

Workflowanalyse Kathetergestützter minimalinvasiver Interventionen

A. Boese¹, T. Neumuth², G. Rose³,

¹ Otto-von-Guericke Universität, INKA- Intelligente Katheter, Magdeburg, Germany
Einrichtung, Institut, Ort, Land

² Universität Leipzig, Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS), Leipzig, Germany

³ Otto-von-Guericke Universität, IESK-Institut für Elektronik, Signalverarbeitung und Kommunikationstechnik, Magdeburg, Germany

Kontakt: axel.boese@ovgu.de

Abstract:

Workflowanalysen werden zur Beschreibung eines Arbeitsprozesses eingesetzt. Im medizinischen Bereich liegt der Schwerpunkt dabei bei der Optimierung des Patientenflusses, der Geräteauslastung oder der Operationsbedingungen [1]. Workflowanalysen können aber auch als methodisches Werkzeug in der Entwicklung von Medizinprodukten eingesetzt werden. Dabei liegt der Fokus auf der Feststellung von Produktdefiziten, der Aufnahme von Anforderungen an ein Produkt oder von möglichen Handlungsabfolgen.

Die voranschreitende Miniaturisierung im Medizintechnikbereich eröffnet neue Möglichkeiten zum Design und zur Entwicklung von minimalinvasiven Instrumenten. Im Projekt „Intelligente Katheter“ (INKA) werden an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Systeme und Verfahren für die interventionelle Radiologie entwickelt. Wesentlicher Bestandteil der Entwicklungsstrategie ist der konsequente Einsatz von Workflowstudien zur Unterstützung von Anforderungsanalysen für Katheter, Nadeln und andere minimalinvasive Werkzeuge. Als Beispiel soll hier das Studienkonzept und erste Ergebnisse für Kathetergestützte Eingriffe vorgestellt werden. Die Methode der Workflowanalyse wird zur Aufzeichnung der Handlings- und Bedienungsanforderungen von Kathetern eingesetzt und wird durch beobachterbasierte Datenerhebung mit Hilfe eines Workfloweditors mit erweiterter Terminologie durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist den Verlauf der Interventionen detailliert abzubilden. Basierend auf den Ergebnissen konnten bereits erste Unterschiede in der Bedienung konventioneller Katheter durch verschiedene Operateure identifiziert werden, deren Ergebnisse in die Entwicklung neuer Kathetertechnologien einfließen können.

Schlüsselworte: Medizinischer Workflow, Medizintechnik, Interventionen

1 Problem

Minimalinvasive Interventionen sind medizinische Eingriffe die unter Bildgebung durchgeführt werden. Dabei kommen zum einen die interventionellen Werkzeuge wie Katheter und Nadeln als auch für die Navigation notwendige Geräte zur Bildgebung zum Einsatz. Diese können z.B. Röntgen, MRT, Computertomografie (CT) oder Ultraschall sein. Interventionelle Werkzeuge gibt es in einer Vielzahl von verschiedenen Größen, Bauformen und Konfigurationen. Diese sind stark auf den jeweiligen Anwendungsfall, Krankheitsbild, Interventionsziel oder Anatomie ausgerichtet.

Die fortschreitende technische Weiterentwicklung ermöglicht dabei Therapien wie sie noch vor 10 Jahren undenkbar gewesen sind. Und eben diese technische Weiterentwicklung ist es, die durch neue Werkzeuge mit z.B. geringerer Größe, ergonomischer Bauform oder neuen Konzepten weniger invasive und neue Therapieformen ermöglicht.

Im Rahmen des Produktentwicklungszyklusses ist bei der Entwicklung medizintechnischer Geräte eine ständige und umfassende Kommunikation mit den beteiligten klinischen Disziplinen notwendig. Grundsätzlich ist es jedoch für Techniker nach wie vor anspruchsvoll, allein aus den Gesprächen ein Gespür für die wichtigsten Anforderungen an die Geräte zu entwickeln, da hierbei häufig subjektive Eindrücke und Ansichten der Mediziner eine Rolle spielen.

Durch Analyse der Workflows von minimalinvasiven Interventionen mit Kathetereinsatz werden im Projekt „Intelligente Katheter“ (INKA) Problemstellungen zur Definition der Randbedingungen für Produktentwicklungen erfasst und technische Anforderungen an die zu entwickelnden Katheter abgeleitet. Hierdurch wird eine Beschleunigung des Entwicklungsprozesses erwartet. Die Arbeit berichtet über das grundlegende Studienkonzept und zeigt erste Ergebnisse der Workflowstudie.

2 Methoden

Für die Dokumentation von medizinischen Workflows können verschiedene Verfahren angewandt werden. Das Spektrum reicht von der einfachen Liste zur Datenerfassung mit Stoppuhr [2] über PC-basierte spezialisierte Software in Kombination mit Videoaufzeichnung [3] bis zu sensorbasierten Verfahren. Je nach Verfahren wird der Workflow in unterschiedlichen Detaillierungsgraden erfasst. Hier sind Aufwand / Kosten und Nutzen gegeneinander abzuwägen.

Als Beispiel für die Aufnahmen von Katheteregestützten minimalinvasiven Interventionen soll hier die Aufnahme von Workflows zur Behandlung von Aneurysmen im Bereich der arteria comunicans anterior (aCoo) vorgestellt werden. Ein Aneurysma ist eine lokale Aufweitung eines Blutgefäßes. Zur Behandlung wird über die Beinarterie ein zunächst größerer Katheter durch die Bauchorta, den Aortenbogen, die Halsschlagader arteria carotis communis (acc) bis zur arteria carotis interna (aci) vorgeführt (Abb. 1). Dann wird je nach Anatomie und genauer Lage des Aneurysmas ein kleinerer Katheter bis vor das Aneurysma geführt [4]. Als Hilfe zur Steuerung des Katheters dienen Führungsdrähte die in den Katheter eingebracht werden können. Wenn der Katheter bis zum Aneurysma vorgeführt wurde, werden therapeutische Maßnahmen wie z.B. das Platzieren eines Stents oder Coiling zum Verschluss des Aneurysmas durchgeführt. Die Navigation erfolgt dabei durch Röntgendurchleuchtung.

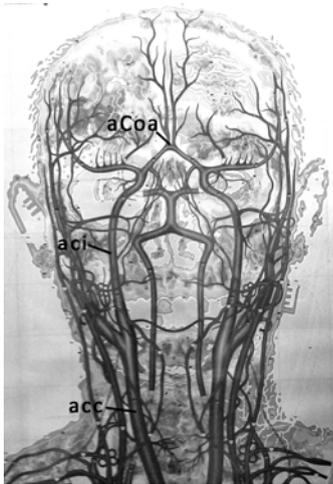


Abb. 1: Anatomie der Blutgefäße des menschlichen Kopfes

Zur Unterstützung der Entwicklung von Kathetern wurde die Methodik der intraoperativen Workflowanalyse eingesetzt [5]. Für die Aufnahme von Workflows dieser Interventionen wurde der s.w.an Workflow Editor¹ verwendet, welcher auf der in [5] vorgestellten beobachtergestützten Erfassung basiert. Dieses PC gestützte Workflowaufzeichnungssystem bietet eine Vorauswahl von möglichen Ereignissen, Akteuren und eingesetzten Instrumenten. Dadurch entsteht für die Aufnahme der Workflows eine einheitliche Syntax und Terminologie zur Verfügung. Da die Software für die Erfassung von Arbeitsschritten für chirurgische Workflows konzipiert ist, wurde der Workflow Editor um spezielle Attribute zur Beschreibung Katheteregestützter Eingriffe erweitert, um Aussagen zur Steuerung und zum Handling von Kathetern treffen zu können.

Bei Katheteregestützten minimalinvasiven Interventionen steht eine Vielzahl von möglichen Werkzeugen zur Verfügung. Obwohl erste Einschränkungen durch Vordiagnose und die zu behandelnde anatomische Struktur getroffen werden können, ist die bereitzuhaltende Anzahl an verschiedenen Katheterformen noch sehr groß. Bei dem hier vorgestellten Beispiel von neuroradiologischen Interventionen können z.B. Katheter in mehr als 15 verschiedenen Konfigurationen die in verschiedenen Durchmessern und Längen erhältlich sind verwendet werden (siehe Abb. 2).

¹ SWAN – Scientific Workflow Analysis GmbH Leipzig, <http://www.scientific-analysis.com>



Abb. 2: Katheter mit gleicher Spitzenkonfiguration aber unterschiedlichen Durchmessern und Seitenlochanzahl

Die Erweiterung der Terminologie bestand neben der Einführung von operationstypspezifischen Begriffen wie Handlingoptionen zur Translation oder Rotation der Katheter auch in der Definition von Begrifflichkeiten im Kontext der bildgebenden Verfahren, z. B. der Durchleuchtung oder von Kontrastmittelinjektionen.

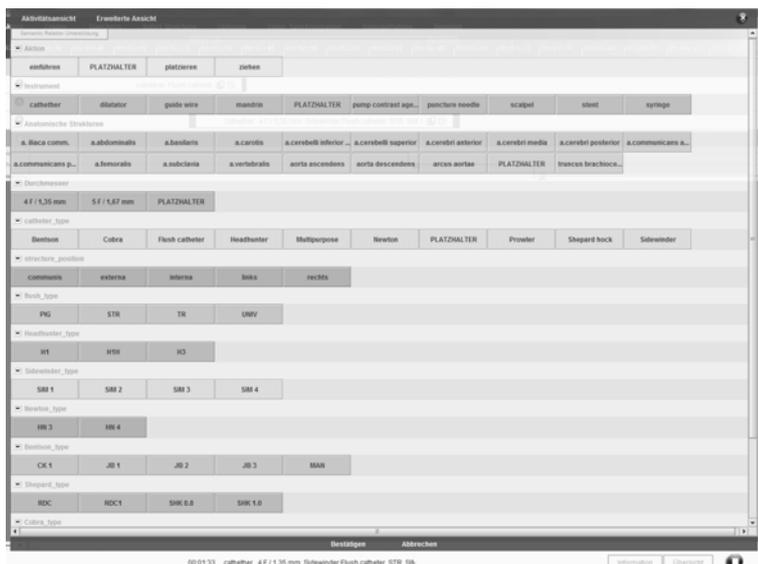


Abb. 3: Das Auswahlménü im Workfloweditor ermöglicht die Kombination von Aktion, anatomischer Struktur und verwendetem Instrument

3 Ergebnisse

Mit dem angepassten Workfloweditor werden minimalinvasive Kathetergestützte Interventionen wie die Behandlung von Aneurysmen im o.g. Beispiel aufgenommen. Die Workflows geben den generellen Gesamtlauf der Intervention wieder und ermöglichen einen Vergleich von verwendeten Materialien und Technik.

Eine erste Auswertung ergab, dass die Operationszeit sehr von der individuellen Patientenanatomie abhängt. Elongationen der GefäÙe oder Verkalkungen und Plaque erschweren z. T. das Vordringen zum Krankheitsherd. Ein weiterer Aspekt ist die Erfahrung und das Geschick des Interventionisten. Hier unterscheiden sich die Interventionszeiten z.T. um das Doppelte.

4 Diskussion

Die workflowbasierten Anforderungsanalysen sind ein hilfreiches Instrument bei der Produktentwicklung. Sie ermöglichen die Dokumentation komplexer Vorgänge wie minimalinvasiver Kathetergestützter Intervention und lassen sich in die methodische Produktentwicklung [6] integrieren. Auf Grundlage der Dokumentation können Ist-Stände erfasst und zu Vergleichszwecken archiviert werden. Auch durch die tägliche Routine automatisierte Vorgänge werden dargestellt und geben ein umfassendes Bild des Operationsgeschehens. Anhand der erfassten Daten ist es ebenfalls möglich, Optimierungsszenarien zu entwickeln. Durch die Erhöhung der Anzahl der aufgenommenen Workflows einer Prozedur kann auch bei vorhandenen Patientenunterschieden und Interventionserfahrung ein „roter Pfad“ dargestellt werden [5].

Der Einsatz von Beobachtern zur Erfassung operativer Workflows hat jedoch auch seine Grenzen. So konnte im Rahmen der Studie der erforderliche Detaillierungsgrad zur Beschreibung des Handlings des Interventionswerkzeugs noch nicht erreicht werden, da in einigen Phasen des Eingriffes die Handlungen in besonders schneller Reihenfolge durchgeführt werden. Um den Detaillierungsgrad der Aufnahmen zu erhöhen werden zwei Strategien geprüft: zum einen soll eine alternative Ergänzungen der Daten durch Videoaufzeichnungen oder der parallele Einsatz eines zweiten Beobachters erfolgen und zum anderen eine Weiterentwicklung des eingriffsspezifischen Teils der Terminologie.

Obwohl bisher noch keine konkreten Rückschlüsse für neue Produktentwicklungen gezogen werden konnten, entstanden durch die Workflowaufnahmen und deren Reflektion bereits in der frühen Studienphase Ideen für neue Behandlungsansätze. Weiterhin wird der Ist-Stand dokumentiert, um als Vergleichsbasis für Workflows unter Benutzung von noch zu entwickelnden Kathetern zu dienen.

5 Referenzen

- [1] S. Riedel, „Modernes Operationsmanagement im Workflow Operation“, 2003.
- [2] A. Boese und K.-H. Grote, „Workflow Analysis as Tool for Development of Medical Devices, a white Paper“, *Proceedings of The World Congress on Engineering 2010, Vol III, pp2149-2152*, London, U.K.: 2010.
- [3] E. Rödler, „Workflow und Prozeßmodellierung – Instrumente derWorkflow-Analyse in der Praxis“, 2000.
- [4] H. Schild, *Angiographie*, Georg Thieme Verlag, 2003.
- [5] T. Neumuth, P. Jannin, J. Schlomberg, J. Meixensberger, P. Wiedemann, und O. Burgert, „Analysis of surgical intervention populations using generic surgical process models“, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 6, 2010, S. 59-71.
- [6] G. Pahl, et al., „Engineering Design: A Systematic Approach“, 2007.