

Tagungsband

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

**13. Gemeinsames Kolloquium
Konstruktionstechnik 2015**

PRODUKTENTWICKLUNG ZUR
QUALITÄTSSICHERUNG

8. und 9. Oktober
in Clausthal

Verbesserung der Produktqualität durch eine frühe Anforderungsvalidierung mithilfe der virtuellen Realität

M. Sc. Christian Esser, Prof. Dr.-Ing. Robert Refflinghaus

Qualitäts- & Prozessmanagement, Universität Kassel

Fachbereich Maschinenbau; Institut für Arbeitswissenschaft & Prozessmanagement

Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

Email: esser@uni-kassel.de; Internet: <http://www.uni-kassel.de/maschinenbau/institute/ifa>

Inhalt: Wenn Produktmerkmale die Kundenanforderungen zu 100 % erfüllen, spricht man von Qualität. Im Rahmen der Anforderungsermittlung werden verschiedene Methoden eingesetzt, um die bewussten Kundenanforderungen zu generieren. Verborgene (unbewusste) Kundenanforderungen werden dabei nicht berücksichtigt. Aus erhobenen Kundenanforderungen lassen sich jedoch die späteren Produktmerkmale ableiten. Daher 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 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 des proaktiven Qualitätsmanagements.

Abstract: If features meet customer requirements to 100%, one speaks about quality. In the context of the requirement identification various methods are used to generate the conscious customer requirements. Hidden (unconscious) customer requirements are not taken into account. From collected customer requirements, however, the later features can be derived. Therefore, in the developed product it often comes to a deviation from the characteristics required by the customer. Any deviation results in a lower product quality. The three-dimensional virtual reality early allows to visually represent and simulate insight about product features and functions. However, there must be developed new methods for data analysis that actual customer requirements can be derived. Through a systematic approach it also must be ensured that the revised requirements again flow structured into the product development process. Within the scope of this conceptual contribution a possible procedure for validation of customer requirements and the resulting challenges is shown. The particular use of this approach for product development in the context of proactive quality management is discussed.

Stichwörter: *Präventives Qualitätsmanagement; Produktentwicklung; Anforderungvalidierung; virtuelle Realität; Eyetracking*

Keywords: *preventive quality management; product development; requirements validation; virtual reality; eye tracking*

1 Einleitung

Die Bedeutung des Qualitätsmanagements hat sich über die letzten Jahrzehnte verändert. Insbesondere der Fokus auf die Anforderungen der Kunden hat bis heute deutlich an Geltung gewonnen [1], dabei wird die Qualität eines Produktes als wichtigste Einflussgröße für den Markterfolg angesehen [2]. Der Begriff „Qualität“ wird in der Norm wie folgt dargestellt: „Qualität ist der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt.“ [3]. Demnach ist die Erfüllung der Kundenanforderungen ein Grad für die wahrgenommene Produktqualität, denn aus erhobenen Kundenanforderungen lassen sich die Produktmerkmale ableiten. Im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses (PEP) werden die Beschaffenheiten und Merkmale eines Produktes schon früh anhand der Anforderungen der Kunden und sonstiger Stakeholder festgelegt. Trotz einiger ausführlicher Methoden und Simulationen kommt es bei den entwickelten Produkten oft zu einer Abweichung von diesen Anforderungen. Bedingt wird dies durch eine Vielzahl von Unsicherheiten und Annahmen aufgrund verdeckter (unbewusster) Anforderungen der Kunden [4,5]. Diese verdeckten Anforderungen können vom Kunden nicht bewusst artikuliert werden [5] und sind daher sehr schwer aufzunehmen. Zudem müssen alle Zusammenhänge der Anforderungen bekannt sein, um ein System vollständig beschreiben zu können [6]. 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. Die Berücksichtigung aktueller Kundenanforderungen und -bedürfnisse sowie die systematische Überprüfung dieser Anforderungen mit den entwickelten Produktmerkmalen in den frühen Phasen der Produktentstehung werden dabei zum Schlüsselfaktor für den Erfolg eines Unternehmens. Demzufolge ist es nötig, die Kunden so früh wie möglich in die Anforder-

rungsvalidierung mit einzubeziehen. So können missverstandene oder missinterpretierte Anforderungen frühzeitig aufgedeckt werden.

2 Stand der Forschung

Damit die Hersteller Klarheit über die tatsächlichen Kundenwünsche erhalten, müssen die Kunden in die Produktentwicklung mit einbezogen werden. 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 [7]. 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. Könnte man mithilfe der virtuellen Prototypen die Kundenanforderungen überprüfen, würden diese Informationen schon deutlich früher im PEP auswertbar sein.

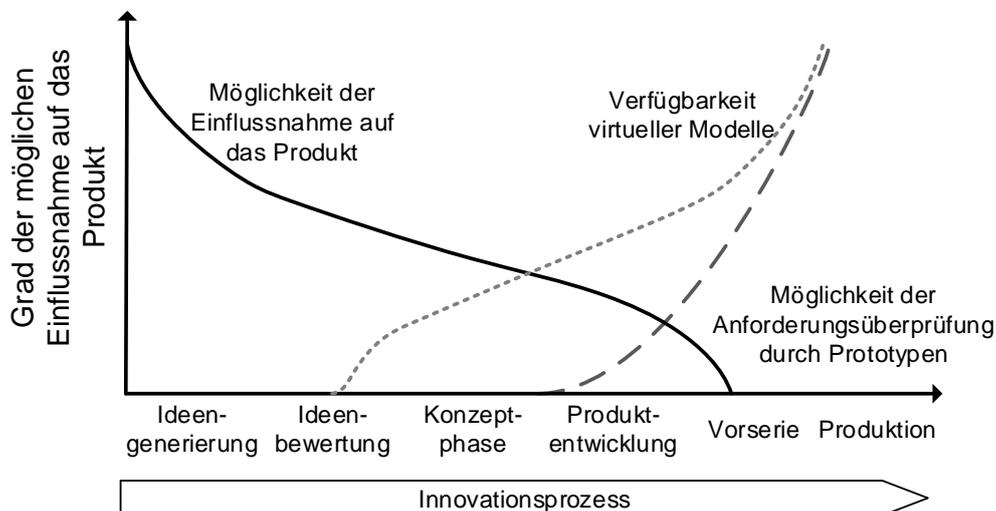


Abbildung 1: Optimierungspotenzial bei frühzeitiger Anforderungvalidierung im Innovationsprozess [7]

Die Kombination verschiedener Methoden und Werkzeuge bietet hier einen Lösungsraum. Im Folgenden werden vorhandene Ansätze erläutert, die einzelne Bereiche der Problemstellung abdecken können.

Heutige Techniken, wie die dreidimensionale virtuelle Realität (3D VR), in der stereoskopisch dreidimensionale Modelle dargestellt werden können, werden schon in Großunternehmen für die Produktentwicklung eingesetzt [8]. Mittels deren Tiefenwirkung und einen hohen Interaktionsradius steigt der Immersionsgrad. 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. Allerdings fehlt es an Werkzeugen für die Auswertung der Interessenschwerpunkte von Kunden im dreidimensionalen virtuellen Raum.

Im Zweidimensionalen (2D) erlauben monokulare Eyetracker, schon den Aufmerksamkeitsschwerpunkt der Kunden zu analysieren [9]. 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 [10]. Heatmaps z. B. visualisieren die fokussierten Punkte und erlauben so Aussagen über das Kundeninteresse (siehe Abbildung 3). Gaze Plots stellen neben der Fixationsdauer die Blick-Sakkaden in Form von Linien dar. Zahlen beschreiben dabei die Blickreihenfolge.

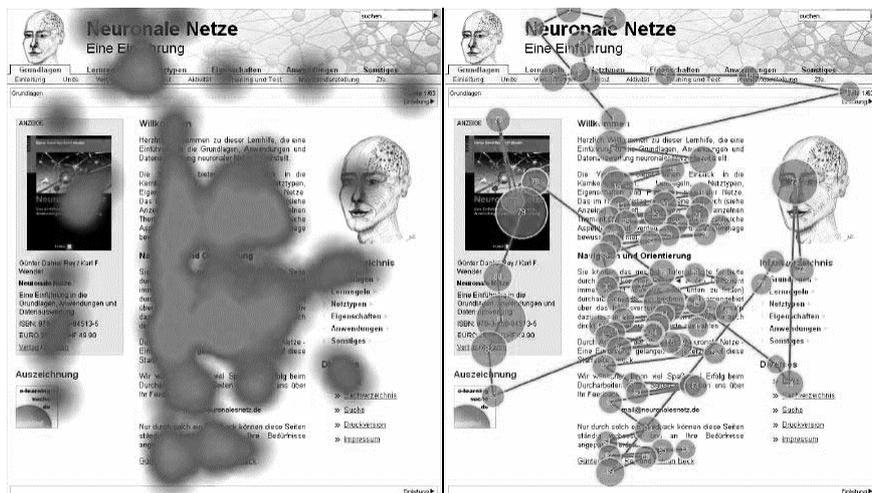


Abbildung 3: Beispielhafte Darstellung einer Heatmap links und eines Gaze Plots rechts [10]

In der dreidimensionalen (3D) Darstellung stellt die Auswertung binokulare Eyetracker noch gewisse Herausforderungen dar, da die Vergenzbewegungen beider Augen bestimmt werden müssen. Zudem müssen die Daten strukturiert verarbeitet werden.

Damit der Produktentwicklungsprozess sich systematisch an den gewonnen Kundenanforderungen orientiert, bietet das Qualitätsmanagement verschiedene Methoden an. Für die Kundenorientierung im Produktentwicklungsprozess eignet sich besonders die Quality Function Deployment (QFD) [11]. In der Vorgehensweise nach dem American Supplier Institute (ASI) beruht die QFD auf vier Phasen. Die erste Phase wird auch als House of Quality (HoQ) bezeichnet. Dabei werden aus strukturierten und gewichteten Anforderungen, Produktmerkmale abgeleitet. Eindeutige und gewichtete Anforderungen sind die Voraussetzung für dieses Vorgehen. Allerdings lassen sich die Anforderungen in der QFD nur im ersten Haus einbringen, eine iterative Überprüfung ist nicht vorgesehen.

Aus diesen Vorüberlegungen lassen sich folgende Herausforderungen für die frühe Validierung von Kundenanforderungen ableiten:

1. Virtuelle Prototypen in Verbindung mit binokularem Eyetracking bieten eine Möglichkeit zur Ermittlung der Kundenanforderungen. Die Aufnahme der Kundenanforderungen im dreidimensionalen virtuellen Raum ist technisch noch nicht ausgereift.
2. Virtuelle Prototypen müssen mit einem hohen Verständnisgrad simuliert werden (realitätsnah). Dafür ist ein hoher Immersionsgrad erforderlich, welcher über eine 3D VR erzeugt werden muss.
3. Für einen systematischen Umgang mit den validierten Kundenanforderungen, muss der QFD-Ablauf um einen Validierungsschritt erweitert werden.

3 Methode

Im Folgenden wird ein Konzept erläutert, welches eine mögliche Umsetzung der frühen Anforderungvalidierung im virtuellen Raum erlaubt. Ansätze für die Lösung der Herausforderungen werden dabei beschrieben. Die stereoskopische virtuelle Realität ermöglicht es, Produkte in digitaler Form erlebbar zu machen [8]. Damit der Prozess der Kundenanforderungvalidierung erfolgreich im Produktentwicklungsprozess vorgezogen werden kann, müssen die Darstellungsoptionen von konzeptionellen Merkmalen 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. 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 4).

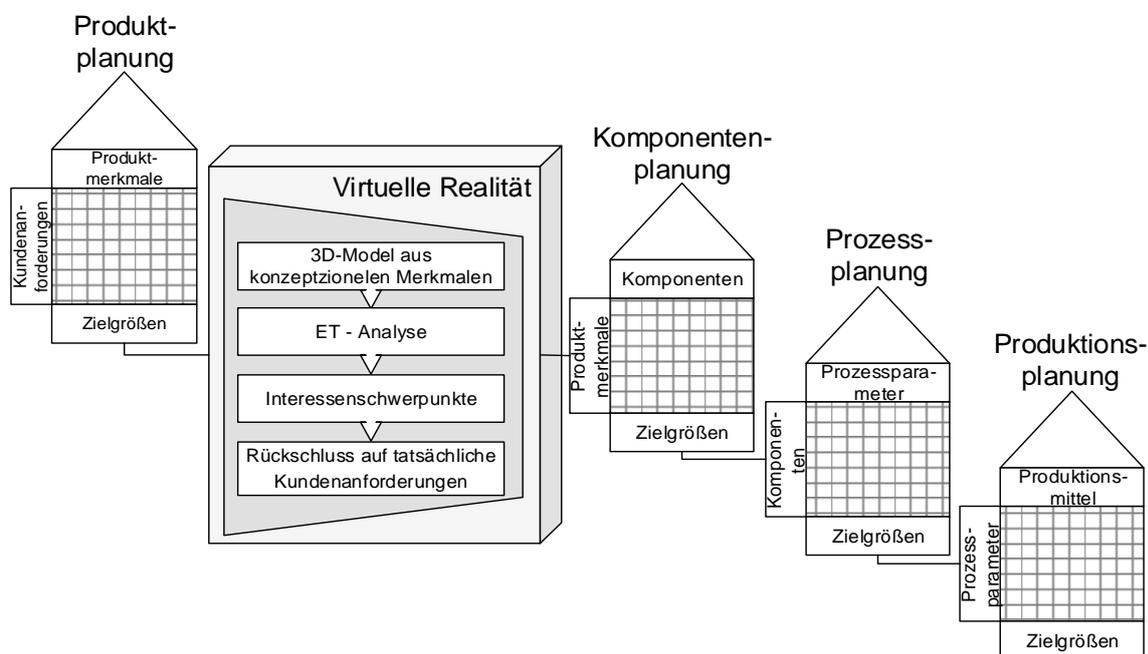


Abbildung 4: Schematische Darstellung einer VR erweiterten QFD

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 dem HoQ 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. Ziel ist ein qualitativ hochwertiges Produkt und eine daraus erhöhte Kundenzufriedenheit. 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 [12], was voraussichtlich aussagekräftigere Eyetracking-Daten und damit genauere Erkenntnisse über die Interessen der Kunden zur Folge hätte.

4 Fazit und Ausblick

Durch das hier beschriebene Konzept, wird erwartet, dass zukünftige Produktflops, aufgrund von Anforderungsverfehlungen, vermieden werden können. Zur weiteren Ausarbeitung der Vorgehensweise müssen in Zukunft noch einige Unsicherheiten abgearbeitet werden. Die Auswertung der dreidimensionalen Eyetracking-Daten könnte eine Aussage über die Kundenpräferenzen von Produktmerkmalen in den frühen Phasen der Produktentwicklung ermöglichen. Durch eine gezielte Befragung ließen sich die Präferenzen weiter aufbereiten bzw. neu gewichten. Ebenfalls ist zu prüfen, ob sich auch vorher nicht bekannte Kundeninteressen so analysieren lassen. Zudem hat diese frühe Validierung der Anforderungen, das Potenzial den Produktentwicklungsprozess zu verkürzen, da eine frühe Kundenabnahme ermöglicht wird. Kommt es dabei zu Änderungswünschen oder Unstimmigkeiten bei den Kundenanforderungen, könnte darauf noch flexibler reagiert werden. Die Eignung der in diesem Kontext genutzten virtuellen Prototypen sollen im Vergleich mit existierenden Produkten ebenfalls weiter überprüft 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; Ausgabe 22, Juni 2011; S. 655-672
- [2] Brüggemann, H.; Bremer, P.: *Grundlagen Qualitätsmanagement – Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM*; Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2012 - ISBN 978-3-8348-1309-1
- [3] DIN EN ISO 9000 Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe; Beuth Verlag; 2005
- [4] Cooper, R., G.: Top oder Flop in der Produktentwicklung; Wiley Verlag Weinheim; 2005 In: Schlund S.: *Anforderungsaktualisierung in der Produktentwicklung*; Aachen: Shaker Verlag, 2011 - ISBN 978-3-8440-0003-0
- [5] Jockisch, M.; Holzmüller, H. H.: Technical Report 0902; *Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe A2: Kundenanforderungen an Industriegüter – Terminologie, Klassifikation und Forschungsfelder*; Technische Universität Dortmund, 2009 – ISSN 1867-3473
- [6] Rupp, C; SOPHISTen: *Requirements Engineering und –Management – Aus der Praxis, von klassisch bis agil*; 6. Auflage; München: Carl Hanser Verlag, 2014 - ISBN 978-3-446-43893-4
- [7] Rode, P.; *Virtuelle Stimuli für Kundentests im Innovationsprozess*; Dissertation; Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag, 2011 – ISBN 978-3-8348-2367-0
- [8] Huber M.; Schlieper, M.; Schlüter, N.; Winzer, P.; Aust, M.: *Vitamin für die Produktentwicklung – Virtuelles Anforderungsmanagement im Innovationsprozess*; Qualität und Zuverlässigkeit (QZ); Ausgabe 59 September 2014; S. 26-29;
- [9] Pfeiffer, T.; Donner, M.; Latoschik, M.; Wachsmuth, I.: Blickfixationstiefe in stereoskopischen VR-Umgebungen: Eine vergleichende Studie; In M. E. Latoschik & B. Fröhlich (Eds.), *Virtuelle und Erweiterte Realität. 4. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR* (pp. 113–124). Aachen: Shaker, 2007 - ISBN 978-3832263676
- [10] E-Learning, Theorie, Gestaltungsempfehlung und Forschung; Auf: http://www.elearningpsychologie.de/eyetracker_ii.html, abgerufen am 07.07.15
- [11] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.H.: *Konstruktionslehre : Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*; 8. Aufl. Berlin: Springer, 2013 - ISBN 978-3-642-29569-0
- [12] Universität Magdeburg; Institut für Simulation und Grafik; 3D Blickfeldanalyse; Auf: www.isg.cs.uni-magdeburg.de/uise/Forschung/Projekte/GazeVis/index.php.de, abgerufen am 13.07.15