

Ein Klassifizierungssystem zur Anforderungssystematisierung

Dennis Horber¹, Benjamin Schleich¹, Sandro Wartzack¹

¹ *Engineering Design (KTmfk)*

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Germany

Abstract

This paper presents a holistic approach to structure and classify requirements of the product life cycle systematically and make them accessible for the evaluation process. In a first analysis step, process models of selected literature are analyzed regarding classification and structuring of requirements as well as their derivation into evaluation criteria. In a subsequent synthesis step, the classification system is developed with a consistent consideration of the multi-criteria evaluation process. This approach therefore contributes to raise the awareness of an appropriate handling of requirements and to minimize forgotten requirements as well as evaluation criteria. As a result, costly iterations in the development process can be reduced sustainably by using the proposed approach.

Keywords: requirement engineering, requirement classification, multi criteria decision making, product development

1 Einleitung und Motivation

Der Erfolg eines Unternehmens hängt in hohem Maße von der Marktfähigkeit von dessen Produkten ab, wobei eine kontinuierliche Neu- und Weiterentwicklung des Portfolios durchaus den entscheidenden Wettbewerbsvorteil für ein Unternehmen bedeuten kann [1]. Aufgrund zunehmender Marktdynamik müssen Entwicklungen immer dem neusten Stand der Technik entsprechen und auf die veränderlichen Markterwartungen hin angepasst sein. Die Kenntnis des Produktentwicklers über die Erwartungen an das Produkt ist Grundlage für eine zielführende Entwicklungstätigkeit [2]. In Form von Anforderungen finden diese Erwartungshaltungen Einfluss auf den Entwicklungsprozess, ebenso als Basis für geeignete Bewertungskriterien auch auf den Entscheidungsfindungsprozess. Eine methodische Handhabung von Anforderungen ist daher essentiell für die Entwicklung sowie Bewertung von Entscheidungsalternativen. Hierdurch motiviert wird im Rahmen dieses Beitrages ein ganzheitliches Klassifizierungssystem vorgestellt, das Produktentwickler zur systematischen Gliederung von Anforderungen sowie zu deren Überführung in den Bewertungsprozess befähigt. Im Folgenden wird hierzu zunächst der Stand der Technik beleuchtet, auf dessen Basis der Handlungsbedarf und die Forschungsfragen abgeleitet werden. Daran anknüpfend wird das entwickelte Klassifizierungssystem vorgestellt.

2 Stand der Wissenschaft

2.1 Anforderungsmanagement in der Produktentwicklung

Im Laufe der Produktentwicklung müssen je nach Umfang der Entwicklungstätigkeit eine Vielzahl von Anforderungen berücksichtigt werden. Abhängig von Produktart und dessen Komplexität bestehen bis zu einigen Tausend Anforderungen, welche die Entwicklung lenken und als Grundlage für die Bewertung von Lösungsvarianten dienen. Zur Berücksichtigung der Anforderungen ist nach PONN und LINDEMANN [3] daher ein strukturiertes und methodisches Vorgehen erforderlich, um die Fülle an Anforderungen in geeigneter Art und Weise zu beherrschen. Der Einsatz geeigneter Methoden besitzt dabei eine direkte Wirkung auf das Produkt selbst sowie auf dessen finanziellen Erfolg [1].

Die Bereitstellung geeigneter Methoden und Hilfsmittel für den Umgang mit Anforderungen wird durch das Anforderungsmanagement gewährleistet [4]. Dieses stellt einen systematischen Ansatz zur Spezifikation sowie zur Handhabung von Anforderungen dar und stellt dabei die Interessensgruppen, im Anforderungsmanagement *Stakeholder* genannt, in den Fokus. Das übergeordnete Ziel dieses Ansatzes lautet, Kenntnis über alle relevanten Anforderungen

zu erlangen und in Einklang mit den Stakeholdern zu bringen, sowie diese systematisch zu dokumentieren und zu verwalten [5]. Darunter fällt zudem die durchgängige Aktualisierung der Produkthanforderungen, wie sie bereits in den etablierten Vorgehensmodellen der Produktentwicklung (vgl. dazu [6]) gefordert wird. Diese Forderungen nach der Durchgängigkeit des Anforderungsmodells folgt dabei unter anderem aus der Dynamik der Anforderungen selbst, um Fehlerquellen aufgrund geänderter Produkthanforderungen zu minimieren. Schlussendlich dienen die definierten Anforderungen als Ausgangspunkt für den Produktentwickler und sollen somit die Entwicklungstätigkeit entsprechend den Erwartungen der Stakeholder leiten [5].

2.2 Anforderungsmanagement im Kontext des Systems Engineering

Der im Laufe der Zeit vorangeschrittene Wandel von vorrangig mechanisch geprägten Produkten hin zu komplexen, mechatronischen Gesamtsystemen erfordert in Hinblick auf das Anforderungsmanagement einen interdisziplinären Ansatz, um alle beteiligten Disziplinen geeignet zu berücksichtigen. Für die drei Disziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Software bestehen heutzutage verschiedene Vorgehensmodelle mit jeweils eigenen Vorgaben zum Umgang mit Produkthanforderungen (vgl. dazu EIGNER ET AL. [4]).

Im Rahmen des modellbasierten Systems Engineering fungiert das Anforderungsmodell allerdings als eine gemeinsame Kommunikations- und Informationsgrundlage für alle beteiligten Produktentwickler [5]. Durch diesen Zusammenhang begründet, müssen die Anforderungen entsprechend für jeden Entwicklungsbeteiligten verständlich sein, um eine interdisziplinäre Zusammenarbeit gewährleisten können. Die dazu notwendige Qualität der Anforderungsdefinition kann nach RUPP [7] anhand verschiedener Kriterien bestimmt werden, darunter zum Beispiel die Vollständigkeit, Konsistenz oder Quantifizierbarkeit der entsprechenden Produkthanforderung. Fehlerhaft definierte, ebenso wie vergebene Anforderungen führen in aller Regel zu kostenintensiven Iterationsschritten [7]. Aus diesem Grund ist eine hohe Anforderungsqualität essentiell für einen interdisziplinären Ansatz.

Als gängige Sprache zur Modellierung von Systemen wird im Bereich des modellbasierten Systems Engineering die Modellierungssprache *SysML* der *Object Management Group* [8] verwendet. Mit Hilfe dessen können die Informationen der Disziplinen in Verhaltens-, Anforderungs- und Strukturdiagrammen modelliert und gespeichert werden [8]. Die Anforderungsmodellierung erlaubt eine Verknüpfung mit den weiteren Modellen, wonach eine Überprüfung der Erfüllung einzelner Produkthanforderungen möglich ist. Damit adressiert die Modellierung mit *SysML* im weitesten Sinne eine Grundlage zur Bewertung der

Produktalternativen. Allerdings besteht kein explizites Vorgehen zur Bestimmung der relevanten Anforderung für die Entscheidungsfindung.

3 Forschungsbedarf und Forschungsfrage

Die Notwendigkeit eines umfassenden Umgangs mit Anforderungen wird demnach auch in Hinblick auf die daraus abgeleiteten Bewertungskriterien relevant. Als essentieller Bestandteil des späteren Bewertungsprozesses besitzen diese einen direkten Einfluss auf die Entscheidungsfindung und die Wahl des zu realisierenden Konzeptes. Ebendiese Transition wird in der gängigen Literatur allerdings unzureichend beschrieben und lediglich als folgerichtiger Schritt für die nachfolgende Bewertung dargelegt (vgl. dazu [9]). Die Anforderungsklassifizierung bildet den grundlegenden Ausgangspunkt für die Ableitung der Bewertungskriterien. Hierdurch motiviert stellen die beiden folgenden Forschungsfragen den wesentlichen Gegenstand dieser Veröffentlichung dar:

1. Wie werden Anforderungen in der ausgewählten Literatur klassifiziert und worin bestehen Unterschiede oder Übereinstimmungen?
2. Wie müssen Anforderungen klassifiziert werden, um für die weitere Verarbeitung im Produktentwicklungsprozess und damit in Hinblick auf den multikriteriellen Bewertungsprozess zielführend nutzbar zu sein?

4 Klassifizierungssystem zur Anforderungssystematisierung

Die zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen notwendige Ableitung eines Klassifizierungssystems geht dabei grundsätzlich von den in der gängigen Literatur beschriebenen und etablierten Vorgehensmodelle sowie den darin vorgestellten Hilfsmitteln aus. Die im Zuge der durchgeführten Analyse ermittelten Informationen werden im nachfolgenden Synthese-Schritt in eine geeignete Klassifizierung überführt und geeignet ergänzt.

4.1 Analyse

Der zunächst durchgeführte Analyseschritt dient dazu, die gängigen Vorgehensmodelle und Hilfsmittel der Produktentwicklung einerseits in Hinblick auf die darin enthaltene Systematisierung der Anforderungen und andererseits die Überleitung derer in den Bewertungsprozess zu beleuchten. Für die Betrachtung wird unter anderem die Technik des Mind-Mapping verwendet, um Zusammenhänge und Strukturen geeignet zu visualisieren. Begründet durch den Umfang besteht im Folgenden eine Beschränkung auf lediglich ein Vorgehensmodell, um die allgemeine Vorgehensweise darzulegen.

4.1.1 Modellintegrierte Produkt- und Prozessentwicklung

Die durch MATTMANN [10] entwickelte Methodik basiert auf der Modellierung jeweils eines Modellraumes für die Prozess- und Produktlösung und deren durchgängige Verknüpfung zum Anforderungsraum. Die Transformation der Produkt- und Prozessmodelle basiert dabei auf Soll-Eigenschaften und -Größen, welche auf Projektionsebenen in Beziehung mit den entsprechenden Anforderungen gesetzt werden. Die Systematisierung dieser Anforderungen erfolgt unter anderem anhand der Anforderungsart. Hierbei werden Randbedingungen, sowie Prozess- und Produkthanforderungen unterschieden. Randbedingungen umfassen dabei alle nicht-wertschöpfenden Prozesse des Produktlebenszyklus. Hingegen betreffen die Prozessanforderungen all diejenigen Forderungen, welche an den technischen Prozess gestellt werden. Entsprechend gilt dieser Zusammenhang auch für die Produkthanforderungen, welche zusätzlich in konzept-, gestaltungs- und funktionsbestimmende Anforderungen untergliedert werden können.

Eine weitere Einteilungsart nach MATTMANN [10] ist das sogenannte Clustering von Anforderungen, sprich die Bildung semantischer Gruppen für die Einordnung von Einzelanforderungen. Der Vorteil der Clusterbildung ist beispielsweise die Identifizierung bereits bekannter Lösungen einzelner Anforderungscluster, wodurch ebendiese wiederverwendet werden können. Zudem kann die vorliegende Komplexität im Entwicklungsprozess verringert werden. In Hinblick auf die Ableitung von Bewertungskriterien findet die Überführung der Anforderungen in den Bewertungsprozess in dieser Methodik allerdings keine Berücksichtigung.

4.1.2 Hilfsmittelbewertung

Die unter anderem im Rahmen der Vorgehensmodelle beschriebenen Hilfsmittel stellen dem Produktentwickler ein unterstützendes Werkzeug zur Definition und Gliederung von Produkthanforderungen zur Verfügung. Im Sinne der Anforderungssystematisierung tritt dabei jedoch zudem eine gewisse Klasseneinteilung auf, weswegen diese Hilfsmittel als weitere Klassifizierungsmöglichkeit betrachtet werden können. Die im Rahmen der Vorgehensmodelle vorgestellten und verwendeten Hilfsmittel befassen verschiedene Zielsetzungen und weisen daher unterschiedliche Detailierungstiefen auf. Mit Hilfe einer ungewichteten Bewertung (vgl. Tabelle 1) werden diese anhand verschiedener Kriterien bewertet, um deren Eignung als Möglichkeit zur Anforderungsgliederung zu quantifizieren.

Tabelle 1: Hilfsmittelbewertung anhand ungewichteter Bewertung

Hilfsmittel \ Kriterien	(1)	(2)	(3)	(4)	Σ
„Bewertungsfaktoren“ nach [11]	1	2	2	2	7
„Hauptmerkmalliste“ nach [6]	3	3	2	3	11
„Checkliste“ nach [12]	1	1	1	1	4
„Checkliste“ nach [13]	2	3	2	2	9
„Hauptmerkmale“ nach [14]	2	2	2	2	8
„Anforderungskatalog“ nach [9]	2	2	3	2	9
„Katalog“ nach [2]	2	3	3	2	10
Bewertungsskala: 1 (unzureichend) bis 4 (optimal); Optimum: $\Sigma = 16$					
<p>(1) Anpassung auf moderne Produktarchitekturen: Maß für die Berücksichtigung aller Disziplinen der heutigen Produktentwicklung.</p> <p>(2) Praktikabilität: Maß für den relevanten Aufwand der praktischen Anwendung des Hilfsmittels.</p> <p>(3) Feingliederung: Maß für den vorliegenden Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung der Strukturierung.</p> <p>(4) Anpassbarkeit: Maß für die Anpassungsfähigkeit des Hilfsmittels auf neue Problemstellungen.</p>					

4.2 Synthese

Die im Rahmen der Analyse gesammelten Informationen in Bezug auf die Systematisierung von Anforderungen können zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen synthetisiert werden. Das System zur Anforderungssystematisierung stützt sich dabei auf eine hierarchische Gliederung der Anforderungen sowie auf eine Klassifizierung mit Berücksichtigung der Ableitung in die für die Entscheidungsfindung relevanten Bewertungskriterien.

4.2.1 Gliederung von Anforderungen

Zur Gliederung der Produkthanforderungen dient eine 4-stufige Hierarchie, welche die Anforderungen anhand ihrer Quellen in Hinblick auf Organisation, Funktion, Technologie sowie übergeordneter Randbedingungen gliedert. Die

Berücksichtigung der interdisziplinären Ansätze in Bezug auf das Anforderungsmanagement lässt nunmehr, im Gegensatz zu den Anforderungsgliederungen mit Hilfe der vorgestellten Hilfsmittel (vgl. Abschnitt 4.1.2), eine ausreichende Berücksichtigung von modernen Produktarchitekturen zu. Im hierarchischen Anforderungsmodell können die relevanten Anforderungen aus dem gesamten Produktlebenszyklus abgebildet werden und stellen damit eine geeignete Grundlage für den Entwicklungsprozess dar. Eine Ableitung der Anforderungen in entsprechende Bewertungskriterien erfolgt jedoch erst in einem zweiten Schritt, dennoch dient die Hierarchie bereits zur Strukturierung für die nachfolgend abgeleiteten Kriterien.

4.2.2 Einteilung in Anforderungsklassen

Für die multikriterielle Bewertung, welche im Rahmen der verschiedenen Entscheidungssituationen im Entwicklungsprozess angewendet wird, sind die gegliederten Anforderungen in geeignete Bewertungskriterien zu überführen. Dies basiert grundsätzlich auf der Einteilung der Produkthanforderungen in spezifische Anforderungsklassen. Die Zuordnung der Klassenmerkmale lässt dabei einen Rückschluss auf die Art der Kriterien zu, weswegen die Ableitung der Kriterien als Folge dessen durchgeführt werden kann. Die hierzu notwendigen, grundlegenden Anforderungsklassen sind im Folgenden erläutert.

4.2.2.1 Priorisierung

Eine Möglichkeit zur Klassifizierung von Anforderungen ist die Einteilung anhand deren Relevanz im Entwicklungsprojekt, dies bedeutet, wie notwendig die jeweiligen Anforderungen für die Entwickler sind und inwiefern diese einer Umsetzung bedürfen. Grundsätzlich kann darunter eine vereinfachte Art der Gewichtung verstanden werden. Aus diesem Grund dient die Priorisierung als qualitative Gewichtung der Inhalte des Anforderungsmodells. Hierfür kann die Unterteilung in Forderungen und Wünsche getroffen werden. Forderungen stellen zwangsläufig zu erfüllende Anforderungen dar, Wünsche sind hingegen optional zu erfüllen.

4.2.2.2 Ausprägungsart

Zur Beschreibung einer Anforderung sind vorrangig das adressierte Merkmal sowie die relevante Ausprägung notwendig. Demnach kann eine Klasse auf Basis der Art ebendieser Ausprägung gebildet werden, wonach die Produkthanforderungen schließlich klassifiziert werden können. Hierbei können qualitativ oder quantitativ beschreibbare Anforderungen unterschieden werden. Quanti-

tative Anforderungen umfassen dabei all diejenigen, deren Ausprägung ein zahlenmäßig erfassbaren Wert zugeordnet werden kann. Zur Festlegung dienen zähl-, mess-, wäg- oder auch berechenbare Zahlenwerte [9]. Im Gegensatz dazu ist bei qualitativen Anforderungen eine Zuordnung von zahlenmäßigen Werten nicht möglich. Diese können lediglich durch eine linguistische Beschreibung der Ausprägung spezifiziert werden.

4.2.2.3 Forderungsart

Auf Basis der implizierten Vorbemessung des Forderungs- und Bewertungscharakters bei der Definition einer Anforderung, kann eine Einteilung anhand der tatsächlichen Forderungsart getätigt werden. Einerseits können hierbei Grundforderungen identifiziert werden, welche in jedem Falle durch die Entscheidungsalternativen zu erfüllen sind. Eine Nicht-Erfüllung führt somit zum Ausschluss. Andererseits sind Optimierungsforderungen zu unterscheiden. Diese besitzen den tatsächlichen Bewertungscharakter und sind daher in Richtung der Zielerreichung hin zu optimieren.

4.2.3 Identifizierung relevanter Kriterienarten

Die für die Entscheidungsfindung notwendigen Bewertungskriterien unterscheiden sich grundsätzlich in der Art ihrer Funktion, zum Beispiel anhand ihres Bewertungscharakters oder anhand ihrer Priorisierung. Die Produkthanforderungen können auf Basis der bereits durchgeführten Klassifizierung in grundlegende Kriterienarten abgeleitet werden (vgl. Bild 1). Die identifizierten Grundarten werden nachfolgend detailliert erläutert.

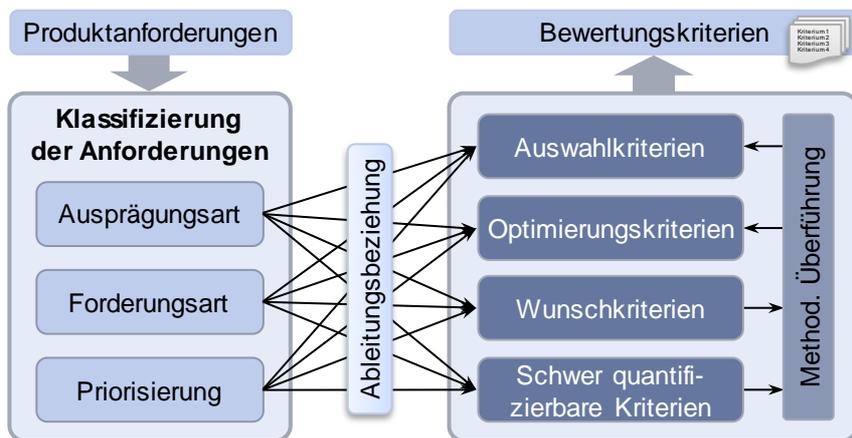


Bild 1: Ableitung von Anforderungen in Bewertungskriterien

4.2.3.1 Auswahlkriterien

Bei der Definition der Produkthanforderungen wird diesen, aufgrund des hinterlegten Informationsgehaltes, eine gewisse Funktion zuteil. Jene Anforderungen, welche zwar eine Erfüllung der Anforderung durch jede Entscheidungsalternative fordern, eine darüber hinaus gehende Anforderungserfüllung jedoch zu keiner Verbesserung der Zielerreichung führt, können als Auswahlkriterien abgeleitet werden. Eine mangelhafte Erfüllung führt zum Ausschluss der jeweiligen Alternative. Somit dienen diese metaphorisch dargestellt als künstlicher Filter und reduzieren die Zahl der zu bewertenden Lösungen. Ein tatsächlicher Bewertungscharakter liegt bei diesen Kriterien daher nicht vor.

4.2.3.2 Optimierungskriterien

Jene Kriterien, welchen der tatsächliche Bewertungscharakter zugrunde liegt, dienen zur späteren Rangfolgebildung im Bewertungs- und Entscheidungsfindungsprozess. Die Erfüllung dieser Anforderungen ist, aufgrund der Zuordnung des Forderungsmerkmals aus der Klasse der Priorisierung, nicht optional, daher müssen Optimierungskriterien zwangsläufig von den Entscheidungsalternativen erfüllt werden. Je besser die jeweilige Anforderung von einer Alternative erfüllt wird, desto höher resultiert dessen Zielerreichungswert. Aus diesem Ausdruck resultiert, dass hierbei eine Optimierungsforderung aus der Klasse der Forderungsart vorliegen muss.

4.2.3.3 Wünsche

Wünsche sind optional zu erfüllende Anforderungen und somit ist eine Umsetzung nicht zwangsweise notwendig, um die geforderten Produktfunktionen zu erfüllen. BREIING und KNOSALA [9] empfehlen hierbei jedoch, dass Wunschforderungen keine Berücksichtigung in der Anforderungsliste und damit auch im Bewertungsprozess finden sollten. Allerdings führt die Erfüllung von Wunschforderungen in aller Regel zu einer Steigerung der Zufriedenheit der einzelnen Stakeholder, weswegen eine Berücksichtigung unter Abschätzung des Kosten-Nutzen-Faktors sehr wohl zu empfehlen ist. Wunschkriterien resultieren dabei aus jenen Anforderungen, welchen die Priorisierung „Wunsch“ zugeordnet ist. Entsprechend der jeweils zugeordneten Forderungs- sowie Ausprägungsart können die Wunschkriterien in Auswahl-, Bewertungs- oder schwer quantifizierbare Kriterien übertragen werden. Die grundlegende Frage nach der Relevanz eines Wunsches kann zum Beispiel mit Hilfe einer modifizierten KANO-Methode beantwortet werden. Diese wird aufgrund des Umfanges an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

4.2.3.4 Schwer quantifizierbare Kriterien

Die Ausprägungen von Anforderungsmerkmalen und damit auch der Bewertungskriterien können bei umfangreichen Projekten keineswegs allesamt quantitativ beschrieben werden. Schwer quantifizierbare Kriterien spiegeln ebenjene Kriterien wider, bei welchen eine weitere Quantifizierung im weiteren Verlauf der Entwicklungstätigkeit nicht möglich ist. Entsprechend der festgelegten Forderungsart ist eine Überführung in Auswahl- oder Optimierungskriterien notwendig, um diese Kriterien dennoch im Rahmen der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen. Hierzu ist eine Zuordnung der möglichen Merkmalsausprägungen zu quantitativen Werten, zum Beispiel mit Hilfe einer Maßzahltablelle oder Fuzzy-Logik, relevant.

4.3 Auswertung eines Anforderungsdatensatzes

Die Anwendbarkeit des entwickelten Klassifizierungssystems wurde im Rahmen einer Aufgabenstellung zur Weiterentwicklung eines Produktes für die Individualmobilität geprüft. Die Entwicklungsaufgabe selbst fokussiert die Neuentwicklung einer spezifischen Produktbaugruppe und umfasst die Tätigkeiten ausgehend von dem Ideenfindungsprozess bis hin zur Entscheidung für eines der entwickelten Konzepte. Unter Zuhilfenahme verschiedener Anforderungserhebungsmethoden konnten insgesamt 50 relevante Produkthanforderungen identifiziert werden. Mit Hilfe der entwickelten Anforderungsgliederung kann der Anforderungsdatensatz zunächst in eine für die Entwicklungstätigkeit förderliche und übersichtliche Hierarchie gegliedert werden. Durch Zuteilung der einzelnen Klassenmerkmale je Anforderung können diese in die verschiedenen Kriterienarten abgeleitet und für den abschließenden Bewertungsprozess zur Verfügung gestellt werden. Das Ergebnis der Auswertung zeigt, dass die Entscheidung für das weiter zu verfolgende Konzept lediglich auf Basis von 11 Optimierungs- und 2 relevanten Wunschkriterien getroffen werden kann. Die nunmehr verbleibenden 37 Kriterien dienen dabei als notwendige Voraussetzung für jedes Einzelne der entwickelten Konzepte. Im ersten Schritt der Entscheidungsfindung sind die Konzeptalternativen daher zunächst auf die Erfüllung der Auswahlkriterien hin zu prüfen und jene nicht weiter zu verfolgen, welche ebendiesen nicht allumfänglich genügen. Die Berechnung der Zielerreichungswerte je Variante sowie die endgültige Rangfolgebildung erfolgen auf Basis der in Summe 13 Kriterien. Somit müssen die Maßzahlen der bereits ausgeschiedenen Konzepte nicht erhoben oder berechnet werden. Aus diesem Grund reduziert sich der Bewertungsaufwand erheblich, bei dennoch vollständiger Berücksichtigung aller relevanten Produkthanforderungen.

5 Fazit

Das entwickelte Klassifizierungssystem bildet die notwendige Übergangsbedingung zur Identifizierung der relevanten Bewertungskriterien, welche kongruent aus den Anforderungen und damit auf Basis der zugeordneten Klassenmerkmale abgeleitet werden können. Im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen, wie beispielsweise von AHRENS [15] durchgeführt, grenzt sich der vorgestellte Beitrag aufgrund der durchgängigen Nutzenorientierung in Hinblick auf den anknüpfenden Bewertungsprozess ab. Durch Anwendung der Klassifizierung können die relevanten Produkthanforderungen der Entscheidungsfindung zielführend und vollumfänglich zugänglich gemacht werden.

Weiterführende Betrachtung bedarf künftig die Zuordnung der Anforderungsklassen zu den jeweiligen Kriterien und deren Arten, um diese im Rahmen einer (teil-)automatisierten Ableitung nutzbar zu machen. Der bisher notwendige, manuelle Aufwand für die Einteilung sollte demnach mit Hilfe eines übergeordneten Modells reduziert werden, um eine praktische Anwendung zu erleichtern. Insbesondere bei dynamischen Anforderungen, welche eine durchgängige Aktualisierung des Anforderungsmodells fordern, muss dieser Aktualisierungsaufwand verringert werden, um Inkonsistenzen im Modell vorzubeugen. Des Weiteren ist zu prüfen, welche Auswirkungen, aufgrund von Zielbeziehungen und Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen, auf die abgeleiteten Bewertungskriterien resultieren.

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Förderung und Unterstützung des Projektes WA 2913/33-1 „Multikriterielle Bewertung in der Produktentwicklung [MuBePro]“.

Literatur

- [1] Graner, M.: "Methodeneinsatz in der Produktentwicklung, Bessere Produkte, schnellere Entwicklung, höhere Gewinnmargen", Springer Gabler Verlag, Wiesbaden, 2015.
- [2] Conrad, K.-J.: "Grundlagen der Konstruktionslehre, Methoden und Beispiele für den Maschinenbau und die Gerontik©", Carl Hanser Verlag, München, 2013.

-
- [3] Ponn, J. C.; Lindemann, U.: "Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltungs-lösungen", Springer Verlag, Berlin, 2011.
- [4] Eigner, M.; Roubanov, D.; Zafirov, R.: "Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung", Springer Verlag, Berlin, 2014.
- [5] Pohl, K.; Rupp, C.: "Basiswissen Requirements Engineering, Aus- und Weiterbildung zum "Certified Professional for Requirements Engineering"", dpunkt.verlag, Heidelberg, 2015.
- [6] Feldhusen, J.; Grote, K.-H.: "Pahl/Beitz Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung", Springer Vieweg Verlag, Berlin, 2013.
- [7] Rupp, C.: "Requirements-Engineering und -Management, Aus der Praxis von klassisch bis agil", Carl Hanser Verlag, München, 2014.
- [8] Object Management Group: "OMG Systems Modeling Language - Version 1.5", URL: www.omg.org/spec/SysML/1.5/, Abgerufen am: 15.07.2019.
- [9] Breiing, A.; Knosala, R.: "Bewerten technischer Systeme, Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen", Springer Verlag, Berlin, 1997.
- [10] Mattmann, I.: "Modellintegrierte Produkt- und Prozessentwicklung", Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2017.
- [11] Zangemeister, C.: "Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen", Wittenmannsche Buchhandlung, München, 1976.
- [12] Kramer, F.: "Innovative Produktpolitik, Strategie - Planung - Entwicklung - Durchsetzung", Springer Verlag, Berlin, 1987.
- [13] Kurz, U.; Hintzen, H.; Laufenberg, H.: "Konstruieren, Gestalten, Entwerfen, Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Studium der Konstruktionstechnik; mit Tabellen und einem Anhang", Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004.
- [14] Breiing, A.; Flemming, M.: "Theorie und Methoden des Konstruierens", Springer Verlag, Berlin, 1993.
- [15] Ahrens, G.: "Das Erfassen und Handhaben von Produkthanforderungen, Methodische Voraussetzungen und Anwendung in der Praxis", Technische Universität Berlin, 2000.