



Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

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

Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

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

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

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

ISBN 978-3-95908-062-0

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

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

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

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





KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

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



Run Simple

Nutzerintegration bei der Produktentwicklung am Beispiel der Medizintechnik

Axel Boese · Michael Friebe · Christoph Arens · Fabian Klink · Karl-H. Grote

Einführung

Eine systematische Vorgehensweise entsprechend der Konstruktionsmethodik gilt als zielführender Ansatz bei der Findung von technischen Lösungen und der Entwicklung von Produkten. In der Literatur finden sich dazu zahlreiche Veröffentlichungen z. B. Feldhusen & Grote 2013; Ehrlenspiel 2014; Ehrlenspiel 2009; Roth 1994 und Livotov 2013. Die VDI Richtlinie 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ (VDI 1993) beschreibt ebenfalls allgemeingültige Regeln bei der systematischen Lösungsfindung. Iterativ wird in mehreren Teilschritten eine zuvor definierte Aufgabe in eine Lösung überführt. Dabei werden die Phasen der Planung, der Konzeption, des Entwurfes und der Ausarbeitung durchschritten. In der Literatur und den Richtlinien ist jedoch keine explizite Rückkopplung mit dem Nutzer gefordert oder angedacht. Gerade vor dem Hintergrund der voranschreitenden Individualisierung der Produkte und kann hierin ein entscheidender Vorteil liegen. Entwicklungszyklen und die Zeit bis zur Markteinführung von Produkten können reduziert werden. Zudem ist von einer höheren Akzeptanz durch den Kunden auszugehen.

Speziell bei der Entwicklung von Produkten für die operative Medizin besteht noch ein weiterer Anreiz, den Anwender und Kunden in eine Lösungsfindung gezielt mit einzubeziehen. Der menschliche Körper ist hochkomplex. Auch aus diesem Grund fächert sich die Medizin in dedizierte Fachgebiete auf. Ähnlich verhält es sich mit den Geräten und Instrumentarien zur Diagnose und Behandlung des menschlichen Körpers. Diese müssen an die Behandlung an sich, die anatomische Struktur, an den Patienten, an den Anwender aber auch an das Umfeld angepasst sein. Hier fällt es selbst dem erfahrenen Entwickler schwer, die Komplexität einer Aufgabe korrekt zu bewerten und die für die Lösungsfindung richtigen Entscheidungen zu treffen. Auch ein einfaches Ausprobieren von vorhandenen oder neuen Lösungskonzepten zur Analyse ist direkt im Operationssaal oder am Patien-

ten nicht möglich. Dafür ist eine Interaktion mit dem Kunden, Anwender oder Nutzer im Rahmen des Prozesses der Lösungsfindung essentiell. Der medizinische Anwender muss bereits in die Ideenfindung, die Bewertung der einzelnen Lösungsschritte und die Evaluierung des Einzel- und des Gesamtkonzepts mit einbezogen werden. Ähnliche Ansätze verfolgt z.B. das Stanford Biodesign (Yock u. a. 2015). Hier wird in iterativen Schritten eine Einbeziehung des Nutzers von der Identifikation eines klinischen Bedarfs über die Lösungsfindung bis hin zur Implementation am Markt beschrieben. Innovation ist dabei nicht nur mit der Neuheit einer Lösung sondern auch mit einem klaren monetären Nutzen verknüpft. In kurzen Zyklen findet die Einbeziehung des Nutzers über Hospitationen, Brainstormings, Interviews, Tests an einfachen und komplexen Modellen usw. statt. Kann dieses Vorgehen mit der etablierten methodischen Lösungsfindung zielgerichtet kombiniert werden?

Diese Veröffentlichung zeigt basierend auf Hospitationen, Workflowanalysen und intensiver Zusammenarbeit mit dem klinischen Anwender eine Integration des Nutzers in die systematische Lösungsfindung. Die Methode wird an einem praktischen Beispiel, der prototypischen Entwicklung eines neuen elektrisch ansteuerbaren Endoskops, demonstriert.

Methoden der Nutzerintegration in den Prozess der systematischen Lösungsfindung

Ausgehend vom Schema nach VDI 2221 (VDI 1993) soll die Einbeziehung des Nutzers in den systematischen Prozess der Lösungsfindung demonstriert werden. Den einzelnen Phasen „Planen“, „Konzipieren“, „Entwerfen“ und „Ausarbeiten“ werden Methoden der Nutzerintegration (Abbildung 1) zugeordnet. Die Basis dafür bildet die Hospitation bzw. Workflowaufnahme beim Anwender. Die Methoden der Integration sind beispielhaft zu sehen und können bei Bedarf variiert oder erweitert werden.

Ideation

Die Ideen, für die Lösungen benötigt werden, leiten sich aus dem Bedarf ab. Dem Nutzer muss dabei dieser Bedarf nicht einmal selbst bewusst sein. Die Hospitation und Workflowaufnahme kann hier die Ideengenerierung und Problemanalyse unterstützen und die erste Kommunikationsbasis zwischen Anwender und dem Ingenieur bilden. Die identifizierten Bedarfe werden dann gemeinsam mit dem Anwender klassifiziert und in eine konkrete Aufgabe überführt (Boese u. a. 2016). Diese konkretisierte Aufgabe ist der Ausgangspunkt für die systematische Lösungsfindung.

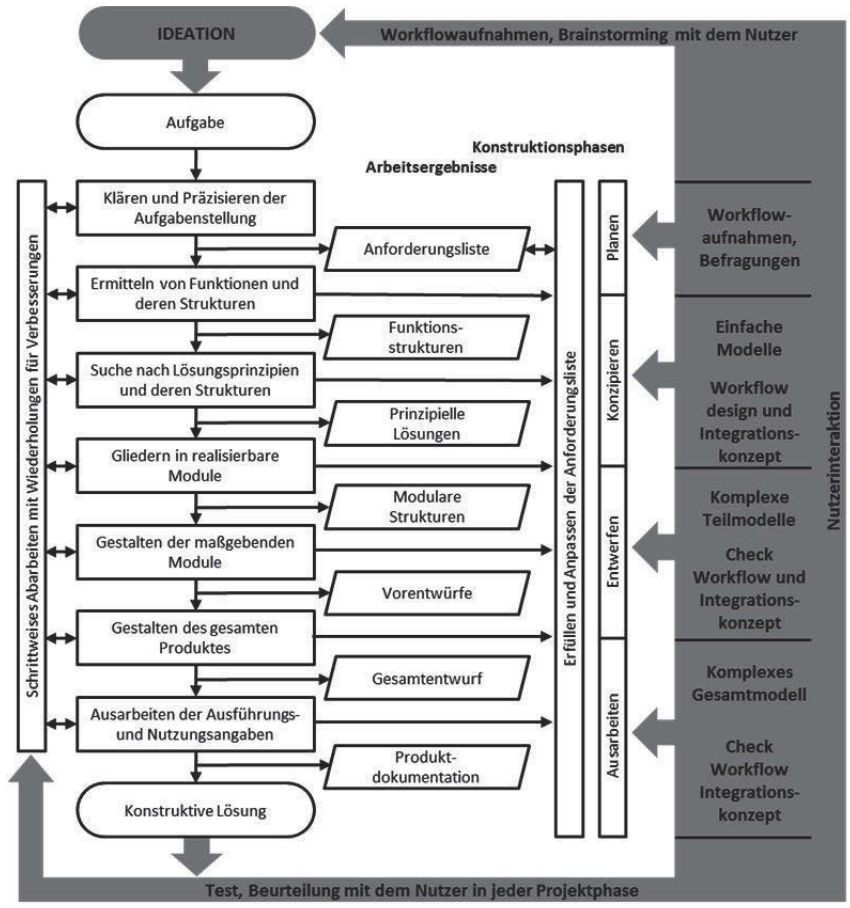


Abbildung 1: Integration des Nutzers in den methodischen Lösungsprozess (adaptiert nach VDI 2221) (Boese 2016)

Planen

Um eine erfolgreiche Nutzerintegration zu erreichen ist es notwendig, sich auf die Welt des Nutzers vorzubereiten. Dazu dient zunächst die Recherche nach Anwendungsfeld, Nutzer, Nutzerumfeld, Prozeduren und mögliche verwendete Geräte. Zur Recherche kann sowohl das Internet und Literatur verwendet werden, als auch direkte Interviews mit Anwendern. Auch durch mehrfache Beobachtung von Arbeitsabläufen können Regelmäßigkeiten und Varianzen identifiziert werden (Boese 2011). Die Planungsphase dient dem Verständnis des Anwendungsumfeldes und der Identifikation der Randbe-

dingungen für die Lösungsfindung. Daraus leiten sich die Anforderungen an die Funktion der benötigten Lösung ab.

Konzipieren

Der wichtigste Schritt in der Konzeptphase ist die Definition der wesentlichen Teilfunktionen, die durch eine Lösung erfüllt werden müssen. Zusätzlich ist die Integration von Lösungen in vorhandene Prozeduren und Strukturen zu beachten. Beides ist gemeinsam mit dem Anwender festzulegen und zu priorisieren. Die Teilfunktionen können je nach Komplexität in weitere Subfunktionen strukturiert werden. Für diese können die Anforderungen in Form von „Zahlen, Daten, Fakten“ konkretisiert werden. Den Substrukturen werden dann Lösungsvarianten gegenübergestellt die diese Anforderungen erfüllen. Diese werden wiederum gemeinsam mit dem Nutzer bewertet. Dafür bietet es sich an, Lösungskonzepte durch einfache Modelle zu verdeutlichen. Dadurch bekommt der Nutzer einen direkten, auch haptischen, Eindruck der Funktion und eine gute Diskussionsbasis für die Optimierung ist geschaffen. Die Nutzerinteraktion in der Konzeptphase dient also einer anwendergerechten Erarbeitung von möglichen Teil- und Gesamtlösungen und der Integration der Lösung in ein vorhandenes Umfeld.

Entwerfen

Im Entwurf werden die erarbeiteten Lösungen durch den Entwickler konkret ausgestaltet. Dabei besteht die Möglichkeit auf Vorwissen aus vorangegangenen Nutzerinteraktionen aufzubauen. Auch Teilmodule können durch den Anwender evaluiert und Bedarf iterativ angepasst werden. In der Entwurfsphase geht es bei der Nutzerinteraktion nicht mehr um die gemeinsame Festlegung der Funktion an sich, sondern um die Parameter der Funktion, die durch konkrete Baugruppen und die Gesamtlösung erfüllt werden. Diese sind zum Beispiel anhand komplexer Funktionsmodelle oder Teilbaugruppen zu erörtern.

Ausarbeiten

Die Interaktion mit dem Nutzer kann auch die Ausarbeitung unterstützen. Für die Nachverfolgbarkeit einer Lösungsfindung und von Entscheidungen im Rahmen einer Entwicklung ist eine Dokumentation wesentlich. Diese kann z.B. durch Nutzeraussagen unterlegt und begründet werden. Auch Daten für eine Zertifizierung können aus der Nutzerinteraktion extrahiert werden. Die Beschreibung des Verwendungszwecks und das Benutzerhandbuch lässt sich ebenfalls mit Unterstützung des Anwenders erarbeiten.

Evaluieren

Zusätzlich zu den in (VDI 1993) beschriebenen Phasen ist durch Feedbackschleifen in allen Stadien der Lösungsfindung eine begleitende Evaluation mit dem Nutzer sinnvoll. Wie schon beschrieben können dafür einfache bis komplexe Funktionsmodelle genutzt werden, sowohl für Lösungen als auch zur Simulation von Umgebungsparametern. Ein finaler Test gemeinsam mit dem Anwender in anwendungsnaher Umgebung verifiziert den Wert der entstandenen Lösung.

Nutzerintegration am Beispiel eines elektrisch ansteuerbaren Endoskops

Ideation

Im vorgestellten Fall wurde der Bedarf durch den klinischen Anwender selbst formuliert:

Die Behandlung von Tumoren am Kehlkopf kann derzeit nach endoskopischer Diagnostik mit Hilfe eines Operationsmikroskops erfolgen. Dieses gestattet die Beobachtung des Behandlungsgebietes durch die Mundhöhle und in Kombination mit einem Laser die Resektion von Gewebeteilen. Gewebeteile die hinter den Stimmlippen liegen sind aufgrund der starren Sichtlinie des Standardoperationsmikroskops nicht optisch einzusehen und sind nur schwer mit dem Laser zu erreichen. Zur optimierten Behandlung ist die methodische Erarbeitung einer Lösung erforderlich mit der die Beurteilung und Behandlung des gesamten Operationsgebietes ermöglicht werden soll.

Planen

Nach einem detaillierten Arztgespräch (Nutzer) erfolgt zunächst die Aufnahme des klinischen Workflows der Intervention im Operationssaal. Ziel ist die Analyse des üblichen Operationsablaufs, des OP Umfeldes einschließlich der zur Verfügung stehenden Geräte, Personen und der Limitationen (Abbildung 2). Dadurch besteht die Möglichkeit auch die Problemstellung des Nutzers zu verdeutlichen, Tumoranteile im nicht sichtbaren Bereich zu identifizieren.

Im nachfolgenden Arztgespräch wird im Brainstorming nach möglichen Randbedingungen und Limitationen für die Problemstellung gesucht. Daraus entsteht die Aufgabenstellung die im nachfolgenden methodischen Prozess zu bearbeiten ist und sich kontinuierlich erweitert. Im beschriebenen Fall handelt es sich um ein spezielles Endoskop, dass eine variable Einstellung der Blickrichtung während der Untersuchung und Operation ermöglicht. In

Kombination mit einer Haltevorrichtung wäre damit auch die Behandlung einer pathologischen Struktur unter rein endoskopischer Sicht möglich. Beide Hände wären frei für die Handhabung von Schneid- und Haltewerkzeugen. Damit sind die Funktionalitäten im Wesentlichen definiert.

Konzipieren

Anhand von Daten aus medizinischer Bildgebung (CT, MRT, Endoskopie) werden mit dem Nutzer die Anforderungen (Durchmesser, Länge, Bewegungsachsen, Winkel, Handling...) an das Endoskop erarbeitet. Davon ausgehend erfolgt gemeinsam mit dem Nutzer eine Strukturierung in die wesentlichen Teilfunktionen des Endoskops: Bildgebung, Beleuchtung, Bewegung, Steuerung, Anschlüsse, Schutz und Integration.

Die Untergliederung der benannten Teilfunktionen in einzelne Subfunktionen dient als Hilfsmittel für die Erarbeitung verschiedener Lösungsvarianten (Abbildung 3).

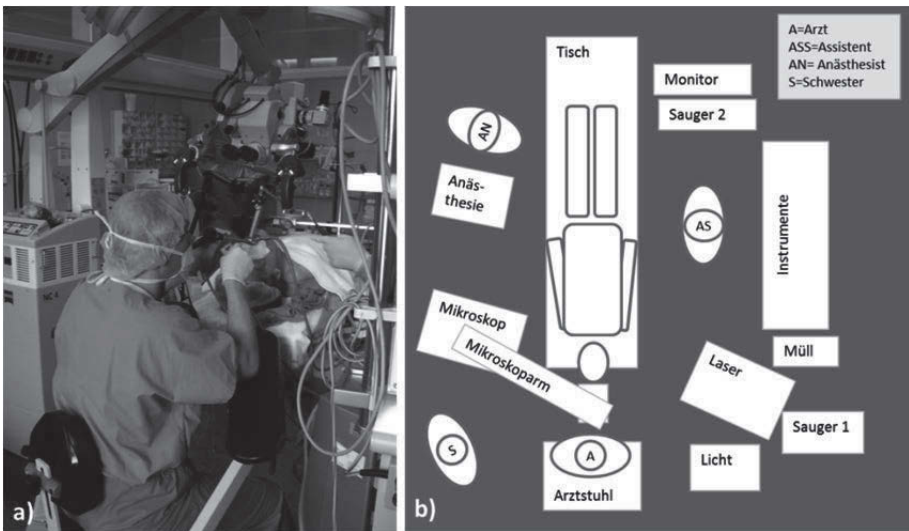


Abbildung 2: Workflowaufnahme Larynx-Teilresektion, a) endoskopische Voruntersuchung im OP, b) Dokumentiertes Setup im Operationsraum (KHNO, Universitätsklinikum Magdeburg), aus (Boese 2016)

Aufgabe	Wesentliche Teilfunktionen	Subfunktionen	Teillösungen	Lösungen
Steuerbare endoskopische Bildgebung	Bildgebung	Bildaufnahme	Chip on the tip	Awaiba Nane Eye CCD Kamera
			Faseroptik	
		Bildübertragung	Optisch	Digital
			Digital	
		Beleuchtung	Faser	LED
			LED on tip	
	Steuerung	Bewegung	Drehen	400°
			Schwenken	120°
		Übertragung	Zug/Druck	Bowdenzug
			Kardan	Kardan Innenrohr
		Manipulation	mechanisch	Rotationsantrieb + Piezo Linear Antrieb
			Elektrisch	
	Biokompatibilität	Schutz vor Toxizität	Med. zugel. Material	Edelstahl, Polycarbonat
		Schutz vor Verletzung	Angepasst an Anatomie	Zylindrisch in einer Achse
			Atraumatische Spitze	Runde Kuppel
Zugang zu Arbeitsraum und Pathologie		Angepasst an Anatomie	Durchmesser 9mm, Länge Schaft 300mm	
		Angepasst an Workflow	Verwendbar zur Diagnostik oder mit Haltearm für OP	

Abbildung 3: Strukturierung der Lösungsfindung durch Aufgabe, wesentliche Teilfunktionen und Subfunktionen

Die daraus resultierenden Module werden anhand der durchgeführten Workflowanalyse mit dem Nutzer bewertet. Dabei unterstützt ein „schneller Modellbau“ zum Test einzelner Ideen. Die Nutzung einfacher Papiermodelle, um z.B. den kardanischen Bewegungsmechanismus oder auch Limitationen des Sichtfeldes im Rachenraum zu verdeutlichen, ist dabei ausreichend.

Entwerfen

Ein Lösungskonzept wird für die anschließende Gestaltung der Module ausgewählt. Das Konzept umfasst die Platzierung einer Mikrokamera im Endoskopkopf. Diese ist auf einer kardanisch gelagerten Kugel angebracht. Dadurch lässt sich der Blickwinkel des Endoskops sowohl um 120 Grad schwenken als auch um die Endoskopachse rotieren. Die Bewegungen werden durch einen Piezo-Linearantrieb und einen Präzisionsrotationsantrieb umgesetzt. Die Steuerung kann entweder über ein am Endoskop befestigtes Touchpad oder über zusätzliche, per Steuercomputer, angeschlossene Eingabegeräte erfolgen. Nach Auslegung und Gestaltung der Module werden für die wesentliche Bauteile Prototypen mit Hilfe von generativen Herstellungsverfahren und mechanischer Bearbeitung angefertigt. Im Fall des Endoskops waren es Bauteile des Bewegungsmechanismus sowie des

Griffs und Gehäuses, um das Handling und die Steueroptionen mit dem Nutzer zu bewerten.

Ausarbeiten

Anhand der Bewertungsergebnisse werden die finalen Module ausgearbeitet und gefertigt. Für die Zulassung als Medizinprodukt (z.B. CE-Kennzeichnung) ist eine Dokumentation der Lösungsfindung von der initialen Idee bis zum Inverkehrbringen notwendig. Dies geschieht in der Regel durch das Anlegen des Technical File. Für das Endoskop wurden basierend auf den Hospitationen und Workflow Analysen der Stand der Technik und der klinische Bedarf dokumentiert. Durch die Nutzerinteraktion können alle Entscheidungen die im Zuge der Lösungsfindung getroffen wurden unterlegt werden. Dadurch wird die technische Dokumentation nachvollziehbar. Letztlich ist es möglich, anhand der vorhandenen Daten, die begleitende Risikoanalyse, die Beschreibung des Verwendungszwecks und das Benutzerhandbuch zu erstellen.

Evaluieren

Neben der in den einzelnen Phasen beschriebenen Evaluierung von Teillösungen, werden mit dem finalen Endoskop umfangreiche Tests durchgeführt. Die Qualität der Bildgebung ist zunächst zu beurteilen. Diese ist eng gekoppelt mit der Beleuchtungsintensität. Dazu werden Untersuchungen an entsprechenden Phantomen durchgeführt. Als innovativer Kern der Lösung wird der Bewegungsmechanismus auf Funktionserfüllung und Robustheit untersucht. In einer Sequenz werden die erreichbaren Sichtwinkel und Dauerfestigkeit speziell der elektrischen Verbindungen untersucht. Das Handling und die Integrationsfähigkeit in ein klinisches Setup erfolgen gemeinsam mit dem Nutzer in einer entsprechenden anwendungsnahen OP Umgebung. Dabei werden die Performanz des Endoskops und Umgebungseinflüsse unter realistischen Bedingungen erfasst. Abbildung4 zeigt den finalen Prototyp des Endoskops.



Abbildung4: Endoskop mit schwenkbarer Kamera, a) Antriebe, b) finales Endoskop im Zusammenbau, c) Endoskopspitze mit integrierter Kamera und Beleuchtung, aus (Boese 2016)

Diskussion

Nutzerintegration in der Produktentwicklung ist zunächst aufwendiger und erfordert vom Entwickler ein „Einlassen“ auf die Welt des Nutzers. Gerade in komplexen oder individuellen Themengebieten wie z.B. der operativen Medizintechnik ist es aber ein sehr gutes Hilfsmittel um eine Problemstellung zu verstehen und zu erfahren. Die Einbeziehung des Nutzers in den gesamten Prozess der Lösungsfindung führt nach unserer Erfahrung zu einer großen Identifikation des Nutzers mit dem resultierenden Produkt und somit zu erhöhter Akzeptanz. Die entstandene Lösung entspricht auf diese Weise eher dem tatsächlichen klinischen Bedarf. Dadurch werden Entwicklungszeiten verkürzt und eine erfolgreiche Marktplatzierung wahrscheinlicher.

Neben der Anwendung in komplexen Entwicklungen wie der Medizintechnik, sollte generell die Nutzerintegration bei der Lösungsfindung etabliert werden. Dazu ist es notwendig, Methoden der Nutzerinteraktion mit in der Literatur und in den Richtlinien der systematischen Produktentwicklung zu verankern.

Acknowledgement

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden in folgenden Aufsätzen vorab publiziert: (Boese u. a. 2015), (Boese 2016)

Das Projekt wurde in Kooperation mit der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Universitätsklinik Magdeburg, der InKraft GmbH Magdeburg und dem Lehrstuhl Mikrosystemtechnik der OVGU im Rahmen der INKA-Initiative (BMBF 03IP710) und KOMET - Kompetenzzentrum für Medizintechnik (LSA 48-76120) bearbeitet.

Literaturverzeichnis

- Boese, A. u. a., 2015. "Hands free for intervention", a new approach for transoral endoscopic surgery. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 1(1), S.157–159.
- Boese, A. u. a., 2016. *Innovation mit und für den Mediziner am Beispiel der Urologie*. In *Kontroversen in der Urologie*. Magdeburg, Germany.
- Boese, A., 2016. *Lösungsfindung mit dem Endnutzer, ein neuer Ansatz in der methodischen Produktentwicklung am Beispiel der Medizintechnik*. Dissertation. Magdeburg, Germany: Otto-von-Guericke Universität.
- Boese, A., 2011. Workflow analysis for the design of medical devices and equipment. In *European Conference Design 4 Health, 13th to 15th of July 2011. - Sheffield : Sheffield Hallam Univ*. Available at:

- Ehrlenspiel, K., 2009. *Integrierte Produktentwicklung- Denkabläufe, Methodenansätze, Zusammenarbeit*, München, Wien: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG.
- Ehrlenspiel, K., 2014. *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung* 7. Aufl. A. Kiewert, U. Lindemann, & M. Mörtl, hrsg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Feldhusen, J. & Grote, K.-H. hrsg., 2013. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Livotov, P., 2013. TRIZ.it! - freie TRIZ Lernplattform für Erfinder & Entwickler. Available at: <http://www.triz.it/>.
- Roth, K., 1994. *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen*, Berlin: Springer Verlag.
- VDI, 1993. Richtlinie VDI 2221. *Verein Deutscher Ingenieure e.V. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*
- Yock, P.G. u. a., 2015. *Biodesign: The Process of Innovating Medical Technologies* 2 edition., Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

Kontakt

Dipl.-Ing. Axel Boese
Prof. Dr. Michael Friebe
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Institut für Medizintechnik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
www.inka-md.de

Prof. Dr. med. Christoph Arens
Universitätsklinikum Magdeburg
Klinik für Hals Nasen Ohren Heilkunde
Leipzigerstr. 44
39120 Magdeburg
www.khno.ovgu.de

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Grote
Dr.-Ing. Fabian Klink
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Institut für Maschinenkonstruktion
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
<http://www.imk.ovgu.de/>