

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung



**10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik
KT2012 | Residenzschloss Dresden | 14.–15. Juni 2012**

Stelzer · Grote · Brökel · Rieg · Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik KT2012

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

Entwickeln – Entwerfen – Erleben.
Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung
10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik (KT2012)

Herausgeber:

Prof. Dr. Ralph Stelzer (Technische Universität Dresden)
Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)
Prof. Dr. Klaus Brökel (Universität Rostock)
Prof. Dr. Frank Rieg (Universität Bayreuth)
Prof. Dr. Jörg Feldhusen (RWTH Aachen)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei
ma design, Tedata, Continental, xPLM, B.I.M. Consulting und Reiss Büromöbel

ma design
//ENGINEERING

Continental 

B.I.M.
consulting

TEDATA

xPLM
Solution

REISS

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 987-3-942710-80-0

© 2012 TUDpress
Verlag der Wissenschaften GmbH
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Sandra Olbrich/Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration Audi A6 Limousine © 2012 Audi AG

Benedikt Posner, Alexander Keller,
Hansgeorg Binz & Daniel Roth

Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren

1 Einleitung und Motivation

Leichtbau beabsichtigt, die Funktion des Produkts bei gleichbleibendem Gewicht zu steigern (Wiedemann 2007). Leichtbaugerechtes Konstruieren verbessert die Funktionserfüllung bei konstantem Gewicht oder senkt das Gewicht bei gleicher Funktionserfüllung. Da auf Produkte neben der Erdbeschleunigung auch noch weitere Beschleunigungen und damit Kräfte wirken, ist nicht das Gewicht, sondern vielmehr die Masse neben der Funktion die entscheidende Eigenschaft, die im Leichtbau optimiert werden soll. Um folglich Produkte leichtbaugerecht zu konstruieren, müssen diese sowohl funktions- als auch massegerecht konstruiert werden. Die funktions- und massegerechte Konstruktion von Produkten kann den Energieverbrauch eines Produkts, wie z. B. den Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeugs, reduzieren und damit dessen ökonomische und ökologische Eigenschaften verbessern (Ponn & Lindemann 2011). Zusätzlich zur Massenreduzierung kann eine verbesserte Massenverteilung die physische Belastung des Produktnutzers reduzieren, indem Kräfte und Momente, die durch die Masse auf den Nutzer ausgeübt werden, minimiert werden. Außerdem kann eine bessere Massenverteilung weitere dynamische Produkteigenschaften verbessern, z. B. höhere erreichbare Kurvengeschwindigkeiten eines Kraftfahrzeugs. Die Massen- und Trägheitsmomentreduzierung kann außerdem höhere Beschleu-

nigungen ermöglichen (Ponn & Lindemann 2011). Zu einem ganzheitlichen leichtbau- und damit funktions- und massegerechten Konstruieren gehört folglich die Betrachtung der Masse, der Massenverteilung und des Trägheitsmoments.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Konstruktionsmethoden werden eingesetzt, um ein zielgerichtetes Vorgehen bei der Produktentwicklung zu unterstützen (Lindemann 2009). Eine Methode zum funktions- und massegerechten Konstruieren unterstützt die Entwicklung ganzheitlich leichtbaugerechter Produkte. Zur Bewertung und Entwicklung einer Methode müssen wie auch im Produktentwicklungsprozess Anforderungen erarbeitet werden. Verschiedene Autoren führen einzelne Punkte auf, die bei der Gewichtsoptimierung berücksichtigt werden müssen (Ponn & Lindemann 2011, Feyerabend 1990, Klein 2011). Sie entwickeln aber nicht systematisch eine Anforderungsliste, die als Grundlage für die Bewertung der Methoden des Stands der Forschung oder zur Entwicklung einer neuen Methode und zu deren Validierung dienen kann. Es sollen daher in diesem Beitrag Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren diskutiert und eine Anforderungsliste erstellt werden. Daher stellt sich folgende Forschungsfrage: Welche Anforderungen werden an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren gestellt?

Zur Beantwortung dieser Frage werden Anforderungen formuliert, die allgemein an Konstruktionsmethoden gestellt werden und im Stand der Forschung beschrieben sind. Diese werden durch eine Literaturrecherche zu den Anforderungen an Methoden zum leichtbau- und damit zum funktions- und massegerechten Konstruieren erweitert, angepasst und spezifiziert.

3 Stand der Forschung der Anforderungen an das leichtbaugerechte Konstruieren

Zahlreiche Autoren beschäftigen sich mit Leichtbaustrategien, wie z. B. dem Werkstoff-, Form-, Fertigungs-, Konzept- (Klein 2011), Bedingungs- oder Systemleichtbau (Kopp et al. 2011). Für die Konstruk-

tion im Leichtbau werden die allgemeingültigen Vorgehensweisen zum Konstruieren z. B. nach VDI 2221 (VDI 1993) vorgeschlagen (Klein 2011, Albers & Braun 2011). Es werden jedoch keine Anforderungen entwickelt, die diese Vorgehensweisen bei der Anwendung zum leichtbaugerechten Konstruieren erfüllen müssen. Als spezielle Konstruktionsmethode für das leichtbaugerechte Konstruieren schlägt Feyerabend (1990) die Wertanalyse Gewicht vor. Diese Methode wurde durch den Transfer der Wertanalyse von der Anwendung auf Kosten auf die Anwendung auf Gewicht entwickelt (Feyerabend 1990). Es werden spezielle Kriterien genannt, die beim leichtbaugerechten Konstruieren berücksichtigt werden müssen, wie z. B. das Berücksichtigen von Masse und Massenverteilung. Schmidt (2003) schlägt eine Methode zum Transfer von erfolgreichen Leichtbaulösungen auf neue Probleme vor. Er entwickelt dabei eine rechnergestützte Methode, für die er Anforderungen bezüglich der Rechnerunterstützung aufstellt. Die Anforderungen an die Methoden von Schmidt (2003) und Feyerabend (1990) werden jedoch nicht systematisch und vollständig erarbeitet. Dabei werden unter anderem die allgemeinen Anforderungen, die an alle Methoden zum Konstruieren gestellt werden nicht berücksichtigt. Stockinger (2007) beschreibt die Entwicklung eines Assistenzsystems zur Entwicklung von Leichtbaukonstruktionen. Er nennt Aspekte der Unterstützung, die bei der Entwicklung des Assistenzsystems berücksichtigt wurden. Eine systematisch erarbeitete Anforderungsliste unter Berücksichtigung von Anforderungen an Konstruktionsmethoden wird nicht dargestellt. Im Konzept zur rechnergestützten Konzeption und Prinzipiellösungsmodellierung flächiger Leichtbaukomponenten beschreibt Hauck (2006) ebenfalls Anforderungen an das System Funktions-Prinzipiellösungs-Modellierer. Diese Anforderungen entsprechen aber nicht den Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren. Der Stand der Forschung beschreibt folglich nur einzelne Anforderungen an das leichtbaugerechte Konstruieren im Allgemeinen. Es werden keine vollständigen, d. h. auch unter Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen an Konstruktionsmethoden, wie sie z. B. Keller & Binz (2009) formulieren, und systematisch aufgestellten Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren formuliert.

4 Allgemeine Anforderungen an Konstruktionsmethoden

Keller & Binz (2009) fassen die allgemeinen Anforderungen an Konstruktionsmethoden zusammen und ordnen diese Anforderungsgruppen zu. Diese Anforderungsgruppen sind die Überprüfbarkeit, die wissenschaftliche Stichhaltigkeit, die Nachvollziehbarkeit, die Strukturierung und Kompatibilität, die Flexibilität, die praktische Relevanz und die Problemspezifität. Diese Anforderungsgruppen umfassen 19 Anforderungsbereiche, aus denen 98 Richtlinien abgeleitet wurden (Keller & Binz 2010), anhand derer die Erfüllung der Anforderungen überprüft werden kann. Darüber hinaus wurde auch die relative Wichtigkeit der einzelnen Richtlinien und damit Anforderungen in einer Umfrage untersucht (Keller & Binz 2010).

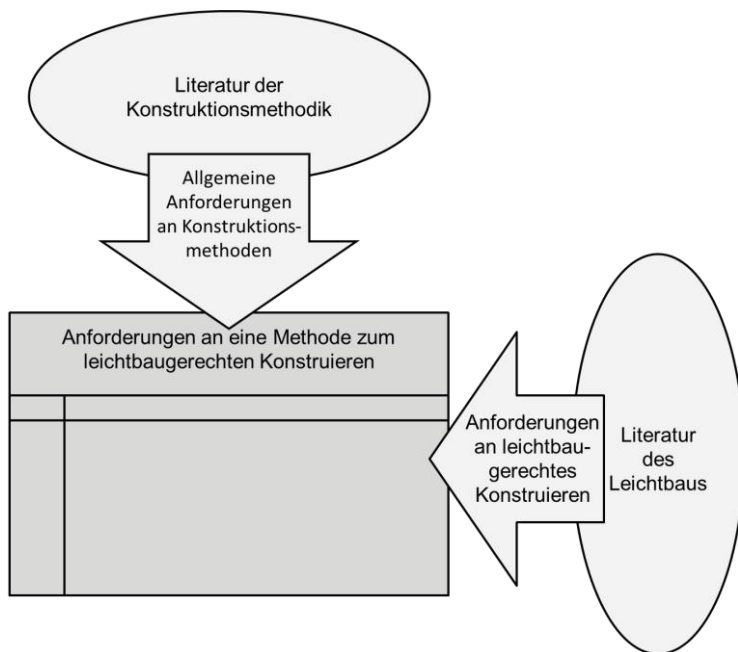


Abbildung 1: Vorgehen beim Erarbeiten der Anforderungen

5 Erarbeitung der Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren

Abbildung 1 stellt das Vorgehen dar, mit dem die Anforderungen erarbeitet wurden. Dabei wurden die Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren aus den allgemeinen Anforderungen an Konstruktionsmethoden abgeleitet und durch Anforderungen, die aus der Literatur des Leichtbaus recherchiert wurden, ergänzt und spezifiziert. Vor allem die Nützlichkeit, die Effektivität und die Effizienz einer Methode untergeordnet sind, muss im speziellen Kontext der Leichtbaugerechtheit betrachtet werden.

Tabelle 1 zeigt in den beiden linken Spalten die Anforderungsgruppen nach Keller & Binz (2009, 2010), Binz et al. (2011) und in der rechten Spalte die Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren, die nachfolgend aus den allgemeinen Anforderungen abgeleitet werden. Die erste Anforderungsgruppe nach Binz et al. (2011) ist die Überprüfbarkeit. Die Überprüfbarkeit kann untergliedert werden in Verifizierung und Validierung. Die Methode muss auf die Anforderungen, die an sie gestellt werden, hin überprüft werden. Dies setzt voraus, dass die Anforderungen so formuliert sind, dass eine Validierung durchgeführt werden kann. Die in diesem Beitrag vorgestellten Anforderungen sind daher so formuliert, dass Methoden auf deren Erfüllung hin überprüft werden können.

Der wissenschaftlichen Sinnhaftigkeit werden die Validität, die Zuverlässigkeit und die Objektivität zugeordnet (Binz et al. 2011). Aussagen und Ergebnisse der Methode dürfen sich nicht widersprechen, damit sie valide sind. Außerdem muss die Methode zuverlässige Ergebnisse produzieren. Das bedeutet, dass die Ergebnisse nicht durch verschiedene Einflüsse, wie z. B. den Einfluss des Methodenanwenders, so weit voneinander abweichen können, dass die Ergebnisse unbrauchbar oder gar irreführend sind. Dies setzt auch die Forderung nach Objektivität voraus. Durch die Überprüfung der Methode muss eine ausreichende Objektivität belegt werden, sodass die verschiedenen Probanden als Methodenanwender mit ihrem subjektiven Einfluss Ergebnisse erhalten, die sich nicht widersprechen und für die Zielerreichung der Methodenanwendung nutzbar sind.

Die Methode muss durch die Forderungen nach Verständlichkeit, Wiederholbarkeit, Erlernbarkeit und Anwendbarkeit die Nachvollziehbarkeit erfüllen (Binz et al. 2011). Der Verständlichkeit wird die Forderung zugeordnet, dass alle Schritte und Zusammenhänge der Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren transparent und logisch nachvollziehbar sind. Außerdem muss die Methode von einem Konstrukteur verstanden werden können. Des Weiteren müssen dieser Wissenstand und die mit dem Ingenieurstudium zusammenhängenden Fertigkeiten ausreichen, um die Methode erlernen zu können. Die Wiederholbarkeit der Methode muss in der Form gegeben sein, dass bei einer mehrfachen Anwendung der Methode auf das gleichartige Problem keine widersprüchlichen Ergebnisse produziert werden.

Der Anforderungsgruppe der Strukturierung und der Kompatibilität werden die Untergruppen Strukturieren, Komplexitätsbewältigung, Kompatibilität und Problemlösen zugeordnet (Binz et al. 2011). Die Methode muss den Konstrukteur dabei unterstützen, systematisch das Problem und/oder das Objekt oder ausgewählte Teile davon zu strukturieren. Darüber hinaus muss die Methode bei der Komplexitätsbewältigung unterstützen. Dies kann z. B. durch eine vereinfachende Modellbildung erfolgen. Des Weiteren muss die Methode mit weiteren Methoden und dem Produktentwicklungsprozess, z. B. nach VDI 2221 (VDI 1993), kompatibel sein. Um die Umsetzung und Anwendung der Methode per Rechner unterstützen zu können, muss sie in ihrem Aufbau auch so dargestellt werden, dass eine Rechnerunterstützung möglich wird.

Die Flexibilität der Methode muss derart gegeben sein, dass einzelne Schritte, falls diese nicht notwendig sind, weggelassen bzw. übersprungen werden können. Außerdem muss ein iteratives Durchlaufen der Methode möglich sein, damit, falls dies nötig ist, einzelne Schritte z. B. für eine weitere Optimierung erneut durchlaufen werden können.

Damit die praktische Relevanz der Methode gegeben ist, muss sie innovativ und konkurrenzfähig sein (Binz et al. 2011). Das heißt, sie muss entweder mindestens einen Anwendungsfall abdecken, den

Anforderungsgruppen nach (Keller & Binz 2011)	Untergruppen	Nr.	Anforderung
Überprüfbarkeit	Validierung	1	Methode muss anhand der Anforderungsliste validiert werden.
	Verifizierung	2	Methode muss verifiziert werden.
Wissenschaftliche Sinnhaftigkeit	Validität	3	Aussagen der Methode dürfen sich nicht widersprechen und müssen damit valide sein.
	Zuverlässigkeit	4	Methode muss zuverlässige Ergebnisse liefern.
	Objektivität	5	Subjektive Einflüsse dürfen die Effektivität der Methode nicht behindern. Damit muss die Methode ausreichend objektiv sein.
Nachvollziehbarkeit	Verständlichkeit	6	Schritte und Zusammenhänge der Methode müssen transparent und logisch nachvollziehbar sein.
		7	Vorwissen in Form eines Ingenieurstudiums muss ausreichend sein, um die Methode und deren Anwendung zu verstehen.
	Erlernbarkeit	8	Wissen und Fertigkeiten eines Ingenieurs reichen aus, um die Methode erlernen zu können.
	Anwendbarkeit	9	Ingenieur muss die Methode anwenden können.
Strukturierung und Kompatibilität	Wiederholbarkeit	10	Die Ergebnisse der Methode dürfen bei einer mehrfachen Anwendung sich nicht widersprechen.
		11	Methode muss die systematische Strukturierung des Problems und/oder des Objekts oder Teilen davon unterstützen.
		12	Methode muss bei der Komplexitätsbewältigung unterstützen.
		13	Methode muss beim Problemlösen unterstützen.
Flexibilität	Kompatibilität	14	Methode muss mit VDI 2221 kompatibel sein.
		15	Methode muss rechnerintegrierbar sein.
		16	Einzelne Schritte müssen im Einzelfall ausgelassen oder übersprungen werden können.
Praktische Relevanz	17	Iteratives Durchlaufen der Methode muss möglich sein.	
	Innovativität	18	Methode muss neu sein.
Nützlichkeit	Konkurrenzfähigkeit	19	Ergebnisse der Methode dürfen nicht durch bestehende Methoden erarbeitet werden können.
		20	Methode muss die Analyse der Funktionen unterstützen.
		21	Methode muss bei der Massenreduktion durch Analyse, Visualisierung und Ableiten von Handlungsempfehlungen unterstützen.
		22	Methode muss Analyse bestehender Produkte unterstützen.
		23	Methode muss die Massenzielsetzung in frühen Phasen der Produktentwicklung unterstützen.
		24	Methode muss die Masse als Optimierungskriterium in frühen Phasen der Produktentwicklung berücksichtigen.
		25	Methode muss die Massenverteilung durch Analysieren, Visualisieren und Ableiten von Handlungsempfehlungen berücksichtigen.
		26	Methode muss die Trägheitsmomente durch Analysieren, Visualisieren und Ableiten von Handlungsempfehlungen berücksichtigen.
		27	Methode muss bei Wahl der Leichtbaustrategie unterstützen.
		28	Methode muss bei Synthese von Lösungen unterstützen.
	29	Methode muss weitere Kriterien bei der Lösungsbewertung und Lösungsauswahl berücksichtigen.	
Problemspezifität	Effizienz	30	Methode muss Bewertungswerkzeug enthalten.
		31	Aufwand darf den Nutzen nicht übersteigen.
Problemspezifität	Problemspezifität	32	Methode muss dem Nutzer effizient erscheinen.
Problemspezifität	Problemspezifität	33	Methode muss Problemspezifität aufweisen, die es einem Nutzer erlaubt, sie als für sein Problem passend zu erkennen.

Tabelle 1: Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren

keine andere Methode abdeckt, oder sie muss im Allgemeinen effizienter z. B. leichter erlernbar sein oder Vorteile hinsichtlich anderer Anforderungen gegenüber den bestehenden Methoden besitzen.

Die Nützlichkeit umfasst die Effektivität und die Effizienz (Binz et al. 2011). Ziel und damit der gewünschte Effekt der Methode soll die Unterstützung des Konstrukteurs beim leichtbau- und damit beim funktions- und massegerechten Konstruieren sein. Das bedeutet, dass sowohl die Funktion als auch die Masse von der Methode berücksichtigt werden müssen. Es ist erforderlich, dass die Methode den Konstrukteur mit Hilfsmitteln bei der Analyse und der Strukturierung der Funktionen unterstützen muss. Außerdem muss die Methode Funktionen auf ihre unterschiedliche Wichtigkeit für den Kunden hin untersuchen: Funktionen, die der Kunde nicht will, können z. B. weggelassen werden und damit kann Masse eingespart werden, weil jede Funktion zu ihrer Erfüllung Masse benötigt.

Massegerechtes Konstruieren erfordert, dass die Methode die Masse als Optimierungskriterium berücksichtigt. Da leichtbaugerechte Produkte das Ziel sind, muss der Konstrukteur bei der Massenreduktion unterstützt werden. Hierzu müssen die Bauteil- und Baugruppenmassen analysiert, visualisiert und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Am Anfang des Produktentwicklungsprozesses müssen Massenziele erarbeitet und festgelegt werden, um die Zielerreichung bewerten zu können (Ponn & Lindemann 2011). Diese Ziele müssen Wettbewerbs- und Vorgängerprodukte sowie Kundenwünsche berücksichtigen.

Um Wettbewerbs- und Vorgängerprodukte zu optimieren oder um Rückschlüsse aus ihnen für eine Neuentwicklung zu gewinnen, muss der Konstrukteur diese analysieren. Die Methode muss den Konstrukteur beim Analysieren bestehender Produkte systematisch unterstützen. Wird die Masse und ihre Verteilung erst in späten Phasen der Produktentwicklung berücksichtigt, können Nacharbeit und Iterationen im Produktentwicklungsprozess nötig werden, weil die definierten Ziele nicht erreicht wurden (Ponn & Lindemann 2011). Damit ergibt sich zum einen die Forderung, dass die Masse als Optimierungskriterium schon in frühen Phasen der Produktentwicklung

berücksichtigt werden muss. Zum anderen muss die Verteilung der Masse innerhalb des Produkts berücksichtigt werden, da eine reine Massenreduktion ohne Betrachtung der Massenverteilung zu einer verschlechterten Massenverteilung führen kann und damit Produkteigenschaften negativ beeinflusst werden können. Für rotatorisch bewegte Bauteile ist neben der Masse und der Massenverteilung das Trägheitsmoment bedeutend. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass auch das Trägheitsmoment systematisch berücksichtigt werden muss.

In der Literatur des Leichtbaus werden verschiedene Leichtbaustrategien aufgeführt (Kopp 2011, Klein 2011). Die Methode muss die Anwendungsmöglichkeiten aller Leichtbauansätze aufzeigen und bei der Auswahl der passenden Leichtbaustrategie unterstützen (Stokinger 2007). Außerdem muss der Konstrukteur beim Synthetisieren von Lösungen mit Hilfe der Leichtbauansätze unterstützt werden.

Mit Leichtbau ist unter anderem die Betrachtung von Eigenfrequenzen, Eigenformen, Akustik, Sicherheit (Ponn & Lindemann 2011), Steifigkeit, Kosten (Wiedemann 2007), Fertigbarkeit (Degischer 2009) und Rezyklierbarkeit (Kopp et al. 2011) verbunden. Um diese Kriterien zu berücksichtigen, müssen sie in die Bewertung und Auswahl der entstandenen Lösungen eingehen. Im Einzelfall ist dabei zu entscheiden, welche Kriterien mit welcher Gewichtung eingehen. Um den Konstrukteur bei der Bewertung zu unterstützen, muss die Methode ein Bewertungswerkzeug enthalten:

- Erzielt die Methode diese Effekte, so weist sie einen Nutzen auf. Es ist erforderlich, dass dieser Nutzen größer ist, als der Aufwand der für die Anwendung der Methode entsteht. Damit ist die Methode effizient.
- Die Methode muss eine ausreichende Problemspezifität aufweisen, die es dem Nutzer ermöglicht, sie als für sein Problem passend zu erkennen (Binz et al. 2011).
- Da die in Tabelle 1 formulierten Anforderungen alle von der Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren erfüllt werden müssen, wird nicht zwischen Forderungen und Wünschen unterschieden, wie dies von Pahl und Beitz (Pahl et al. 2007) vorgeschlagen wird.

6 Diskussion der Ergebnisse

Das Erarbeiten der Anforderungen hat gezeigt, dass vor allem die Anforderungen, die die Nützlichkeit der betrachteten Methode betreffen, spezifiziert werden mussten. Dies zeigen die Anforderungen Nr. 20 bis 30, in die die Ziele eingehen, die mit der Anwendung der Methode erreicht werden sollen. Auch zu den Anforderungen zur Kompatibilität der Methode gehören spezielle Forderungen, wie die nach der Kompatibilität mit der Vorgehensweise nach VDI 2221 (VDI 1993) oder nach der Rechnerintegrierbarkeit. Diese Forderungen lassen sich nicht auf alle Methoden der Konstruktion übertragen. Jedoch können alle anderen Anforderungen, die erstellt und aus den Anforderungsgruppen nach Keller & Binz (2009, 2010) und Binz et al. (2011) abgeleitet wurden, an alle Methoden der Konstruktion gestellt werden.

Für eine Bewertung bestehender Methoden oder eine Evaluation einer neu entwickelten Methode stellt sich die Frage, wie sich die Anforderungen überprüfen lassen. Dies ist für einige Anforderungen, wie z. B. Anforderung 12, die die Unterstützung bei der Komplexitätsbewältigung fordert, nicht trivial. Dennoch müssen für die einzelnen Anforderungen Kriterien formuliert werden, die zumindest eine qualitative Überprüfung ermöglichen. In manchen Fällen, wie beispielsweise Anforderung 32, die fordert, dass die Methode dem Nutzer effizient erscheinen muss, ist nicht im Vorfeld sicherzustellen, dass diese Anforderung in jedem Fall und für jeden Anwender zutrifft. Auch hier müssen (qualitativ) überprüfbare Kriterien gesucht werden, die in Pilotstudien auf generelle Gültigkeit überprüft werden und Indizien für die Erfüllung der Anforderung liefern.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Aufbauend auf der breiten Recherche der Anforderungen und Anforderungsgruppen an Konstruktionsmethoden nach Keller & Binz (2009, 2010), (Binz et al. 2011) konnten Anforderungen an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren abgeleitet werden. Durch eine Literaturrecherche im Bereich Leichtbau und Leichtbaumethodik konnten die allgemeinen Anforderungen an Konstruktionsmethoden konkretisiert und durch leichtbauspezi-

fische Anforderungen ergänzt werden. Dadurch ist eine Anforderungsliste an eine Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren entstanden. Anhand dieser Anforderungsliste können bestehende Methoden zum leichtbaugerechten Konstruieren bewertet werden. Außerdem ist diese Anforderungsliste die Basis für die Entwicklung einer neuen Methode zum leichtbaugerechten Konstruieren. Die Anforderungsliste kann hierbei zwei Zwecken dienen. Zum einen stellt sie die geklärte Aufgabenstellung dar, zum anderen unterstützt sie die Evaluation dieser neu entwickelten Methode.

8 Danksagung

Wir bedanken uns bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des Projekts BI 746/11-1 Entwicklung einer Methode zum funktions- und masserechten Konstruieren.

Literaturverzeichnis

- Wiedemann, J. 2007: Leichtbau, 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Ponn, J. & Lindemann, U. 2011: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Lindemann, U. 2009: Methodische Entwicklung technischer Produkte, Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden, 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag
- Feyerabend, F. 1990: Wertanalyse Gewicht, Methodische Gewichtsreduzierung - am Beispiel von Industrierobotern. Paderborn: Gesamthochschule Paderborn
- Klein, B. 2011: Leichtbau-Konstruktion, Berechnungsgrundlagen und Gestaltung, 9. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner-Verlag
- Keller, A. & Binz, H. 2009: Requirements on Engineering Design Methodologies. In: Bergendahl, N. et. al. (Hrsg.): Proceedings of ICED'09, 203-214, Glasgow: Design Society
- Kopp, G., Burkardt, N. & Majic, N. 2011: Leichtbaustrategien und Bauweisen. In: Henning, F. & Moeller, E. (Hrsg.): Handbuch Leichtbau, Methoden, Werkstoffe, Fertigung, 57-76, München, Wien: Hanser-Verlag
- Verband Deutscher Ingenieure 1993: VDI 2221, Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: Beuth Verlag
- Albers, A. & Braun, A. 2011: Der Prozess der Produktentwicklung. In: Henning, F. & Moeller, E. (Hrsg.): Handbuch Leichtbau, Methoden, Werkstoffe, Fertigung, 5-30, München, Wien: Hanser-Verlag

- Schmidt, W. 2003: Methodische Entwicklung innovativer Leichtbau-Produkte. In: Verband Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 369, Düsseldorf: VDI-Verlag
- Stockinger, A. 2007: Neuartige Synthese- und Analysemethoden im Entwicklungsprozess flächiger Leichtbauteile. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): Design for X - Beiträge zum 18. Symposium, 159-170, Neukirchen: Universität Erlangen-Nürnberg
- Hauck, C. 2006: Beitrag zur methodischen, rechnergestützten Konzeption und Prinziplösungsmodellierung flächiger Leichtbaukomponenten. In: Verband Deutscher Ingenieure (Hrsg.): Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1, Nr. 393, Düsseldorf: VDI-Verlag
- Keller, A. & Binz, H. 2010: Methodisch-wissenschaftliche Anforderungen für die Gestaltung von Entwicklungsprozessen in interdisziplinären Forscher- und Entwicklergruppen. In: Brökel, K. et al. (Hrsg.): KT2010, 8. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, 13-18, Barlebsen: docupoint Verlag
- Binz, H., Keller, A., Kratzer, M., Messerle, M., Roth, D. 2011: Increasing Effectiveness and Efficeny of Product Development, A Challenge for Design Methodologies and Knowledge Management. In: Birkhofer, H. (Hrsg.): The Future of Design Methodology, 79-90, Berlin: Springer-Verlag
- Degischer, H. P. & Lüftl, S. (Hrsg.) 2009: Leichtbau, Prinzipien, Werkstoffauswahl und Fertigungsvarianten. Weinheim: Wiley-VCH-Verlag
- Pahl, A. et al. 2007: Pahl/Beitz Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, 7. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Kontakt

Dipl.-Ing. Benedikt Posner
 Dipl.-Wirtsch.-Ing. Alexander Keller, M. Sc.
 Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz
 Dipl.-Ing. Daniel Roth
 Universität Stuttgart
 Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
 Pfaffenwaldring 9
 70569 Stuttgart
www.iktd.uni-stuttgart.de