik (Busche 2014, Braess & Seiffert 2013). Richtungsentscheidungen bei der Festlegung der Anforderungen im Entwicklungsprozess auf Grundlage weniger Informationen bergen die Gefahr fehlerhafter Entscheidungen (Feldhusen & Grote 2013). Wird dies im weiteren Verlauf der Entwicklungsprozesse bemerkt sind Iterationsschleifen verbunden mit hohen Kosten notwendig, um dort nachzubessern (Ehrlenspiel et al. 2007). Der Grund für das große Informationsdefizit am Anfang des Entwicklungsprozesses sind die unbekanntenen Auswirkungen der Parametervariationen auf die Eigenschaften (Ehrlenspiel 2009). Diese resultieren u.a. aus den restriktiven Anforderungen, neuen Technologien oder alternativen Werkstoffen (Braess & Seiffert 2013). Muss das Nachfolgefahrzeug bspw. länger und flacher, bei gleicher Fahrdynamik werden oder leichter bei schärferen NVH- und Crash-Eigenschaften sein, müssen neue Strukturen, Materialien und Verfahren eingesetzt werden (Prinz 2011, Busche 2014). Bei Neukonstruktionen ist der Anteil unbekannter Auswirkungen noch höher (Ehrlenspiel 2009).

Ziel des Entwicklungsprozesses ist es anhand verschiedener auf einander abgestimmter Modelle die Gestalt zu definieren und dafür die Auswirkungen der Parametervariationen zu bestimmen, um die geforderten Eigenschaften und Funktionen abzusichern (Feldhusen & Grote 2013). Das Geflecht der Parameter kann in Form von Eigenschaften und Merkmalen mit Hilfe von Beziehungssystem abstrahiert dargestellt werden (Vajna et al. 2009, Weber 2011). Die Kenntnis über das Beziehungssystem eines Produktes ermöglicht die Reduktion des Informationsdefizits (Ehrlenspiel 2009). Durch die An-

wendung des Beziehungssystems in Form von aufeinander abgestimmten Modellen ermöglicht die schnelle systematische Ermittlung der Auswirkungen von Parametervariation zwischen Eigenschaften und Merkmalen des Fahrzeugs (Weber 2011, Busche 2014). Mit diesen Erkenntnissen kann eine geeignete Entwicklungsrichtung vorgeben werden. Diese Arbeit legt den Fokus auf die Fahrzeugkarosserie. Die Forschungsfrage lautet deshalb: Wie können die Auswirkungen von Parametervariationen auf die Karosserieeigenschaften mit Hilfe eines Beziehungssystems schnell, kostengünstig und ganzheitlich beurteilt werden?

2 Systeme, Modelle und Beziehungssysteme

Das Verständnis der Begriffe Systeme und Modelle ist eine Voraussetzung zur Beantwortung der Frage, wie die Auswirkungen von Parametervariationen auf die Karosserieeigenschaften schnell, kostengünstig und ganzheitlich beurteilt werden können. Die Definition der Begriffe ist im Allgemeinen sowie im Speziellen auf den Fahrzeugentwicklungsprozess bezogen relevant.

In der Literatur (Avgoustinov 2007, Ehrlenspiel 2009, Feldhusen & Grote 2013, Vajna et al. 2009) gibt es diverse Definitionen für verschiedene Arten von Systemen. Im Allgemeinen besteht ein System aus Elementen, die untereinander und auch mit der Umgebung in Wechselwirkung stehen. Diese Elemente liegen in den Systemen in einer Struktur vor und führen zu spezifischen System-Eigenschaften bzw. dem Verhalten eines Systems. In der Produktentwicklung werden bei jeder Modellerstellung und -untersuchung Systeme erstellt um einen komplexen realen Sachverhalt zweckmäßig zu abstrahieren. Dieses Vorgehen ist notwendig, um Objekte, deren Zusammenhänge und ihr Verhalten transparent abzubilden.

Mit dem Verständnis von technischen Systemen in Form von Modellen können in der Produktentwicklung Analysen zur Wechselwirkung von Parametern durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Analysen werden auf Datenebene zusammengetragen und für die Entscheidungsfindung herangezogen (Feldhusen & Grote 2013). Für eine erfolgreiche Durchführung des Entwicklungsprozesses ist es notwendig die Analysen zielgerichtet und unter Berücksichtigung von Systemeigenschaften, -grenzen und Modellierungsbedingungen anzuwenden (Ehrlenspiel 2009). Die Kenntnis der Parameter der (Teil-) Systeme und deren Beziehungen untereinander ist daher eine wichtiger Erfolgsfaktor (Vajna et al 2009).

2.1 Produktmodellierung im Entwicklungsprozess

Weber (Weber 2011) gliedert in seinem Ansatz „Characteristics-Properties Modelling“ (hier: CPM) die Parameter der Beziehungssysteme in Produktmerkmale und –eigenschaften. Die Merkmale beschreiben die Gestalt des Produktes. Ihre Ermittlung ist das Ziel jedes Entwicklungsprozesses in Abhängigkeit der Erfüllung der Forderungen, um Herstellunterlagen anfertigen zu können. Die Forderungen betreffen hauptsächlich die Eigenschaften eines Produktes, welche sich jedoch aus der Gestalt des Produktes ergeben. Dabei entsteht im Entwicklungsprozess die Notwendigkeit die Beziehungen zwischen Merkmalen und Eigenschaften zu untersuchen. Weber beschreibt dies im Ansatz mit der Analyse und Synthese, vgl. Abbildung 1.

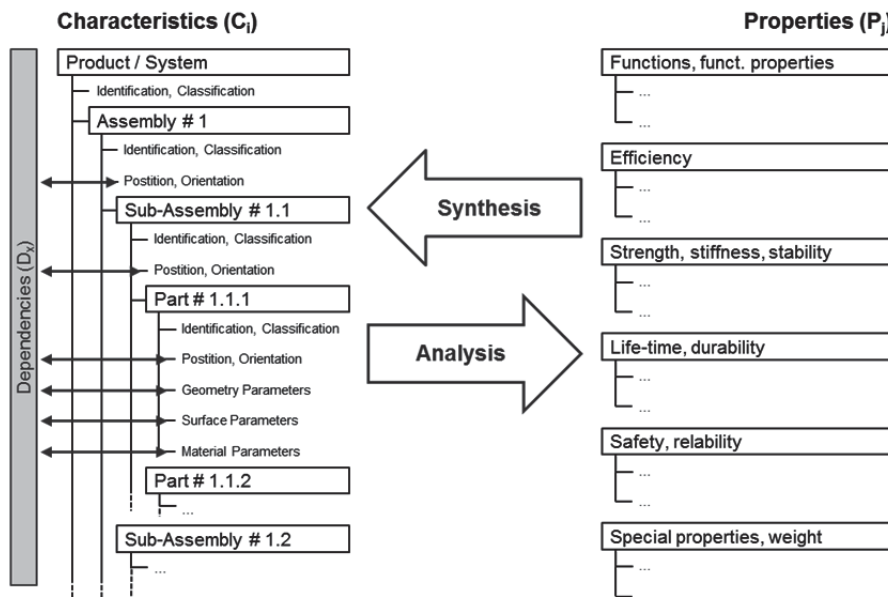


Abbildung 1: Webers Ansatz „Characteristics-Properties Modelling“ mit Analyse und Synthese nach (Weber 2011)

In einem ersten Entwicklungsschritt werden mittels Synthese aus geforderten Eigenschaften Merkmale abgeleitet. Im Rahmen des Informationsdefizits in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses werden zunächst nur die wichtigsten Eigenschaften und Merkmale betrachtet. Durch die Bildung dieser Teilsysteme können wichtige Beziehungen außerhalb der Systemgrenze nicht betrachtet werden. Dies birgt die Gefahr Zielkonflikte entstehen zu lassen, die erst bei detaillierteren Betrachtungen mit weiteren Para-

metern und ihren Beziehungen auffallen und eine zusätzliche Iterationsschleife durchgeführt werden muss. Die Auswirkungen der festgelegten Merkmale auf die Eigenschaften werden in einem weiteren Schritt, der Analyse, ermittelt. Das Ziel ist der anschließende Vergleich mit den geforderten Eigenschaften. (Weber 2011)

Analyse und Synthese werden im Entwicklungsprozess mit mehreren verschiedenen Untersuchungen mit Hilfe von Hilfsmitteln, wie CAx-Werkzeugen, durchgeführt. Neben den Unsicherheiten durch die Verwendung von Teilsystemen müssen hier Ungenauigkeiten durch Modellierungsbedingungen und äußere Randbedingungen berücksichtigt werden. Umso wichtiger ist es die Untersuchungen auf das Beziehungssystem eines Produktes in Abhängigkeit der Parameter, Systemgrenzen, Modellierungsbedingungen und äußeren Randbedingungen abzustimmen. (Weber 2011) Vermeidbare Iterationsschleifen mit hohen Kosten entstehen aus schlecht abgestimmten Systemen. Produkte mit hoher Komplexität aufgrund vielfältiger Themengebiete mit diversen geforderten Eigenschaften und Merkmalen, wie Fahrzeuge, besitzen ein hohen Untersuchungsgrad und damit einen hohen Abstimmungsaufwand (Braess & Seiffert 2013). Im besonderen Maße ist dieser in der frühen Phase notwendig. Diese Arbeit zeigt, fokussiert auf das Themengebiet der Karosserie den Ansatz zur Aufstellung eines Beziehungssystems.

2.2 Erweiterung des Characteristic-Properties-Modelling

Zunächst muss die Theorie von Weber erweitert werden, um das Beziehungssystem im Rahmen der Methodik aus (Hasenpusch et al. 2015) in dieser Arbeit entwickeln zu können. Bereits in (Weber 2011) hat Weber seinen Ansatz „Characteristics-Properties Modelling“ (CPM) um den Aspekt des Lebenszyklus-Managements erweitert. Mittels des Lebenszyklus-Monitoring werden die Produkteigenschaften und deren Einflüsse auf die Lebenszykluseigenschaften betrachtet. Bei Start eines Entwicklungsprozesses für ein weiteres Produkt können aus dem Lebenszyklus-Monitoring gewonnene Erkenntnisse die Festlegung der geforderten Eigenschaften beeinflussen. Neben dem Lebenszyklus-Monitoring kann dieser Ansatz um das Monitoring der Kundenwünsche erweitert werden.

Die Berücksichtigung der Meinungen und Wünsche der Kunden in der Produktentwicklung ist bei der Volkswagen AG von hoher Bedeutung und wichtig für den späteren Erfolg des Produktes. Der Ansatz von Weber (Weber 2011) wird in dieser Arbeit um das Kunden-Monitoring und die Ermittlung von geforderten Eigenschaften aus den Kundenmeinungen und –wünschen erweitert. Analog zur Lebenszyklus-Betrachtung ist es notwendig

die Auswirkungen der Produkteigenschaften auf die Meinung und Wünsche des Kunden zu betrachten (Braess & Seiffert 2013). Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen werden für die Festlegung geforderter Eigenschaften in weiteren Entwicklungen benötigt. Abbildung 2 verdeutlicht die Erweiterung um das Kunden-Monitoring. Neben den Kunden sind noch weitere Stakeholder am Entwicklungsprozess aktiv und passiv beteiligt (Braess & Seiffert 2013). Dazu zählt u.a. neben dem Gesetzgeber auch der Auftraggeber der Entwicklung, der mit internen Randbedingungen und Zielen die Festlegung der geforderten Eigenschaften beeinflusst. Außerdem sind Konkurrenzprodukte mit ihren Eigenschaften und der Gestalt zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung unterschiedlicher Quellen zur Festlegung geforderter Eigenschaften kann hier unter dem Begriff wissensbasierte Anforderungsentwicklung zusammengefasst werden. Darunter fällt auch das Erfahrungswissen in den unterschiedlichen Quellen, bspw. über das Monitoring. Der Begriff wissensbasierte Produktentwicklung kann auf den gesamten Ansatz erweitert werden, da spezifisches Wissen über die Produkte ein wichtiger Erfolgsfaktor zum Aufbau des Beziehungssystems ist.

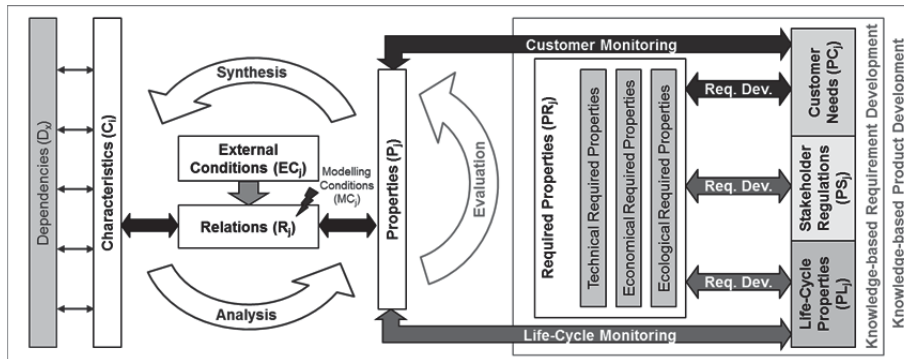


Abbildung 2: Erweiterung des „Characteristics-Properties Modelling“ um Monitoring und Anforderungsentwicklung bzgl. Kunden und Stakeholdern; Eigene Abbildung in Anlehnung an (Weber 2011)

3 Entwicklung eines Beziehungssystems zur Entwicklung und Beurteilung von Karosseriekonzepten

Hasenpusch et al. (2015) zeigt den Ansatz einer Methodik zur Steigerung der Effizienz im Produktentwicklungsprozess. Ziel dieser Methodik ist die Entwicklung und Beurteilung von Karosseriekonzepten in der frühen Phase der Entwicklung. Es liegen nur wenige Informationen zur Gestalt vor, aber viele geforderte Eigenschaften. Die Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Eigenschaften gilt es zu untersuchen, um die Gestalt zu definieren und

die Eigenschaften abzusichern. In dieser frühen Phase ist das Informationsdefizit für viele Iterationsschleifen und teure Entwicklungsprozesse verantwortlich. Durch die Anwendung der Methodik wird eine Reduzierung des Informationsdefizits erreicht.

Die Methodik basiert auf der in Kapitel 2.2 vorgestellten, erweiterten Theorie des CPM (Characteristics-Properties-Modelling). Sie ist in zwei grundlegende Abschnitte unterteilt. Zum einen die Entwicklung der Lösungsvarianten mit dem Ziel der Gestaltfindung aus den geforderten Eigenschaften. Dies stellt im CPM die Synthese dar. Zum anderen die Ermittlung der Eigenschaften und die Bewertung der Lösungsvarianten bzgl. der Erfüllung der geforderten Eigenschaften. Dazu werden im Entwicklungsprozess. Im CPM ist das die Analyse und Evaluation. Die Methodik basiert daher grundlegend auf dem erweiterten Modelle des CPM. Im Folgenden ist das Vorgehen zu Entwicklung des Beziehungssystems dargestellt.

3.1 Entwicklung des Beziehungssystems im Allgemeinen

Zur Entwicklung des Beziehungssystems ist das Wissen über die Beziehungen zwischen Merkmalen und Eigenschaften sowie über die Abhängigkeiten unter den Merkmalen notwendig. Außerdem müssen die externen Randbedingungen und der Modellierungsbedingungen berücksichtigt werden. (Weber 2011)

Zunächst muss ermittelt werden welche Eigenschaften in der frühen Phase an die Karosserie gefordert werden. Dafür ist der gesamte Abschnitt der in Abbildung 2 dargestellten wissensbasierten Anforderungsentwicklung zu analysieren. Bei der Volkswagen AG betrifft diese Analyse mehrere Fachabteilungen und das Vorgehen beim VW-internen Produktentstehungsprozess.

Anschließend müssen die von den Eigenschaften betroffenen Merkmale identifiziert werden. Dazu ist es entscheidend Untersuchungen zu kennen aus denen die Merkmale bzgl. der geforderten Eigenschaften bestimmt werden. Damit verbunden ist die Kenntnis über die verwendeten Produktmodelle mit deren Modellierungsbedingungen und welche weiteren Informationen notwendig sind. Ist eine Übersicht vorhanden muss geklärt werden welche Untersuchungen welche Merkmale betreffen und wie diese in Wechselwirkung zu einander stehen. Redundanzen müssen aufgedeckt werden, da sie in dieser Phase bewusst zu untersuchen sind, um bei mehrfacher Betrachtung Zielkonflikte vermeiden zu können. Sind die Abhängigkeiten der Merkmale untereinander und Fragestellungen für die Analyse geklärt, erfolgt die Auswahl der Untersuchungen und der Modellaufbau.

Für die Anwendbarkeit der Methodik in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses und die Zielerfüllung ist das Beziehungssystem für beide Abschnitte abgestimmt und durchgängig zu gestalten. Denn mit möglichst wenig Informationen zur Gestalt und den geforderten Eigenschaften soll eine Aussage zur Auswirkung von Parametervariationen auf die Karosserieigenschaften getroffen werden. Daher ist ein gesamtes Beziehungssystem für die beiden Abschnitte zu entwerfen, vgl. Abbildung 3.

Für den zweiten Abschnitt der Methodik, Eigenschaftsermittlung und Bewertung, gilt grundsätzlich das gleiche Vorgehen mit dem Fokus welche Untersuchungen aus den festgelegten Merkmalen die tatsächlichen Eigenschaften ermitteln. Zusätzlich muss für die Evaluation ein Bewertungsverfahren erstellt werden. Beides soll basierend auf den Merkmalen aus dem ersten Abschnitt erfolgen.

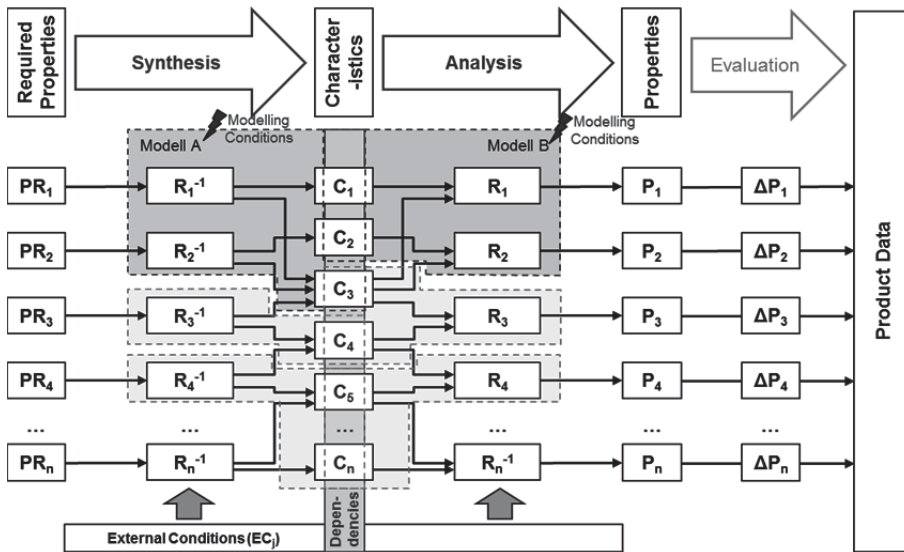


Abbildung 3: Grundlegendes Beziehungssystem für die Methodik; Eigene Abbildung in Anlehnung an (Weber 2011)

Die Durchgängigkeit des Beziehungssystems erleichtert die Umsetzung in ein Software-Werkzeug zur Unterstützung des Anwenders der Methodik. Darin sind einfache Modelle direkt umgesetzt und Schnittstellen zu detaillierteren Modellen implementiert. Eine wichtige Voraussetzung für die Durchgängigkeit des Beziehungssystems ist die Parametrisierung des Systems (Böhme 2004). Dies erfolgt in Abhängigkeit der Beziehungen und der Abbildungsmöglichkeit der Beziehungen durch Modelle, um die Frage-

stellungen lösen bzw. Zielkonflikte identifizieren zu können. In Kombination von Modellbildung und Parametrisierung kann das Beziehungssystem durch die geforderten Eigenschaften gesteuert werden.

Oftmals können geforderte Eigenschaften auf unterschiedliche Art und Weise erfüllt werden, das führt zu mehreren Lösungsmöglichkeiten für die Merkmale. Durch Kombination dieser Lösungsmöglichkeiten entstehen Lösungsräume für die geforderten Eigenschaften aus denen die optimale Lösung zu identifizieren ist. Die Methodik wendet das Beziehungssystem deshalb unter dem Gesichtspunkt der Kombinatorik an. Mit Hilfe des Beziehungssystems werden die möglichen Lösungen erstellt und bewertet. Abbildung 4 zeigt den Prozess der Anwendung.

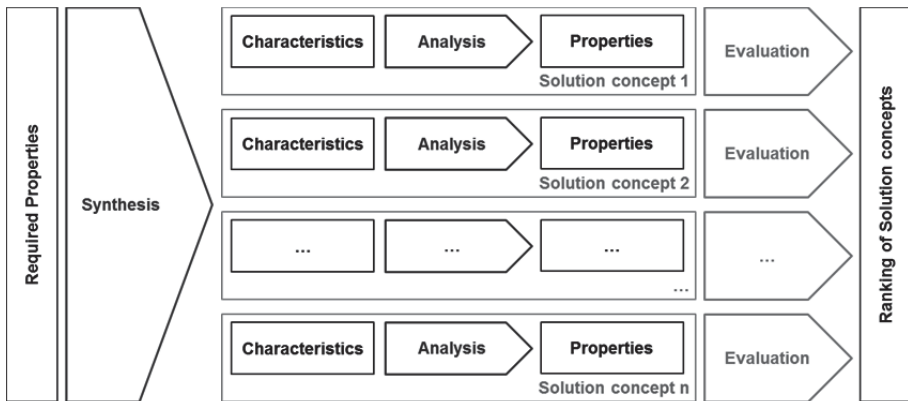


Abbildung 4: Anwendung des Beziehungssystems zusammen mit der Kombinatorik zu verschiedenen Lösungsvarianten innerhalb der Methodik; Eigene Abbildung

3.2 Entwicklung des Beziehungssystems am Beispiel von Karosseriekonzepten

Der allgemeine Prozess für die Anwendung des Beziehungssystems muss für die Anwendung in der Methodik detailliert werden. Dazu sind die Randbedingungen bei der Entwicklung von Karosseriekonzepten ausschlaggebend, ausgehend von geforderten Eigenschaften sind das, durch das Package bedingte, Restriktionen. Dazu zählen Komponenten wie Antriebsaggregate, die Platzierung der Insassen oder Ergonomiemaße. Hier fließen die Ergebnisse aus dem in Kapitel 2.2 erweiterten Modell von LCA, Kunden und Stakeholder ein. Aus den Eingaben werden Maßkonzept und Package zur Ermittlung der Bauräume für die Karosserie erstellt, vgl. Abbildung 6. Der Aufbau des Maßkonzept basiert auf dem Prinzip der eigenschaftsbasierten Fahrzeugkonzeption von Hahn (Hahn et al. 2012). Die Ableitung der Bauräume erfolgt durch ein Teilbeziehungssystem, bestehend

aus Gleichungen. Abbildung 5 zeigt das Prinzip exemplarisch an der Ableitung des Bauraums des Schwellers.

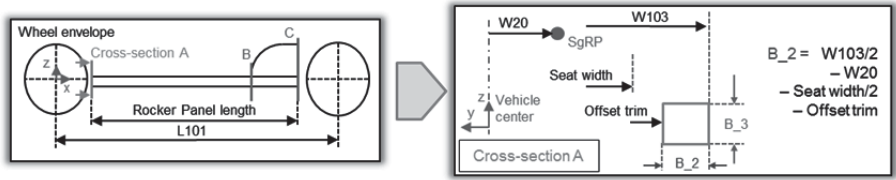


Abbildung 5: Prinzipielle Darstellung der Ableitung des Bauraums des Schwellers, Maßbezeichnung nach SAEJ1100; Eigene Abbildung in Anlehnung an (Meyer 2015)

Mit den geforderten Eigenschaften und Bauräumen werden aus Datenbanken geeignete Strukturen, Materialien und Fügeverfahren ausgewählt. Darüber wird der Bereich möglicher Ausprägungen für die Merkmale festgelegt, vgl. Abbildung 6. Mittels eines Kombinationsverfahrens werden die ausgewählten Strukturen, Materialien und Fügeverfahren zu Lösungsvarianten von Karosseriekonzepten entwickelt. Die Kombination erfolgt unter Berücksichtigung der Verträglichkeit untereinander. Zum Beispiel wird die Fügbarkeit in Abhängigkeit der Fügeverfahren anhand verschiedener Kriterien geprüft. Damit ist die Gestaltfindung basierend auf den Eigenschaften abgeschlossen, die Merkmale sind in jeder Lösungsvariante festgelegt.

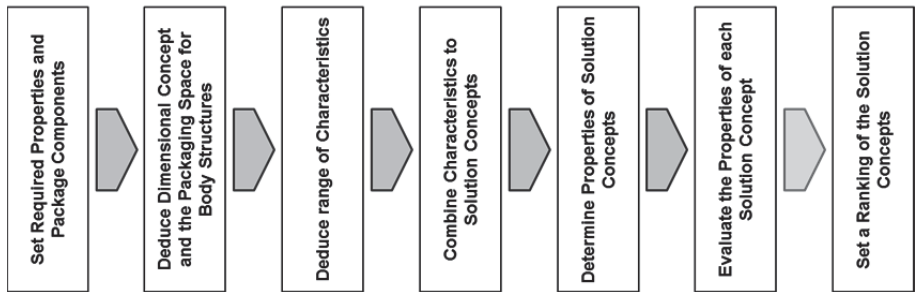


Abbildung 6: Prozessdarstellung im Rahmen der Methodik bezogen auf die Entwicklung und Beurteilung von Karosseriekonzepten; Eigene Abbildung

Im nächsten Schritt werden die Eigenschaften der einzelnen Lösungsvarianten bestimmt, siehe Abbildung 6. Dies erfolgt aufgrund des Modellierungsaufwands unterschiedlicher Modelle, von einfachen Gewichtsabschätzungen bis zum Aufbau von FE-Modellen (vgl. Abbildung 7), in mehreren Bewertungs- und Auswahlritten zur Reduzierung des Aufwands. Dazu

wird basierend auf den ermittelten Eigenschaften eine Bewertung durchgeführt die eine Rangfolge ausgibt an der die Auswahl von Schritt zu Schritt getroffen wird.

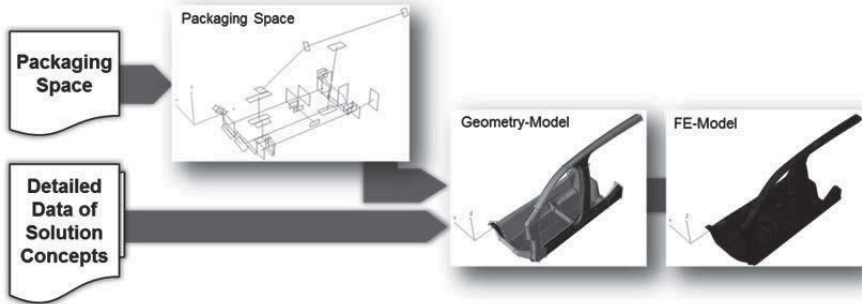


Abbildung 7: Darstellung des automatisierten Prozesses in der letzten Bewertungsstufe zur Erzeugung von Geometrie- und FE-Modellen zur Bewertung technischer Eigenschaften bzgl. NVH und Crash; Eigene Abbildung

Die Erkenntnisse über die Lösungskonzepte zu den geforderten Eigenschaften können für den weiteren Entwicklungsprozess genutzt werden. Die Informationen unterstützen den Entscheidungsprozess oder können zu Iterationsschleifen führen. Das Beziehungssystem könnte mit angepassten geforderten Eigenschaften erneut gefüttert werden und weitere Erkenntnisse liefern. Die Anwendung der Methodik wird durch ein Software-Tool unterstützt und liefert mit geringem Aufwand schnell aussagekräftige Informationen. Der Entwickler wird bei der Gestaltfindung und Untersuchung der optimalen Lösung unterstützt, sodass die Effizienz im Entwicklungsprozess gesteigert werden kann. Erste interne Anwendungen konnten erfolgreich an Fahrzeugprojekten durchgeführt werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag beantwortet die Frage, wie die Auswirkungen von Parameterwirkungen auf die Karosserieeigenschaften mit Hilfe eines Beziehungssystems schnell, kostengünstig und ganzheitlich beurteilt werden können.

Basierend auf der grundlegenden Frage werden die Begriffe Systeme und Modelle kurz beschrieben, um auf die Produktmodellierung im Produktentwicklungsprozess einzugehen. Dabei wird der Ansatz des Characteristics-Properties-Modelling (CPM) von Weber (Weber 2011) vorgestellt und auf die Herausforderungen eingegangen. Die Erweiterung des Ansatzes um wis-

sensbasierte Produktentwicklung sowie Monitoring und Anforderungsentwicklung von Kunden und Stakeholdern wird beschrieben.

Der erweiterte Ansatz des CMP wird angewandt, um ein Beziehungssystem zur Entwicklung und Beurteilung von Karosseriekonzepten zu erstellen. Dabei wird auf die Einbettung des erweiterten CMP in den Produktentwicklungsprozess als Kern einer Methodik eingegangen. Während dies zunächst allgemein beschrieben ist, wird anschließend der Bezug zu den Karosseriekonzepten hergestellt. Abschließend wird der Prozess zur Anwendung des Beziehungssystems innerhalb der Methodik kurz beschrieben. Außerdem wird mit Hilfe eines entwickelten Software-Tools der Entwickler bei der Anwendung der Methode unterstützt. Erste interne Anwendungen zeigen eine erfolgreiche Durchführung.

Zusammenfassend trägt die Methodik dazu bei, die oben genannten Herausforderungen im Bereich der Karosseriekonzeptentwicklung zu bewältigen. Eine abschließende Validierung auf umfassende Untersuchungen wird zurzeit durchgeführt. Dazu zählt auch der notwendige Detailgrad für die Berücksichtigung der Verträglichkeit.

Literaturverzeichnis

- Avgoustinov, N. 2007: *Modelling in Mechanical Engineering and Mechatronics, Towards Autonomous Intelligent Software Models*. Berlin: Springer-Verlag.
- Böhme, M. 2004: *Ein methodischer Ansatz zur parametrischen Produktmodellierung in der Fahrzeugentwicklung*. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Braess, H.H. & Seiffert, U. (Hrsg.) 2013: *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Busche, I. 2014: *Ein Beitrag zur optimierten Konzeptauslegung von Fahrzeugen im Bereich der Elektromobilität*. Magdeburg: Otto-von-Guericke Universität Magdeburg.
- Ehrlenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U. 2007: *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung*. Berlin: Springer-Verlag.
- Ehrlenspiel, K. 2009: *Integrierte Produktentwicklung, Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. München: Carl Hanser Verlag.
- Feldhusen, J. & Grote, K.-H.(Hrsg.) 2013: *Pahl/Beitz Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hahn, J., Hazelaar & Grote, K.-H. 2012: *Unterstützung der eigenschaftsbasierten Fahrzeugkonzeption in der frühen Konzeptphase*. *Entwerfen Entwickeln Erleben*, 2012.
- Hasenpusch, J., Hillebrand, A. & Vietor, T. 2015: *Parametrische Methodik zur Entwicklung anforderungsoptimierter Karosseriestrukturen in Multi-Material-Bauweise*. 19. Internationales Leichtbausymposium Dresden, 2015.

- Meyer, C. 2015: Entwicklung einer programmtechnischen Unterstützung zur Ermittlung von Anforderungen und zur Erstellung eines Maßkonzepts eines Fahrzeugs, Bachelorarbeit. Braunschweig: Institut für Konstruktionstechnik.
- Moses, S. 2014: Optimierungsstrategien für die Auslegung und Bewertung energieoptimaler Fahrzeugkonzepte. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Prinz, A. 2011: Struktur und Ablaufmodell für das parametrische Entwerfen von Fahrzeugkonzepten. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Suh, N.P. 1998: Axiomatic Design Theory for Systems. In Research in Engineering Design, 189-209, London: Springer-Verlag.
- Vajna, S., Bley, H., Weber, C. & Zeman, K. 2009: CAx für Ingenieure, Eine praxisbezogene Einführung. Berlin: Springer-Verlag.
- Weber, C. 2011: Design Theory and Methodology, Contributions to the Computer Support of Produkt Development/Design Processes. In: Birkhofer, H. (Hrsg.): The Future of Design Methodology, 91-104, London: Springer-Verlag.

Kontakt

Jan Hasenpusch
Volkswagen Aktiengesellschaft
Brieffach 1777
38440 Wolfsburg
jan.hasenpusch@volkswagen.de
www.volkswagen.de

Dr. Andreas Hillebrand
Volkswagen Aktiengesellschaft
Brieffach 1777
38440 Wolfsburg
www.volkswagen.de

Prof. Dr. Thomas Vietor
Institut für Konstruktionstechnik
Technische Universität Braunschweig
Langer Kamp 8
38106 Braunschweig
www.tu-braunschweig.de/ik