

Otten, Götz, Pollak (Hrsg.)

# Heutige und zukünftige Herausforderungen an die Qualitätswissenschaft in Forschung und Praxis

Bericht zur GQW-Jahrestagung 2017 in Erlangen

The logo for GQW (Gesellschaft für Qualitätswissenschaft e.V.) features the letters 'G', 'Q', and 'W' in a bold, sans-serif font. The 'G' and 'W' are black, while the 'Q' is a vibrant magenta color. The 'Q' is stylized with a thick, rounded top and a small tail at the bottom right.

Gesellschaft für  
Qualitäts-  
wissenschaft e.V.



Heiner Otten, Jürgen Götz, Sebastian Pollak (Hrsg.)

Heutige und zukünftige Herausforderungen an die Qualitätswissenschaft  
in Forschung und Praxis  
Bericht zur GQW-Jahrestagung 2017 in Erlangen

›

**Heiner Otten, Jürgen Götz, Sebastian Pollak (Hrsg.)**

**Heutige und zukünftige Herausforderungen  
an die Qualitätswissenschaft  
in Forschung und Praxis**

Bericht zur GQW-Jahrestagung 2017 in Erlangen

Erlangen  
FAU University Press  
2017

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.

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.  
Die Rechte an allen Inhalten liegen bei ihren jeweiligen Autoren. Sie sind  
nutzbar unter der Creative Commons Lizenz BY-NC-ND.

Der vollständige Inhalt des Buchs ist als PDF über den OPUS Server der  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg abrufbar:  
<https://opus4.kobv.de/opus4-fau/home>

Verlag und Auslieferung:  
FAU University Press, Universitätsstraße 4, 91054 Erlangen

Druck: docupoint GmbH

ISBN: 978-3-96147-021-1 (Druckausgabe)  
ISBN: 978-3-96147-022-8 (Online-Ausgabe)

# Anforderungvalidierung unter Nutzung echtzeit simulierter virtueller Prototypen zur Verbesserung der Produktqualität

*Christian Esser M.Sc., Universität Kassel; Fachgebiet Qualitäts- & Prozessmanagement*

*Prof. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus, Universität Kassel; Fachgebiet Qualitäts- & Prozessmanagement*

## **Abstract**

Im Rahmen der Anforderungsermittlung werden verschiedene Methoden, wie Befragungs- und Beobachtungstechniken eingesetzt, um die bewussten Kundenanforderungen zu erfassen. Verborgene (unbewusste) Kundenanforderungen werden dabei meist nicht berücksichtigt. Aus erhobenen Kundenanforderungen lassen sich z.B. mit einer QFD die späteren Produktmerkmale ableiten. Aufgrund der unscharfen Kundenanforderungslage kommt es bei dem entwickelten Produkt oft zu einer Abweichung von den vom Kunden gewünschten Eigenschaften. Jede Abweichung führt zu einer geringeren Produktqualität. Die dreidimensionale virtuelle Realität ermöglicht es, früh Erkenntnisse über Produktmerkmale und -funktionen optisch darzustellen und in Echtzeit zu simulieren. Es müssen jedoch neue Verfahren zur Datenanalyse entwickelt werden, damit die tatsächlichen Kundenanforderungen abgeleitet werden können. Zudem muss durch eine systematische Vorgehensweise sichergestellt werden, dass die überarbeiteten Anforderungen wieder strukturiert in den Produktentwicklungsprozess einfließen. Im Rahmen dieses konzeptionellen Beitrags soll eine mögliche Vorgehensweise zur Validierung von Kundenanforderungen in den frühen Phasen der Produktentwicklung und den daraus resultierenden Herausforderungen aufgezeigt werden. Thematisiert wird der besondere Nutzen dieser Vorgehensweise für die Produktentwicklung im Kontext eines proaktiven Qualitätsmanagements.

## **1. Einleitung**

Als Teil des Trends nach immer kundenspezifischeren Produkten muss sich auch das Qualitätsmanagement an die neuen Umstände anpassen. Im Besonderen hat der Fokus auf die Anforderungen des Kunden heutzutage deutlich an Bedeutung gewonnen [1]. Die Qualität eines Produktes wird als wichtigste Einflussgröße für den Markterfolg gesehen [2]. Der Begriff „Qualität“ beschreibt dabei, wie sehr ein Produkt die an sich gestellten Anforderungen erfüllt [3]. Für eine hohe Produktqualität ist das Wissen um die Kundenanforderungen und deren Gewichtung unerlässlich.

Im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses (PEP) werden die Beschaffenheiten und Merkmale eines Produktes schon in den frühen Phasen, anhand der Anforderungen der Kunden und Stakeholder, festgelegt. Die Quality Function Deployment beschreibt eine mögliche Vorgehensweise für den Ansatz der anforderungsorientierten Produktentwicklung [4]. Trotz Einsatz dieser ausführlichen anforderungsorientierten Methoden kommt es bei den entwickelten Produkten oft zu einer Abweichung von den vorgegebenen Kundenforderungen. Bedingt wird dies durch eine Vielzahl von Unsicherheiten und Annahmen aufgrund verdeckter (unbewusster) und nicht artikulierter Anforderungen der Kunden [5, 6], sowie den „Übersetzungsfehlern“ der Entwickler. Diese verdeckten Anforderungen können vom Kunden nicht bewusst artikuliert werden [6] und sind daher sehr schwer aufzunehmen. Darüber hinaus müssen alle Zusammenhänge der Anforderungen bekannt sein, um ein System vollständig beschreiben zu können [7]. Fehlende Verbindungen führen zu Unsicherheiten und Missinterpretationen in der Produktentwicklung. Heutige Systeme unterliegen oft komplexen Zusammenhängen, deswegen bedarf es besonderen Bemühungen, die Anforderungsstrukturen eindeutig darzustellen.

Ein Schlüsselfaktor für den Erfolg eines Unternehmens, ist die Berücksichtigung aktueller Kundenanforderungen und -bedürfnisse, sowie die systematische Überprüfung dieser Anforderungen mit den entwickelten Produktmerkmalen in den frühen Phasen der Produktentstehung. Demzufolge ist es nötig, die Kunden so früh wie möglich in die Anforderungvalidierung mit einzubeziehen. So können missverständene oder missinterpretierte Anforderungen frühzeitig aufgedeckt und mangelnde Produktqualität vorgebeugt werden.

## **2. Stand der Technik**

Es ist essenziell die Kunden in die Produktentwicklung mit einzubeziehen, um qualitativ hochwertige Produkte zu produzieren.

Dies sollte schon in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses erfolgen, da dort die Möglichkeit Einfluss auf das Produkt zu nehmen, noch sehr groß ist (siehe Abbildung 1). Allerdings können die Kundenanforderungen bisher erst anhand der realen Prototypen validiert werden [8]. Dies geschieht zu einem Zeitpunkt, wenn die Einflussnahme auf das endgültige Produkt geringer wird. Virtuelle Produktdarstellungen bieten die Möglichkeit, schon erste Erkenntnisse über die Produktmerkmale und -funktionen zu simulieren. Virtuelle Prototypen beschreiben digitale-mock-ups und erweitern diese um Funktionen und physikalische Eigenschaften. Es ist möglich Analysen und Simulationen mit den virtuellen Prototypen in Echtzeit durchzuführen. Diese Analysen sind mit den bei physikalischen Prototypen angewandten Verfahren vergleichbar [9]. Aufgrund der Funktionsunterstützung erlauben die virtuellen Prototypen eine Echtzeit-Interaktion durch die Testpersonen [10]. So wird es möglich, digitale Abbilder von Produkten interaktiv erlebbar zu machen. Es werden nicht nur Animationen vorgestellt, sondern ein Proband kann aktiv mit dem stereoskopisch dreidimensionalen virtuellen Prototypen agieren. Zum Beispiel lassen sich so Bedieneinheiten von Kaffeevollautomaten handhaben und deren Bedienkonzepte lassen sich auf ihre intuitive Benutzung hin analysieren. Die wesentlichen Daten zur Erzeugung der virtuellen Prototypen liegen qualitativ schon in der Design-Phase vor und sind somit in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses (Pep) verfügbar. Könnte man mithilfe der virtuellen Prototypen die Kundenanforderungen überprüfen, würden diese Informationen schon deutlich früher im PEP nutzbar sein.

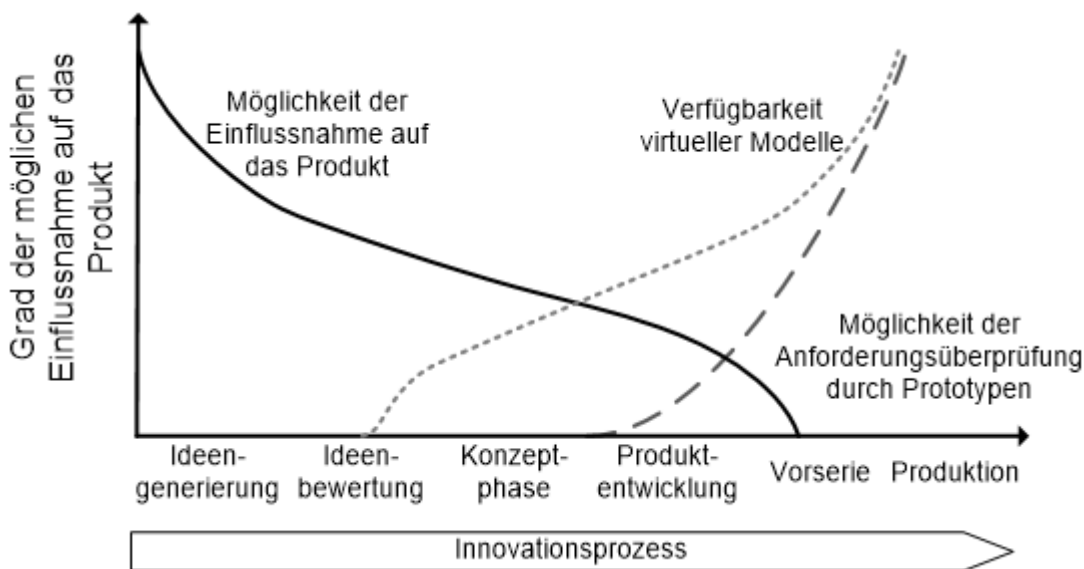


Abbildung 1: Optimierungspotenzial bei frühzeitiger Anforderungvalidierung im Innovationsraum [8]

In der Konzeptphase kann der Kunde bereits wertvolles Feedback geben und unerwartete Interessenschwerpunkte aufzeigen, auch wenn das endgültige Produktdesign noch nicht vollständig ausgearbeitet ist. Bei der Kreation der virtuellen Prototypen muss beachtet werden, dass hauptsächlich die visuelle Wahrnehmung des Kunden angesprochen wird. Diese ist der wichtigste Sinn des Menschen [11] und hält gewisse Restriktionen bereit. Zu validierende Produktneuerungen müssen so dargestellt werden, dass sie über die visuelle Wahrnehmung verständlich werden. Für den erfolgreichen Einsatz virtueller Prototypen müssen einheitliche Design-Richtlinien befolgt werden, um die Modelle so realitätsnah wie möglich zu erzeugen [12]. Dann könnten die virtuellen Prototypen zur Evaluierung der ästhetischen Qualität, der Funktionen und der Benutzerfreundlichkeit eingesetzt werden.

Die Kombination verschiedener Methoden und Werkzeuge ermöglicht die Handhabung der virtuellen Anforderungsuntersuchung. Im Folgenden werden vorhandene Ansätze erläutert, welche die einzelnen Bereiche der Problemstellung abdecken können.

Moderne Techniken, wie die dreidimensionale virtuelle Realität (3D VR), in der stereoskopisch dreidimensionale Modelle dargestellt werden können, werden schon in Großunternehmen für die Produktentwicklung eingesetzt [13]. Mittels der Tiefenwirkung dieser stereoskopisch virtuellen Realitäten und einem hohen Interaktionsradius, durch



die Interaktion mit der Simulation der Produktmodelle in Echtzeit, steigt der Immersionsgrad (Grad des Eintauchens in die virtuelle Realität). Dieser hohe Immersionsgrad solcher interaktiven Anlagen erlaubt dem Nutzer eine sehr genaue Wahrnehmung des dargestellten Produktmodells und ein gutes Verständnis der Produktmerkmale und – Funktionen von virtuellen Prototypen. Bis jetzt fehlt es allerdings an Werkzeugen für die Auswertung der Interessenschwerpunkte von Kunden im dreidimensionalen virtuellen Raum. Forschungsergebnisse zeigen, dass die visuelle Wahrnehmung und die Augenbewegungen stark miteinander korrelieren [11]. Eyetracking ermöglicht die Aufzeichnung der Augenbewegung von Probanden. Im Zweidimensionalen (2D) erlauben monokulare Eyetracker, schon den Aufmerksamkeits-schwerpunkt der Kunden zu analysieren [14, 15]. Durch Messen der Fixationspunkte (bestimmter anvisierter Punkt im Raum), Fixationsdauer, Sakkaden (kurze Sprünge von einer Fixation zur nächsten) und der Fixationsreihenfolge lassen sich Rückschlüsse über die Aufmerksamkeitsprozesse der Probanden ziehen [16]. Heatmaps z. B. visualisieren die fokussierten Punkte und erlauben so Aussagen über das Kundeninteresse (siehe Abbildung 2). Gaze Plots stellen neben der Fixationsdauer die Blick-Sakkaden in Form von Linien dar. Zahlen beschreiben dabei die Blickreihenfolge.

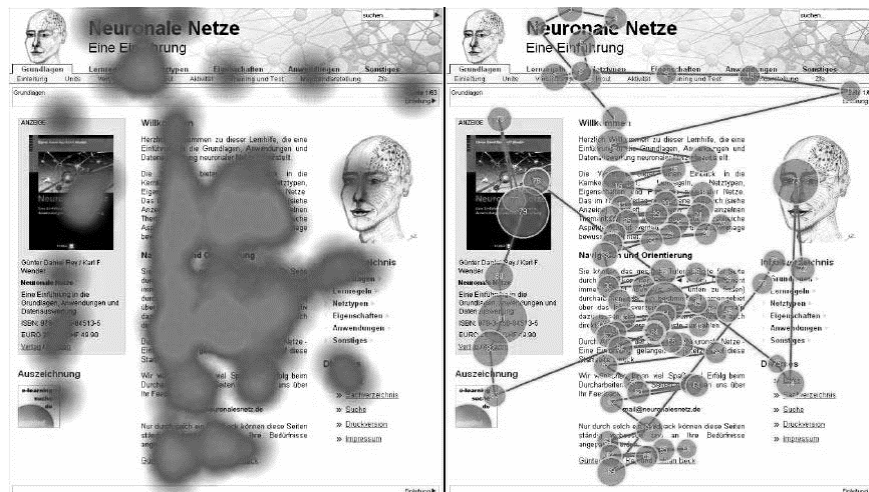


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung einer Heatmap links und eines Gazeplots rechts [16]

In der dreidimensionalen (3D) Darstellung stellt die Auswertung binokularer Eyetracker immer noch eine gewisse Herausforderung dar, da mit der dritten Dimension der Stimulus um ein neues Level erweitert wird, die Tiefe. Die Vergenzbewegungen (beidseitige Änderung des

Blickwinkels der Augen) müssen nun bestimmt werden, da sich dadurch der „Point of regard“ (Fixierter Punkt auf dem Stimulus) bestimmen lässt.

Darüber hinaus belegen Eyetracking-Studien, dass die menschliche Wahrnehmung sich mit steigender Realitätsnähe verändert. Eine Szene wird verschieden betrachtet, der Blick in der 3D Umgebung ist weniger fokussiert als bei einer 2D Darstellung, was sich auf den Heatmaps in der Abbildung 3 widerspiegelt. Im Dreidimensionalen wird eine größere Fläche mit den Augen abgetastet, jedoch mit deutlich kürzeren Fixationszeiten. In der 3D-Umgebung finden sich mehr leicht schattierte Bereiche, während in der 2D-Umgebung die intensiven Bereiche dominieren. Daraus ist zu erkennen, dass auf dem 2D-Bildschirm die Fixationen deutlich intensiver und länger sind [17]. Das liegt daran, dass in der 3D-Umgebung wesentlich mehr Augenbewegungen stattfinden, da die Augen mehr Objekte fixieren als in 2D. Durch den Tiefeneffekt treten Objekte, die sich für gewöhnlich im Hintergrund befinden und normalerweise weitestgehend ignoriert werden, in die Aufmerksamkeitsspanne des Betrachters. Die Anzahl der einzelnen Fixationspunkte wird größer, die Fixationsdauer geringer. Insbesondere in der Marketingforschung, die in der heutigen Zeit vermehrt auf 3D Eyetracking-Technik zurückgreift, muss diese Tatsache berücksichtigt werden, um den Blick des Betrachters gezielt auf die Elemente zu steuern, die fixiert werden sollen.



Abbildung 3: Wahrnehmung in 3D (links) und in 2D (rechts) [17]

Das bedeutet, dass virtuelle Prototypentests nicht einfach mit physikalischen realen Prototypentests gleichgesetzt werden können. Die Wahrnehmungsunterschiede zwischen den Darstellungen der hoch

immersiven stereoskopischen 3D Modelle und physikalischen Produkten sind derzeit noch nicht belegt. Aufgrund dessen ist es wichtig, zu beweisen, dass die Vergleichbarkeit von virtuellen und physikalischen Prototypentests für die Kundenanforderungsanalyse gegeben ist. Eyetracking-Studien alleine, ohne eine durchgehende detaillierte Interpretationsanalyse, können nicht erklären, warum eine Testperson einen besonderen Fokus auf gewisse Merkmale setzt oder nicht. Das reine Eyetracking ist methodisch eingeschränkt, es gibt nicht selbstständig die Antwort auf die tatsächliche Intention des Betrachters, sondern beschreibt die Interessenschwerpunkte der Betrachter.

Das Qualitätsmanagement beinhaltet Methoden und Werkzeuge, um den Produktentwicklungsprozess systematisch an den gewonnenen Kundenanforderungen auszurichten. Für die Kundenorientierung im Produktentwicklungsprozess eignet sich besonders die Quality Function Deployment (QFD) [18]. Die QFD ist ein Ansatz, um die Qualität über den gesamten Produktentwicklungsprozess sicher zu stellen [4]. Die ISO 16355 – 1 *Anwendung von statistischen und verwandten Methoden für neue Technologie und für den Produktentwicklungsprozess - Teil 1: Allgemeine Grundsätze und Perspektive der QFD-Methode* beschreibt die Prinzipien der QFD wie folgt:

- Informationen auf einen Fokus priorisieren;
- Verstehen, wie gute Qualität erzeugt werden kann;
- Konzentrieren auf die Stimme des Kunden (Voice of the Customer);
- Wahrnehmen der Kundensituation;
- Informationen aus weiteren Ressourcen erfassen;
- Verbessern der internen Kommunikationswege durch die Transformation von Informationen zwischen den verschiedenen Sichten [4].

In der Vorgehensweise nach dem American Supplier Institute (ASI) beruht die QFD auf vier Phasen. Diese Strukturierung ist nicht mehr zeitgemäß, stellt jedoch sehr gut die Durchgängigkeit der Kundenanforderungen entlang des Produktentstehungsprozesses dar.

Die eigentliche Herangehensweise der QFD besteht in der Kombination der verschiedenen Sprachen (Kunde, Entwickler) in Bezug auf die

Produktmerkmale, in Form von Matrizen, mit dem Ziel der Sicherstellung der Kundenzufriedenheit bei existierenden und neuen Produkten. Die Stimme des Kunden (voice of customer) – definiert als Kommunikationen von den Kunden – soll dem Unternehmen als dauerhafte Orientierung dienen. Die QFD hält dazu verschiedene Matrizen für die Priorisierung und Quantifizierung der verschiedenen Anforderungen über die verschiedenen Phasen der Produktentwicklung bereit. Eine dieser Matrizen, welche zu Kommunikationszwecken eingesetzt werden, ist das House of Quality (HoQ) (siehe Abb. 4). In dem HoQ können die Korrelationen zwischen den Kundenanforderungen und Produktmerkmalen bzw. technischen Lösungen bewertet werden [4]. Im Dach der Matrix werden die Beziehungen der verschiedenen Lösungsmerkmale untereinander festgelegt. Im ersten Ansatz soll die Frage „Was will der Kunde“ übersetzt werden in „Wie können die Anforderungen erfüllt werden“ [2]. So werden aus strukturierten und gewichteten Anforderungen Produktmerkmale abgeleitet. Eindeutige und gewichtete Anforderungen sind die Voraussetzung für dieses Vorgehen.

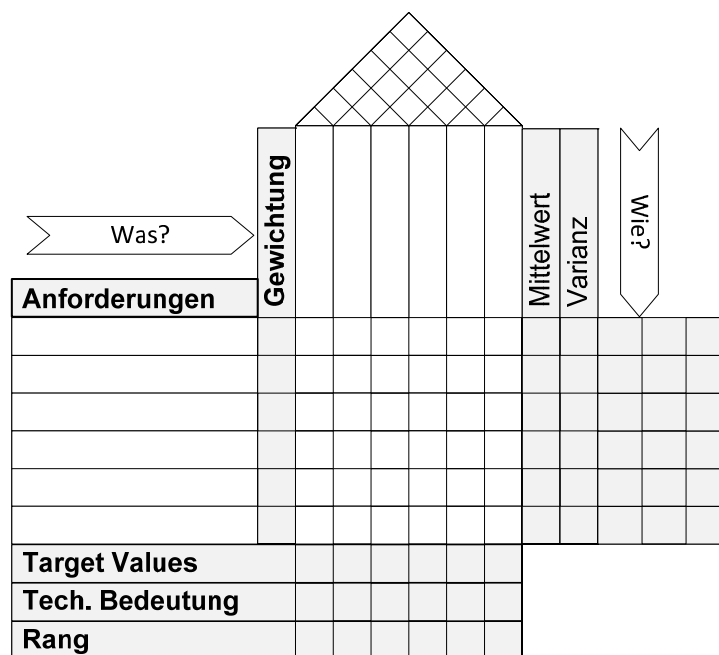


Abbildung 4: House of Quality

Der QFD Prozess umfasst einen klassischen Ablauf, welche in verschiedenen Literaturen leicht voneinander abweichen können. Das QFD Institut Deutschland beschreibt den Ablauf folgendermaßen:

- Ermitteln der Kundenstimme (VoC)
- Umwandeln der Kundenstimme in messbare Kundenanforderungen (6-W und Kano als Hilfsmittel)
- Anforderungen priorisieren / gewichten (durch Kunden)
- Korrelationen von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen bestimmen
- Festlegen der Beziehungen zwischen den verschiedenen Lösungsmerkmalen (paarweiser Vergleich)
- Festlegen der kundenorientierten technischen Bedeutung von den individuellen Produktmerkmalen
- Analyse des HoQ [19]

Wird dieser Standard konsequent befolgt, kann dadurch rudimentär sichergestellt werden, dass die Kundenanforderungen konsequent in den PEP einfließen und nachvollziehbar bleiben [20]. Die moderne QFD nach der ISO 16355 – 1 kombiniert die Prozessschritte mit Qualitäts- und Produktentwicklungsmethoden, welche den Ansatz unterstützen. Dabei ist die moderne QFD für die jeweiligen Einsätze maßgeschneidert, um den geringsten Aufwand zu ermöglichen. Der Methodenfluss soll sich dabei eng an den Unternehmensanforderungen und –strukturen orientieren [19]. Die Abbildung 5 beschreibt die möglichen Schritte.

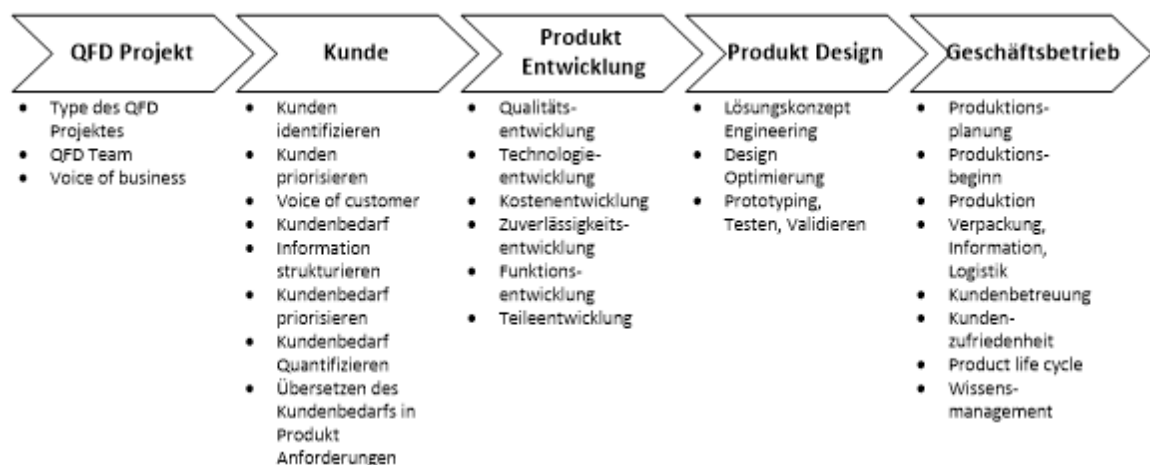


Abbildung 5: Flowchart der QFD unterstützten Produktentwicklung [4]

Die Auswahl der Methoden orientiert sich an dem entsprechenden PEP eines jeweiligen Unternehmens. Die Abbildung 6 beschreibt einen Best Practice Ansatz des QFD-Institutes Deutschland [19]. In der Grafik werden vielversprechende Verknüpfungen der QFD Matrizen mit modernen Entwicklungsmethoden dargestellt. Der starre Gebrauch des HoQ wurde zudem durch den Einsatz der verschiedenen Matrizen entzerrt.

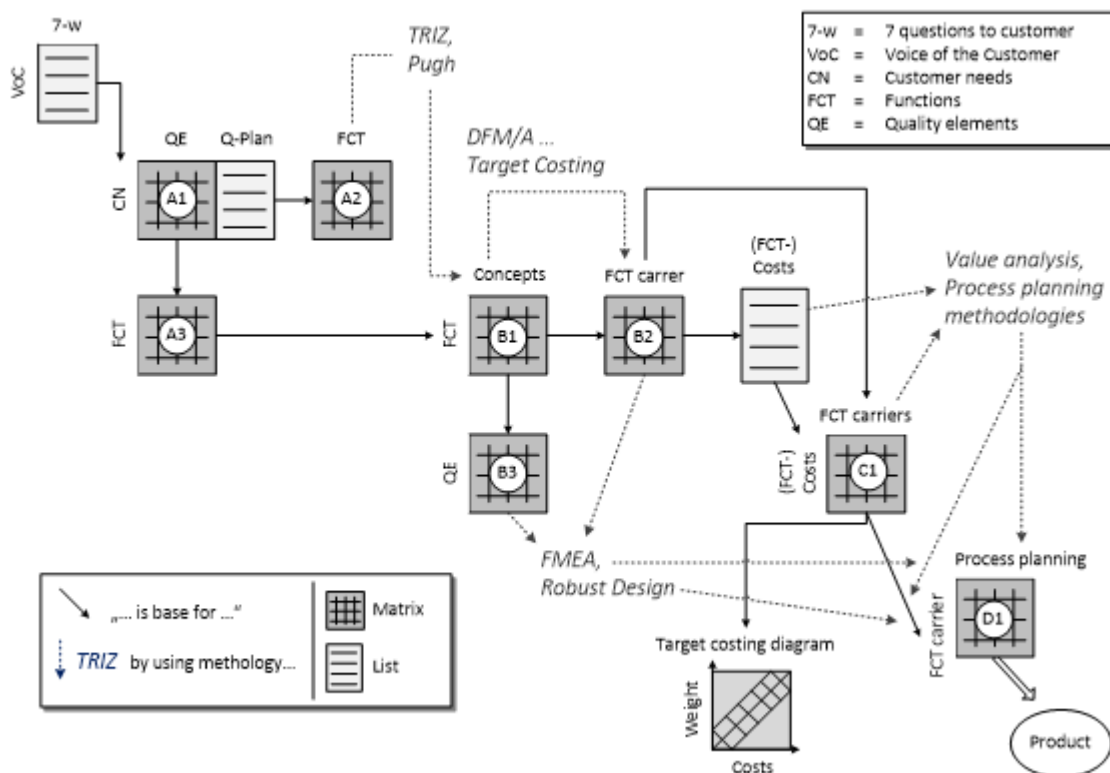


Abbildung 6: QFD Best Practice Ansatz des deutschen QFD Institutes [4]

Neben dem Best Practice Ansatz des QFD ID beschreibt die ISO16355 in ihrem Anhang noch die moderne und stärker fokussierte „Blitz-QFD“. Deren Konzept liegt darin, den Fokus zuerst auf wenige kritische Kundenanforderungen zu legen. Das Verständnis der Schlüsselkundenanforderungen ist für diesen QFD Ansatz von besonderer Bedeutung. [4]

Trotz der umfangreichen Anforderungsanalysen können die Anforderungen in der QFD nur einmal im ersten House of Quality eingebracht werden. Ein iterativer Abgleich der Anforderungen mit den Entwicklungsständen wird bislang nicht eindeutig gefordert. Es kommt

vielmehr immer wieder zu Missverständnissen im Umgang mit den Anforderungen. Die Produktentwicklung kann daher die Anforderungen verfehlen oder sich an missinterpretierten Anforderungen orientieren.

Aus diesen Vorüberlegungen leiten sich die folgenden Herausforderungen für eine frühe Validierung der Kundenanforderungen ab:

1. Virtuelle Prototypen in Kombination mit binokularem Eye-tracking bieten wahrscheinlich die Möglichkeit, das Kundeninteresse zu analysieren. Die Analyse der Kundenanforderungen im dreidimensionalen virtuellen Raum ist technisch noch in der Erforschung und nicht ohne die Kombination mit geeigneten Methoden zu lösen.
2. Virtuelle Prototypen müssen sehr realitätsnah simuliert und vorgestellt werden. Dazu ist eine hoch immersive dreidimensionale virtuelle Realität erforderlich.
3. Die Eignung des stereoskopischen dreidimensionalen virtuellen Eyetrackings muss in einem Vergleich mit physikalischen Prototypen bewiesen werden.

### **3. Konzept**

Die stereoskopische virtuelle Realität ermöglicht es, Produkte in digitaler Form erlebbar zu machen [13]. Damit der Prozess der Kundenanforderungsvalidierung erfolgreich im Produktentwicklungsprozess vollzogen werden kann, müssen die Darstellungsoptionen von konzeptionellen Produktmerkmalen bestimmt werden. Da CAD-Daten schon in der Konzeptphase angefertigt werden und verschiedene Merkmalsausprägungen aufweisen, kann der Fokus auf deren Einbindung gelegt werden. Für den Einsatz und die Interaktion mit virtuellen Prototypen muss eine Software den Umgang mit 3D-CAD Daten beherrschen und zusätzlich die Simulation in Echtzeit berechnen. Engines wie „Verosim“, „Unity“ oder „Unreal“ entsprechen diesem Zweck. Dies erlaubt den Einsatz der virtuellen Prototypen in den frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses.

Durch die Einbindung in die QFD entsteht eine Systematik, die es ermöglichen könnte, die Interessenschwerpunkte der Kunden anhand der konzeptionellen Merkmale der virtuellen Prototypen zu analysieren (siehe Abbildung 7).

*Anforderungvalidierung unter Nutzung echtzeit simulierter virtueller Prototypen zur Verbesserung der Produktqualität*

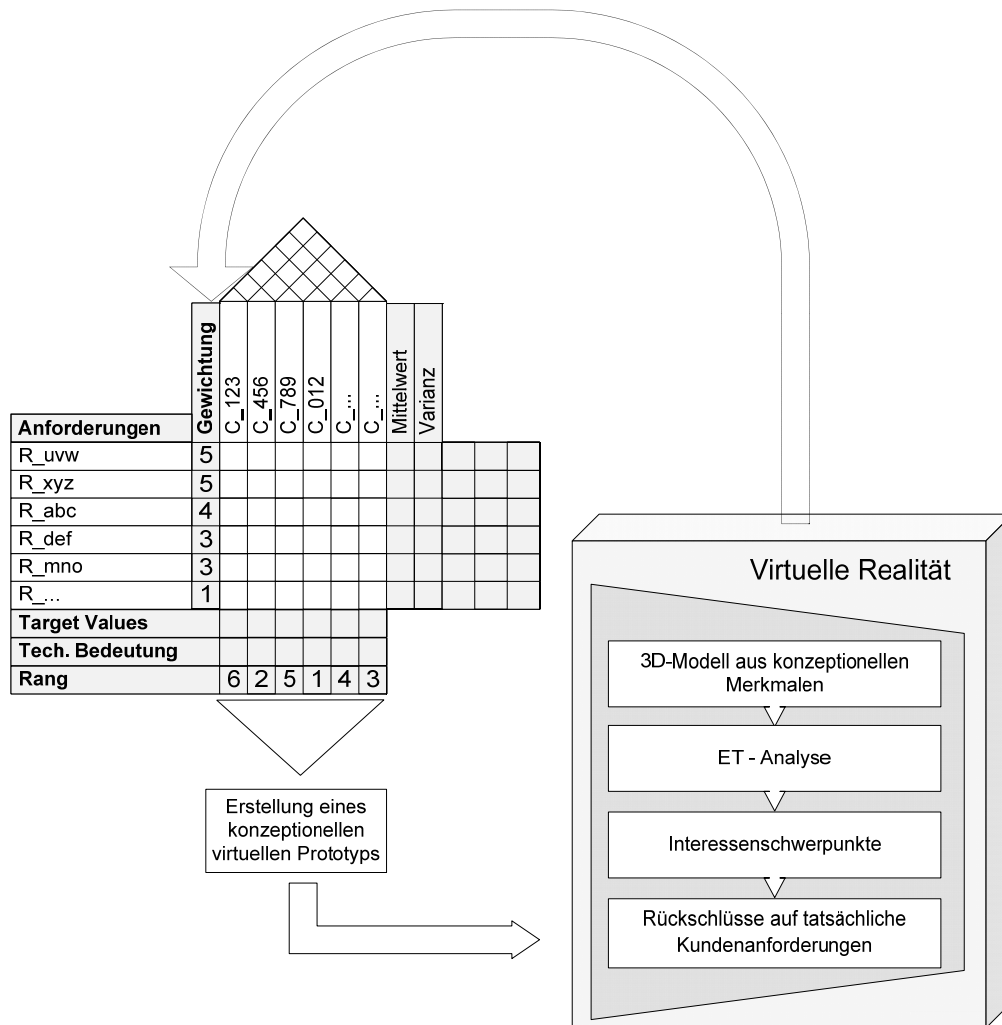


Abbildung 7: Schematische Darstellung einer VR erweiterten QFD

Im ersten HoQ werden Kundenforderungen mit Qualitätsmerkmalen korreliert. Dabei lassen sich die Ausprägungen der Produktmerkmale anhand der Kundenanforderungen bestimmen. Auf Grundlage dieser Merkmale können die ersten konzeptionellen 3D-Modelle erstellt werden. Durch die Verknüpfung mit physikalischen Eigenschaften entstehen virtuelle Prototypen. Diese lassen sich in der 3D-VR mit der passenden Software simulieren. Wenn nun Kunden mit diesen virtuellen Prototypen interagieren, könnten deren Interessenschwerpunkte durch das Eyetracking verfolgt werden.

Dabei helfen die Methoden des klassischen Anforderungsmanagements (Befragung, Beobachtung) die jeweiligen Schwerpunkte einzuordnen. So könnte es möglich werden, die Gewichtung der Anforderungen aus



der QFD mit der tatsächlichen Gewichtung der Merkmale aus der Eyetracking-Analyse abzugleichen.

Dieser Abgleich der Schwerpunkte würde es erlauben, ein durch Entwicklersicht beeinflusstes Produktmodell kundenorientiert in die nächste Phase der Komponentenplanung zu überführen.

Die Essenz für den Erfolg dieser Vorgehensweise ist die Auswertung und Interpretation des Eyetracking im 3D-Raum. Dies bedeutet, dass die Augenbewegungen beider Augen aufgenommen werden müssen. Demgemäß ließe sich die Tiefe analysieren und somit die räumliche Präposition (davor vs. dahinter) bestimmen. Es könnten 3D-Plots generiert werden, in denen ebenfalls die Betrachtungsrichtung mit einfließt [21], was voraussichtlich aussagekräftigere Eyetracking-Daten und damit genauere Erkenntnisse über die Interessen der Kunden zur Folge hätte.

Es ist jedoch bislang unklar, ob die ausgewerteten Daten analog zu denen der physikalischen Prototypen sind. Dieser Umstand soll durch eine Studie analysiert werden. Die folgende Prozessdarstellung (Abbildung 8) beschreibt den theoretischen Ablauf der geplanten Studie. In dieser Studie sollen Testpersonen mit entsprechenden virtuellen und physikalischen Produkten konfrontiert werden. Dabei liegt der Fokus auf optisch wahrnehmbaren Produktmerkmalen. Ein binokulares Eyetracking nimmt die Augenbewegungen der Probanden auf und verknüpft die Interessenschwerpunkte mit den Prototypen. Dies ermöglicht den Entwicklern, Schlussfolgerungen bezüglich der Präferenzen der Probanden zu ziehen. Vergleiche zwischen den Ergebnissen der virtuellen und der physikalischen Studien geben eine Aussage über die Übereinstimmung der Wahrnehmung.

Anforderungvalidierung unter Nutzung echtzeit simulierter virtueller Prototypen zur Verbesserung der Produktqualität

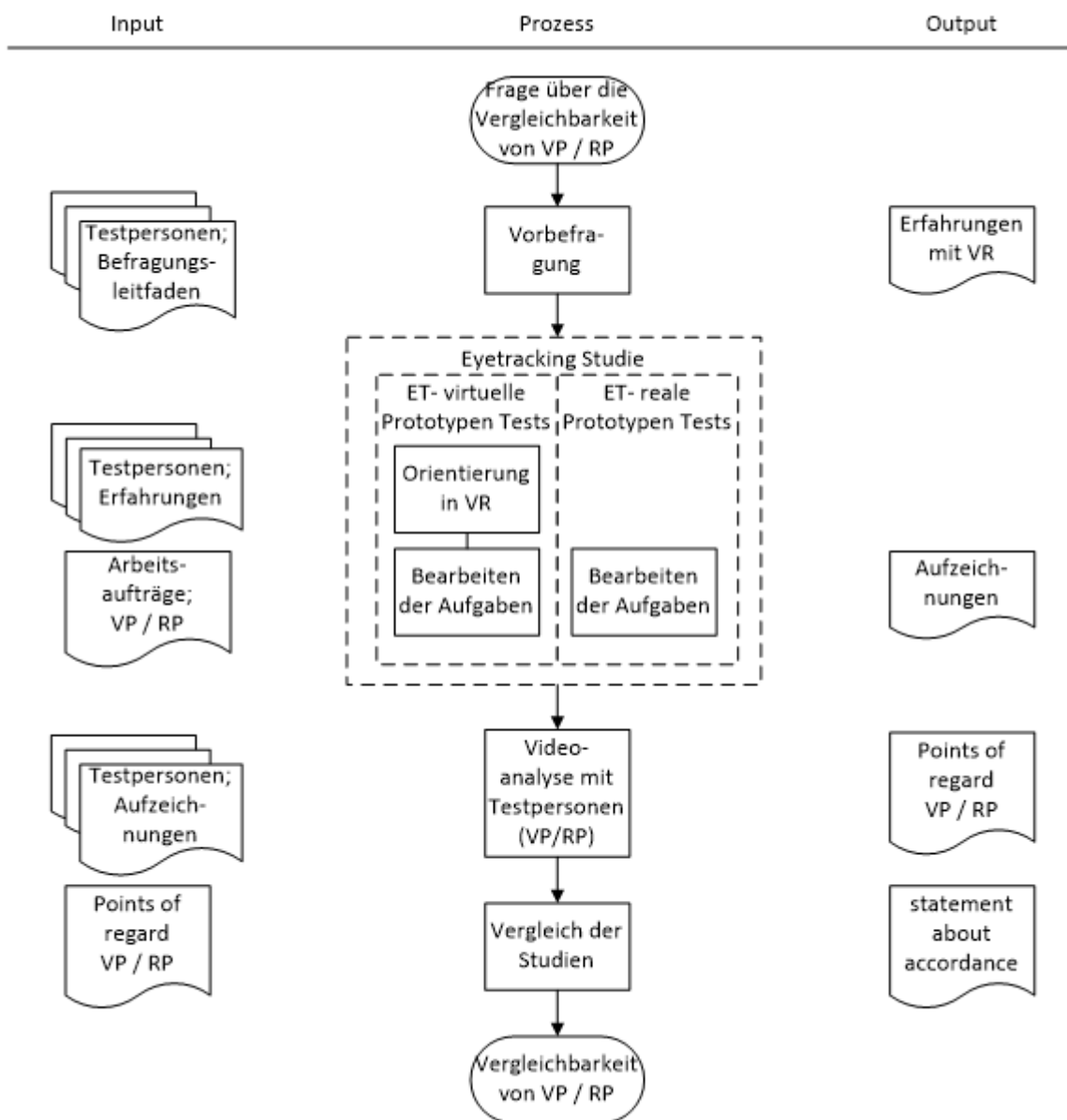


Abbildung 8: Prozessdarstellung der geplanten Studie

Für die Durchführung einer solchen Studie müssen vergleichbare Standards entwickelt werden, auf die im Weiteren eingegangen wird.

**Aufbau der Produktmodelle:** Das Ziel ist es, sicherzustellen, dass das allgemeine Erscheinungsbild der virtuellen Produktmodelle mit dem eines realen physikalischen Produktes übereinstimmt.

Die Größenverhältnisse müssen 1:1 angepasst werden, um eine hohe Immersion zu gewährleisten. Farben müssen übereinstimmen, sodass es nicht zu unerwünschten Ablenkungen kommen kann. Funktionen müssen hinterlegt werden, um mit dem VP interaktiv in Echtzeit zu

interagieren. Bei der Auswahl des Produktes ist darauf zu achten, dass es an die Hardware angepasst sein muss. In einer 100 "-Wand lässt sich z. B. kein LKW maßstabsgetreu darstellen. Eine vollautomatische Kaffeemaschine ließe sich jedoch sehr gut darstellen und eignet sich für einfache Simulationen: Das Bedienkonzept variiert zwischen den Modellen und kann für diese Studie genutzt werden.

**Aufbau des Testumfeldes:** Die virtuelle Testumgebung sollte mit der realen Nutzerumgebung übereinstimmen, mögliche Ablenkungen müssen eliminiert werden. Die Eingabegeräte zur Interaktion mit den virtuellen Prototypen spielen eine wichtige Rolle. Rademacher beschreibt eine Zuordnung von Eingabegeräten zur Spezifikation von VR-Arbeitssystemen. In diesem Fall schafft die Powerwall eine sehr kollaborative Umgebung. Ein Joystick / Gamepad für eine intuitive Eingabe wird zu diesem Zweck empfohlen [22]. Eine Gestensteuerung könnte die Eingabe noch intuitiver gestalten, ist den meisten Probanden jedoch noch unbekannt. Für die geplante Testreihe wird ein Gamepad verwendet, da relativ viele Testpersonen über Erfahrungen mit diesem Eingabegerät verfügen.

**Auswahl der Testpersonen:** Die Probanden müssen nach ihrem bisherigen Wissen gruppiert werden. Ein unterschiedlicher Erfahrungsstand in der Anwendungen mit der VR kann zu verschiedenem Verständnis der Szenerie führen. Erste Tests haben gezeigt, dass eine Vorerfahrung im Umgang mit der Benutzung eines Gamepad eine völlig andere Interaktion mit den virtuellen Prototypen ermöglicht und somit zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Erfahrung bei der Verwendung von stereoskopischen 3D-Modellen trägt zudem wesentlich zur Akzeptanz im Umgang mit virtuellen Prototypen bei.

Im Weiteren werden in der ISO 16355 verschiedene Methoden und Werkzeuge vorgestellt, wie Kunden und deren Stimme ermittelt werden können, welche ebenfalls berücksichtigt werden sollen.

**Aufbau der Testprozedur:** Im Wesentlichen können zwei unterschiedliche Ansätze verwendet werden. Einerseits ist es möglich, Merkmale speziell in Szene zu setzen und bewusste Anforderungen aufzunehmen, auf der anderen Seite können Produktmodelle verwendet werden, um unbewusste Bereiche von besonderem Interesse zu erkennen und neue Anforderungen daraus abzuleiten.

In der geplanten Studie soll ein Bedienkonzept speziell auf intuitive Bedienbarkeit getestet werden. Die Probanden erhalten klare Aufgaben, die eigenständig von ihnen bearbeitet und durch Eye-Tracking analysiert werden. Die Testzeiten sollten möglichst kurz gehalten werden. Für vergleichbare Aufzeichnungen müssen die Tests sowohl in der virtuellen als auch in der realen Umgebung durchgeführt werden. Um eine Lernkurve bei Verwendung der Bedieneinheit herauszufiltern, werden zwei Gruppen gebildet. Beide Gruppen durchlaufen die Testreihen, jedoch in unterschiedlicher Reihenfolge.

**Beurteilung:** Bei der Bewertung der Tests wird ein zweistufiger Ansatz gewählt. In dem geplanten Fall werden die Eyetracking-Daten aufgezeichnet und gespeichert. Im Anschluss an die aktive Testphase werden die Probanden mit deren aufgezeichneten Eyetracking-Daten konfrontiert und haben die Möglichkeit ihre Intentionen während der aktiven Testphase zu kommentieren und diese mit den aufgezeichneten Daten abzugleichen. Somit können Abweichungen der Augenbewegung bestimmt und ausgeglichen werden.

Mit diesen Voraussetzungen ist es möglich, die Testreihe durchzuführen und zu vergleichen.

#### **4. Fazit und Ausblick**

Dieses Paper beschreibt ein Konzept, das dazu beiträgt, zukünftige Produktflops aufgrund von verfehlten Kundenanforderungen zu vermeiden. Schon heute ersetzen virtuelle Prototypen teilweise physikalische Prototypen. Es ist jedoch unklar, ob die volle Vergleichbarkeit immer gegeben ist. Die hier beschriebene Studie soll diesen Umstand klären. Es wird erwartet, dass die Auswertung der dreidimensionalen Eyetracking-Daten eine ähnliche Aussage über die Kundenpräferenzen, wie die der physikalischen Prototypen erlaubt. Die virtuellen Prototypen müssen dafür mit einem möglichst hohen Verständnisgrad simuliert werden. Die heutigen Standards einer dreidimensionalen virtuellen Realität haben zudem schon ein hohes Maß an Immersion.

Zudem soll auch geprüft werden, ob bisher unbekannte Kundeninteressen analysiert werden können. Darüber hinaus hat eine frühzeitige Validierung von Anforderungen das Potenzial, den Produktentwicklungsprozess zu verkürzen, da eine frühzeitige Abfrage der

Kundenakzeptanz möglich ist. Kommt es dabei zu Änderungswünschen oder Unstimmigkeiten bei den Kundenanforderungen, könnte darauf noch flexibler reagiert werden.

## Literatur

- [1] Crostack, H. A.; Klute, S.; Refflinghaus, R.: Holistic requirements management considering the degree of requirements' performance. In: Total Quality management & Business Excellence, 2011 vol. 22. no. 6, pp. 655-672.
- [2] Brüggemann, H.; Bremer, P.: Grundlagen Qualitätsmanagement – Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2012.
- [3] DIN EN ISO 9000: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe, Beuth Verlag, Berlin 2015.
- [4] ISO 16355 – 1:2015-12: Anwendung von statistischen und verwandten Methoden für neue Technologie und für den Produktentwicklungsprozess - Teil 1: Allgemeine Grundsätze und Perspektive der QFD-Methode, Beuth Verlag, Berlin 2015.
- [5] Cooper, R., G.: Top oder Flop in der Produktentwicklung, In: Schlund, S.: Anforderungsaktualisierung in der Produktentwicklung, Shaker Verlag, Aachen 2011.
- [6] Jockisch, M.; Holzmüller, H. H.: Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe Az: Kundenanforderungen an Industriegüter – Terminologie, Klassifikation und Forschungsfelder, Dortmund 2009.
- [7] Rupp, C; SOPHISTen: Requirements Engineering und –Management – Aus der Praxis, von klassisch bis agil; 6th ed., Carl Hanser Verlag, München 2014.
- [8] Rode, P.: Virtuelle Stimuli für Kundentests im Innovationsprozess, Dissertation; Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2011.
- [9] Tiainen, T.; Ellman, A.; Kaapu, T.: Virtual prototypes reveal more development ideas: comparison between customers' evaluation of virtual and physical prototypes. In: Virtual and Physical Prototyping, 2014 vol. 9, no. 3, pp. 169-180.
- [10] Wang, G.: Definition and Review of virtual Prototyping. In: Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2002 vol. 2, pp- 232-236.
- [11] Fels, A.; Falk, B; Schmitt, R.: Eye-Tracking – Jagd nach dem Augenblick. In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), 2015 vol. 60, pp. 22-25.
- [12] Bordegoni, M.; Ferrise, F.: Designing interaction with consumer products in a multisensory virtual reality environment. In: Virtual and Physical Prototyping, 2013 vol. 8:1, pp. 51-64

- [13] Huber M.; Schlieper, M.; Schlüter, N.; Winzer, P.; Aust, M.: Vitamin für die Produktentwicklung – Virtuelles Anforderungsmanagement im Innovationsprozess. In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), 2014 vol. 59, pp. 26-29.
- [14] Duchowski, A. T.: Eye Tracking Methodology – Theory and Practice, Springer-Verlag London 2007.
- [15] Pfeiffer, T.; Latoschik, M.; Wachsmuth, I.: Evaluation of Binocular Eye Trackers and Algorithms for 3D Gaze Interaction in Virtual Reality Environments. In: Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 2008 vol. 5, no. 16.
- [16] Rey, G. D.: E-Learning, Theorie, Gestaltungsempfehlung und Forschung. URL: [http://www.elearning-psychologie.de/eyetracker\\_ii.html](http://www.elearning-psychologie.de/eyetracker_ii.html), [07 July 2015].
- [17] Häkkinen, J.; Kawai, T.; Takatalo, J.; Mitsuya, R.; Neyman, G.: What do people look at when they watch stereoscopic movies?. In: IS&T/SPIE Electronic Imaging. International Society for Optics and Photonics, 2010 pp. 75240E-75240E.
- [18] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.H.: Konstruktionslehre : Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung; 8th ed., Springer Vieweg Verlag, Berlin 2013.
- [19] QFD-Institut Deutschland e. V.; Streckfuss, G.; Schokert, S.: Was ist QFD?; URL: <http://www.qfd-id.de/index.php/was-ist-qfd>, [09 August 2016].
- [20] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, 2nd ed., Carl Hanser Verlag, München Wien 2003
- [21] Universität Magdeburg - Institut für Simulation und Grafik: 3D Blickfeldanalyse; URL: [www.isg.cs.uni-magdeburg.de/uise/Forschung/Projekte/GazeVis/index.php.de](http://www.isg.cs.uni-magdeburg.de/uise/Forschung/Projekte/GazeVis/index.php.de), [13 July 2015].
- [22] Rademacher, M. H.: Virtuelle Realität in der Produktentwicklung, Dissertation, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2014.