

SERVICEORIENTIERTE INTEGRATION MEDIZINISCHER GERÄTE – EINE STATE OF THE ART ANALYSE

Christian Mauro, Ali Sunyaev¹, Jan Marco Leimeister²,
Helmut Krömer¹

Kurzfassung

Geräte sind ein wesentlicher Bestandteil medizinischer Behandlungsprozesse. Für eine optimale IT-Unterstützung der Behandlung ist daher die Prozessintegration und die Interoperabilität dieser Geräte erforderlich. Der Ansatz der serviceorientierten Geräteintegration versucht, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Anhand eines Szenarios führt der vorliegende Beitrag in dieses noch junge Gebiet ein und gibt den State of the Art anhand einer Analyse existierender Literatur wieder. Berücksichtigt werden dabei Entwicklungen aus anderen Domänen wie z. B. der industriellen Automatisierung. Eine Reihe von Forschungslücken auf Anforderungsebene, technischer Ebene und Methodikebene werden identifiziert.

1. Einleitung

Die Basis jeder serviceorientierten Architektur sind Services, die eine bestimmte Geschäftsfunktionalität zur Verfügung stellen [23]. Einzelne Services werden wiederum orchestriert, um einen bestimmten Geschäftsprozess abzubilden. Dabei werden Services in der Regel als Softwarekomponente angesehen. Insbesondere im medizinischen Bereich sind jedoch auch Geräte wesentlicher Bestandteil von (Behandlungs-)Prozessen. Für eine konsequente Umsetzung von serviceorientierten Architekturen in Krankenhäusern ist daher die serviceorientierte Integration medizinischer Geräte notwendig. Das folgende fiktive Szenario soll die Potentiale einer solchen Integration im Krankenhaus anschaulich verdeutlichen:

Herr Müller sucht mit Beschwerden die Ambulanz eines Krankenhauses auf. Aufgrund der erstellten Diagnose muss Herr Müller stationär aufgenommen und operiert werden. Der auf der Diagnose basierende Behandlungspfad sieht vor der Operation die Durchführung einer Magnetresonanztomographie (MRT) vor. Für die MRT-Untersuchung und Operation benötigte Geräte sind serviceorientiert in die IT-Architektur des Krankenhauses eingebunden. Dadurch können freie Geräte automatisch gesucht und reserviert werden. Eine manuelle Buchung der Ressourcen und damit verbundene Zeitaufwände sind daher nicht mehr notwendig. Auch Reinigungs- oder Wartungsarbeiten an den Geräten können auf diese Weise dynamischer koordiniert werden. Die MRT-Bilder sind

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Boltzmannstr. 3, D-85748 Garching b. München, Germany

² Universität Kassel, Fachbereich Wirtschaftsinformatik, Nora-Platiel-Str. 4, D-34127 Kassel, Germany

direkt im Anschluss an die Untersuchung im KIS an der entsprechenden Stelle des Behandlungspfades eingeordnet und einsehbar. Diese Zuordnung ermöglicht in Verbindung mit der visuellen Darstellung des Behandlungspfades ein schnelles Auffinden benötigter Informationen. In den Tagen vor der Operation werden regelmäßig wichtige Daten wie z. B. die Temperatur oder der Blutdruck erfasst. Manche Werte werden dabei von einer Schwester manuell erfasst und in einen PDA eingegeben, andere Werte werden direkt durch medizinische Geräte erfasst. An diesen Datenquellen können eine Reihe von Komponenten angemeldet sein. Dadurch werden die erhobenen Daten direkt in die medizinische Dokumentation aufgenommen und stehen unmittelbar nach Erfassung zur Verfügung. Darüber hinaus ist eine Komponente angemeldet, die medizinische Studien verwaltet. Die Datenerhebung für Studien kann somit in Echtzeit und ohne Medienbrüche erfolgen. Auch ist eine Monitoring-Komponente umgesetzt, die die erhobenen Daten im Gesamtkontext analysiert und z. B. feststellt, dass die geplante OP aufgrund des aktuellen Zustands von Herrn Müller nicht durchgeführt werden kann, weil das Risiko von Komplikationen zu groß wäre. Vorab reservierte Ressourcen werden automatisch freigegeben und dynamisch neu zugeordnet. Nachdem das System festgestellt hat, dass sich der Zustand von Herrn Müller wieder gebessert hat, wird die OP-Planung inkl. Reservierung aller Ressourcen neu angestoßen. Auch die während der OP und alle weiteren bis zur Entlassung von Herrn Müller erfassten Daten werden wiederum direkt in die Dokumentation sowie ggf. weitere Anwendungen integriert.

Das Ziel serviceorientierter Geräteintegration ist es, die Realisierung solcher Szenarien zu ermöglichen und somit einen großen Schritt in Richtung der Vision „Seamless Healthcare“ zu gehen, bei der vertikal und horizontal durchgängige Prozesse, Daten und Informationstechnologie subsumiert werden [29]. Insbesondere soll die Entwicklung neuer Funktionalitäten, bei denen medizinische Geräte involviert sind, somit schneller und einfacher möglich sein. Zusätzlich soll die Implementierung unabhängig von bestimmten Gerätetypen oder –Herstellern sein, um die Wiederverwendbarkeit der entwickelten Services sicherzustellen. Das bedeutet, dass bspw. bei einem Gerätewechsel maximal eine Adapterkomponente, nicht aber die komplette Anwendung angepasst werden muss.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist die Identifizierung von Forschungslücken im Bereich der serviceorientierten Integration medizinischer Geräte. Dazu führen wir in die Thematik ein und beschreiben bzw. definieren grundlegende Begriffe sowie das theoretische Konzept der serviceorientierten Geräteintegration. Anschließend geben wir den State of the Art anhand einer Literaturanalyse wieder. Betrachtet werden dabei nicht nur Quellen aus dem medizinischen Bereich, so dass auch bereits existierende Lösungen aus anderen Domänen berücksichtigt werden können. Anhand der Analyse werden die Forschungslücken identifiziert und kategorisiert. Der Beitrag endet mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf zukünftige Forschung.

2. Begriffliche Grundlagen

2.1. Medizinische Geräte

Der Begriff des „Medizinisches Geräts“ ist nicht eindeutig definiert und wird je nach Kontext anders ausgelegt. In der EU-Richtlinie 93/42/EWG über Medizinprodukte (Medizinproduktrichtlinie) wird lediglich der Begriff des „Medizinischen Produkts“ spezifiziert, der weitreichend definiert ist und insbesondere auch nicht-technische Produkte beinhaltet. Darüber hinaus wird in DIN EN 60601 der Begriff des „medizinischen elektrischen Geräts“ umfassend definiert. Für eine bessere Verständlichkeit soll im Kontext dieses Beitrags folgende Definition gelten:

Medizinisches Gerät: Medizinprodukt mit IT-Schnittstelle

Die IT-Schnittstelle kann dabei beliebiger Ausprägung sein (analog/digital, standardisiert/proprietär, etc.), z. B. eine serielle RS-232 Schnittstelle oder eine Netzwerkschnittstelle. Gemäß Artikel 9 der Richtlinie 93/42/EWG werden medizinische Produkte in die Klassen I, IIa, IIb und III eingestuft, welche potentielle Risiken der Produkte berücksichtigen. Die Einstufungsregelungen sind in Anhang IX der Richtlinie definiert. Je nach Klasse sind andere Anforderungen definiert, wobei Klasse III die kritischsten Produkte beinhaltet, so dass entsprechend strenge Regelungen für die Konformitätsbewertung gelten. Die Klassifizierung ist für die Thematik der serviceorientierten Integration medizinischer Geräte insofern interessant, als dass die Richtlinie in Anhang IX, Abschnitt II, Punkt 2.3 festlegt, dass „Software, die ein Produkt steuert oder dessen Anwendung beeinflusst, automatisch derselben Klasse zugerechnet wird wie das Produkt“. Für eine serviceorientierte Lösungsarchitektur ist daher zu prüfen, welche Softwarekomponenten spezielle rechtliche Anforderungen erfüllen müssen.

2.2. Interoperabilität im Kontext von medizinischen Geräten

Der Begriff der Interoperabilität [14] [33] lässt sich zergliedern in

- technische Interoperabilität (Verkabelung, Netzwerkprotokolle, etc.),
- syntaktische Interoperabilität (einheitliche Syntax z. B. bei elektronischen Rezepten) und
- semantische Interoperabilität (gleiches Verständnis von Daten, z. B. bei ICD³-kodierte Diagnosen).

Im Kontext von medizinischen Geräten nach der Definition von Abschnitt 2.1, bezieht sich die technische Interoperabilität auf die IT-Schnittstelle, z. B. eine Netzwerkschnittstelle mit TCP/IP-Übertragungsprotokoll. Die syntaktische Interoperabilität ermöglicht den Austausch von Daten, z. B. durch das Vorhandensein eines einheitlichen Datenformats. Erst die semantische Interoperabilität ermöglicht den Austausch von interpretierbaren Informationen (für die Abgrenzung der Begriffe Daten und Information vgl. [24]) und damit Kommunikation [27].

Die potentiellen Vorteile interoperabler medizinischer Geräte sind vielfältig, z. B. eine bessere Behandlungsqualität, optimierte Workflows, Möglichkeiten zur Geräte-Fernwartung, etc. [25]. Daher überrascht es nicht, dass Initiativen wie z. B. IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) versuchen, die Standardisierung auf allen Interoperabilitätsebenen voranzutreiben. Dennoch stellt sich die aktuelle Situation wie folgt dar:

„Interoperability is an almost non-existent feature of medical devices.“ [25]

2.3. Serviceorientierte Geräteintegration

Die Idee der serviceorientierten Geräteintegration ist es, ein Gerät als Service zu kapseln, analog zu Enterprise Services einer serviceorientierten Architektur (SOA) [6], s. Abbildung 1. Ein Enterprise Service ist eine Softwarekomponente, die eine Business-Funktionalität auf hoher semantischer Ebene zur Verfügung stellt und deren Schnittstelle in standardisierter Form (z. B. mittels der Webservice Description Language – WSDL) spezifiziert ist [23]. Hohe semantische Ebene bedeutet in diesem Zusammenhang insbesondere, dass ein Service soweit selbstbeschreibend ist, dass er von anderen Komponenten dynamisch und lose gekoppelt verwendet werden kann und zudem ein gemeinsames Verständnis über die ausgetauschten Daten vorliegt. Beispielsweise könnte ein Enterprise Service eine Funktionalität zum Erstellen einer Rechnung anbieten. Ein Device Service hinge-

³ International Classification of Diseases

gen könnte z. B. in der medizinischen Domäne eine Funktionalität anbieten, die den aktuellen Blutdruck eines Patienten zurückgibt. Darauf aufbauend können höherwertige Business Services implementiert werden, die z. B. ein Patienten Monitoring umsetzen.

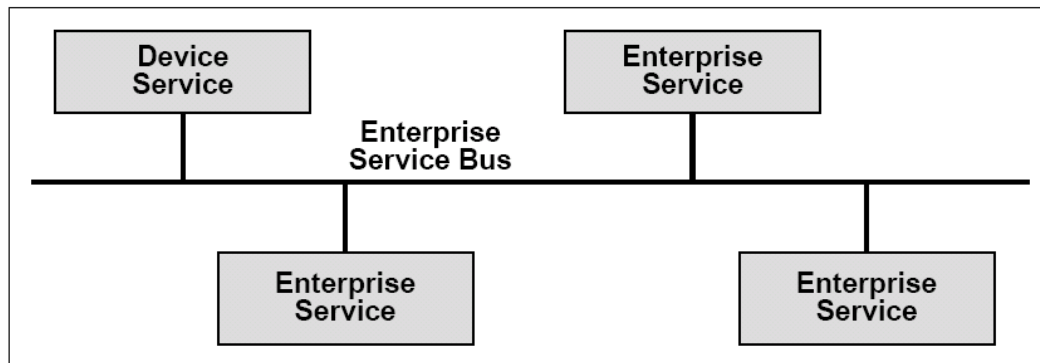


Abbildung 1: Device Service (in Anlehnung an [6])

Der Vorteil des serviceorientierten Ansatzes ist, dass bei der Implementierung einer Funktionalität, die einen Device Service aufruft, die herstellerspezifische Schnittstelle des Geräts nicht bekannt sein muss. Diese wurde durch die serviceorientierte Integration bereits gekapselt. Der Aufruf des Device Services erfolgt durch ein standardisiertes Protokoll (z. B. SOAP) auf hoher semantischer Ebene (z. B. „getBloodPressure“). Dadurch wird es ermöglicht, die IT-Unterstützung für medizinische Prozesse auch auf Geräte zu erweitern. Auch institutionsübergreifende Szenarien sind denkbar. Zudem müssen Anwendungen, die ein bestimmtes Gerät nutzen, nach einem Gerätewechsel (anderer Hersteller oder anderes Modell) nicht angepasst werden. Lediglich die Komponente, die das Gerät integriert, muss ggf. modifiziert und bei Bedarf erweitert werden, wenn das Gerät neue Funktionalitäten anbietet. Die vorherige Service-Schnittstelle kann jedoch unverändert bzw. abwärtskompatibel bleiben. Ein weiterer Vorteil der Kapselung als Service ist, dass einem Gerät Funktionalitäten hinzugefügt werden können, die es ursprünglich nicht besitzt. Beispielsweise könnte eine Funktion „getLocation“ angeboten werden, die den aktuellen Standort des Geräts zurück gibt. Die Implementierung der Funktion könnte dabei auf ein separates Tracking&Tracing-System zurückgreifen. Das Erkennen und Bewerten solcher Nutzenpotentiale ist ein wesentlicher Beitrag, den die Wissenschaft in diesem Forschungsgebiet leisten muss.

Das vorgestellte Konzept ist domänenunabhängig und auf hohem Abstraktionsgrad beschrieben. Direkte Rückschlüsse auf eine konkrete technische Umsetzung sind nicht möglich. Es ist daher zu analysieren, welche Anforderungen an eine Lösung zur serviceorientierten Integration medizinischer Geräte gestellt werden müssen, um Szenarien wie aus Abschnitt 1 realisieren zu können. Darauf aufbauend können potentielle Lösungsmöglichkeiten erarbeitet werden, welche die Anforderungen umsetzen. Dies hat im Sinne von [12] unter Berücksichtigung vorhandenen Wissens zu erfolgen.

3. Literaturanalyse

Das Ziel der folgenden Literaturanalyse ist die Feststellung des Wissensstandes hinsichtlich Anforderungsanalyse und Lösungskonzepten zur Umsetzung der serviceorientierten Integration medizinischer Geräte. Die Auswahl der Literatur erfolgte in Anlehnung an Empfehlungen von Webster und Watson [34]. Es wurde eine Keywordsuche in den wichtigsten Journals und Konferenzen in den Bereichen Wirtschaftsinformatik, Informatik, Wirtschaftswissenschaften, Medizinische Informatik und Medizin durchgeführt. Zusätzliche Literatur stammte aus bereits bekannten Quellen bzw. Projekten. Insgesamt wurden 26 relevante Quellen identifiziert. Arbeiten aus niedrig gerankten Jour-

nals bzw. Konferenzen sowie uns nicht bekannte Projekte, die noch keine Beiträge veröffentlicht haben, bleiben daher weitgehend unberücksichtigt. Die Autoren beschränken sich auf eine Präsentation des State of the Art sowie der Forschungslücken. Der Fokus liegt dabei auf dem Bereich Krankenhaus, da im niedergelassenen Bereich serviceorientierte Architekturen überdimensioniert erscheinen bzw. die Wahrscheinlichkeit zeitnaher technischer Realisierungen in Deutschland als sehr gering einzuschätzen ist. Ähnliche Fragestellungen können sich jedoch im Bereich Telemedizin sowie in institutionsübergreifenden Szenarien ergeben.

3.1. Schwerpunkte

Insbesondere Publikationen aus gleichen oder verwandten Projekten überschneiden sich inhaltlich, fokussieren aber jeweils unterschiedliche Aspekte. Tabelle 1 stellt die Themenschwerpunkte aller identifizierten Quellen in der Übersicht dar (absteigend sortiert nach Häufigkeit). Aus den Anwendungsszenarien und Architekturbeschreibungen lassen sich verschiedene Integrationskonzepte und Integrationstechnologien extrahieren. Diese sind Thema der Abschnitte 3.2 und 3.3. Die Ergebnisse der weiteren Schwerpunkte lassen sich aufgrund der geringen Anzahl an Quellen bzw. der Verschiedenartigkeit der Konzepte nicht zu einem Konsens zusammenführen, werden aber bei der Identifizierung der Forschungslücken in Abschnitt 3.4 berücksichtigt.

Tabelle 1: Themenschwerpunkte

| Themenschwerpunkt | Quellen |
|---|---------------------------------------|
| Proof of Concept / Anwendungsszenario | [32], [7], [5], [15], [16], [28], [4] |
| Architekturbeschreibung | [6], [21], [30], [3] |
| Orchestrierung / Prozess Management | [2], [18], [13], [20] |
| DPWS (Devices Profile for Web Services) | [19], [36], [35] |
| Prozessoptimierung | [9], [31] |
| Semantik-Technologien / Context-Awareness | [11], [1] |
| Technologieanalyse | [3], [17] |
| Interface Design | [10] |
| Quality of Service | [8] |
| Simulation | [22] |

3.2. Integrationskonzepte

Die Mehrzahl der gefundenen Quellen ist technisch geprägt. Die Frage nach möglichen technischen Integrationsformen wird daher sehr umfangreich behandelt. Im Wesentlichen lassen sich drei Konzepte identifizieren, um die Funktionalität eines Gerätes als Service zu exportieren. Diese sind in Abbildung 2 dargestellt. Bei der direkten Integration wird der Service durch das Gerät zur Verfügung gestellt. Dazu ist es notwendig, dass das Gerät über eine Netzwerkschnittstelle verfügt. Zudem muss die Möglichkeit bestehen, entsprechende Softwarekomponenten (z. B. DPWS⁴, s. Abschnitt 3.3) auf dem Gerät zu installieren. Eine Vielzahl der gefundenen Quellen verwirklicht die Geräteintegration auf diese Weise, beispielhaft sei [3] erwähnt. Ist die Möglichkeit der direkten Integration nicht möglich, da z. B. nur eine RS-232 Schnittstelle vorhanden ist, kann ein programmierbarer Adapter eingesetzt werden, der an die proprietäre Schnittstelle angeschlossen wird und den Service bereitstellt. Dies wurde z. B. in [9] mit Hilfe eines XPORT-Adapters umgesetzt. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich, wenn Geräte an einen Server angeschlossen werden, auf dem die zugehörigen Gerätetreiber und zudem ein Web Application Server für die Bereitstellung der Services installiert sind. Diese Möglichkeit wurde u. a. in [32] umgesetzt.

⁴ Devices Profile for Web Services

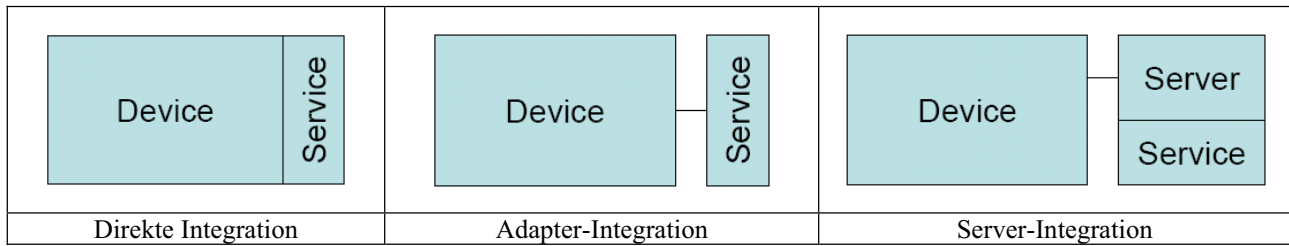


Abbildung 2: Integrationskonzepte (eigene Darstellung)

3.3. Integrationstechnologien

Zur Umsetzung der im vorherigen Kapitel vorgestellten Integrationskonzepte werden in den Beiträgen folgende Technologien verwendet: OSGi, UPnP⁵, DPWS, Webservices und gSOAP. Desweiteren werden HAVi⁶ und JINI als weitere mögliche Technologien genannt, aber zugunsten anderer Technologien nicht eingesetzt. Eine Zuordnung der Technologien zu den Quellen findet sich in Tabelle 2. Dabei ist anzumerken, dass die Technologien nicht disjunkt sind. DPWS basiert sowohl auf UPnP als auch auf Webservice-Technologien und macht je nach Implementierung zudem Gebrauch von gSOAP. Quellen, die DPWS verwenden, werden jedoch in der Tabelle nicht zusätzlich bei UPnP und gSOAP gelistet, um die Abgrenzung darstellen zu können. Zudem ist es möglich, dass verschiedene Technologien in Kombination auftreten, z. B. UPnP und OSGi. In der Tabelle erfolgt die Zuordnung in solchen Fällen anhand der (für die jeweilige Lösungsarchitektur) dominierenden Technologie. Die Tabelle dient lediglich der übersichtlichen Darstellung der verwendeten Technologien. Eine Aussage über die Güte einer Technologie kann aus der Anzahl der zugehörigen Quellen nicht abgeleitet werden.

Tabelle 2: Integrationstechnologien

| Technologie | Quellen |
|-------------|--|
| OSGi | [7], [11] |
| UPnP | [17], [2], [10], [1] |
| DPWS | [5], [8], [15], [16], [18], [28], [3], [4], [19], [21], [31], [36], [35], [30], [22], [13] |
| Webservice | [32], [20] |
| gSOAP | [9] |

3.4. Identifizierte Forschungslücken

In Tabelle 3 finden sich zusammenfassend die identifizierten Forschungslücken auf Anforderungsebene, technischer Ebene und Methodikebene. Diese werden in den nächsten Abschnitten erläutert. Dabei besteht zwischen den Ebenen eine starke Abhängigkeit. Insbesondere hängen sowohl die technische als auch die Methodikebene von den Anforderungen ab. Beispielsweise zieht die vernachlässigte Betrachtung der Sicherheit auf Anforderungsebene auch neue Fragestellungen auf technischer Ebene nach sich. Da eine umfassende Anforderungsermittlung im Kontext der serviceorientierten Integration medizinischer Geräte in der Literatur nicht gefunden werden konnte, können zukünftig insb. im Bereich der technischen und Methodikebene neue Fragestellungen entstehen, die mit dem Wissensstand der vorliegenden Arbeit nicht identifiziert werden konnten.

⁵ Universal Plug and Play

⁶ Home Audio Video Interoperability

Tabelle 3: Identifizierte Forschungslücken

| Ebene | Forschungslücken |
|-------------------|---|
| Anforderungsebene | Gesetzliche Anforderungen Lokalität / Mobilität Geräte als Ressource Sicherheit |
| Technische Ebene | Kriterienkatalog Integrationskonzepte/-Technologien Performanz Prozesssteuerung Sicherheitsmechanismen |
| Methodikebene | Service-Granularität Quality of Service Servicebeschreibung Prozessmodellierung |

3.4.1. Anforderungsebene

Bei bisherigen Arbeiten blieben die Besonderheiten der serviceorientierten Integration medizinischer Geräte weitgehend unberücksichtigt. Nach Meinung der Autoren sind dies gesetzliche Anforderungen, Lokalität/Mobilität, Geräte als Ressource und Sicherheit. Da Fehlfunktionen bei medizinischen Geräten lebensbedrohliche Folgen nach sich ziehen können, werden durch den Gesetzgeber entsprechende Anforderungen vorgegeben. Diese manifestieren sich in Deutschland im Medizinproduktegesetz und den zugehörigen Verordnungen, die die EU-Richtlinien 90/385/EWG, 93/42/EWG und 98/79/EG umsetzen. Die daraus resultierenden Anforderungen an eine Integrationslösung müssen zwingend erhoben und umgesetzt werden. Dieser Aspekt wurde in der gefundenen Literatur bisher nicht aufgegriffen. Bzgl. der allgemeinen Sicherheitsanforderungen ist zudem darauf zu achten, dass zum einen die Patientendaten geschützt werden und zum anderen, dass nur autorisierte Zugriffe auf die Geräte erfolgen können. Im Krankenhaus kann dies z. B. durch Verwendung von elektronischen Arztausweisen (wie dem Heilberufsausweis in Deutschland) oder multifunktionalen Betriebsausweisen erfolgen [26].

Eine Besonderheit von Geräte-Services ist im Gegensatz zu reinen Software-Services die Lokalität bzw. Mobilität. Bei einem Software-Service ist es unerheblich, an welchem Ort sich der Server befindet, auf dem der Service ausgeführt wird, solange die zugehörigen SLAs und Sicherheitsanforderungen eingehalten werden. Auch kann ein Service für eine bessere Lastverteilung auf mehreren Servern gleichzeitig implementiert sein. Die Wahl des Servers erfolgt zur Laufzeit. Bei Geräte-Services verhält sich dies anders. In der Regel müssen bei Ausführung des Services der Patient sowie ggf. auch der Arzt anwesend und je nach Gerät korrekt positioniert sein. Die Ausführung eines Geräte-Services bezieht sich daher immer auf ein bestimmtes Gerät zu einem bestimmten Zeitpunkt in Zusammenhang mit einem bestimmten Patienten. Insbesondere bei medizinischen Geräten, die den Gesundheitszustand eines Patienten negativ beeinflussen können, ist unbedingt zu verhindern, dass ein Gerät mit dem Kontext eines falschen Patienten initialisiert wird. Verstärkt wird dieser Umstand durch die Mobilität mancher Geräte. Im Gegensatz zu [20] ist hierbei für die Prozesssteuerung aber nicht nur die Lokalität, sondern der Gesamtkontext (Lokalität, Patient mit Zustand und Behandlungsstand sowie ggf. Arzt) relevant. Ansätze hierzu sind in [11] und [1] zu finden.

Eine weitere Besonderheit ist, dass ein medizinisches Gerät eine Ressource ist. Diese kann bestimmte Zustände annehmen, wie z. B. *reserviert*, *in Betrieb*, *frei*, *defekt*, *in Wartung*, etc. Dies hat direkte Auswirkungen auf die zugehörigen Services. Unter diesem Aspekt ist auch die Lokalität erneut ein wichtiger Aspekt. Zum einen ist das Auffinden eines benötigten mobilen Geräts eine wichtige Funktionalität, die berücksichtigt werden sollte, und zum anderen ist bei der Reservierung einer Ressource darauf zu achten, dass möglichst die nächstgelegene Ressource gewählt wird, um

die Laufwege für Personal und Patient kurz zu halten. Durch die serviceorientierte Integration der Geräte kann das Ressourcenmanagement somit dynamischer und flexibler gestaltet werden.

3.4.2. Technische Ebene

Auf der technischen Ebene bleibt unklar, welche der in Abschnitt 3.2 und 3.3 vorgestellten Integrationskonzepte bzw. –Technologien in welchem Kontext am geeignetsten sind. Beispielhaft sei hierbei der Aspekt der Performance genannt, die je nach Konzept bzw. Technologie stark variieren könnte. Im Kontext medizinischer Geräte könnte die Wahl der Integrationsform zudem Auswirkungen auf die Tragweite der Geräte-Zertifizierung haben. So wäre z. B. denkbar, dass direkte Integration eine Neu-Zertifizierung des Gerätes nach sich ziehen würde, während dies bei den beiden anderen Optionen nicht nötig ist. Anzustreben ist daher ein Kriterienkatalog als Hilfestellung zur Auswahl des Integrationskonzeptes für die verschiedensten Kategorien medizinischer Geräte.

3.4.3. Methodikebene

Im Bereich der serviceorientierten Architekturen gibt es eine Vielzahl an methodischen Fragestellungen, z. B. die Ableitung von Services aus Geschäftsprozessen oder die serviceorientierte Modellierung. Im Kontext der serviceorientierten Geräteintegration ist zu klären, inwiefern vorhandene Methoden auf Geräte-Services übertragen werden können. Ein Aspekt hierbei ist die Service-Granularität und damit die Problemstellung, ob jede Funktionalität eines Gerätes einzeln als Service zur Verfügung gestellt werden sollte oder ob diese bereits als höherwertigere Services gekapselt werden. Auch ist unklar, ob vorhandene Methoden und Mechanismen zur Beschreibung und Sicherstellung des Quality of Service im Kontext medizinischer Geräte ausreichend sind. [8] greift diese Thematik auf, allerdings im Kontext von Multimedia-Anwendungen.

Durch die Betrachtung von Geräten als Ressource ergeben sich zudem neue Herausforderungen im Bereich der Servicebeschreibung und der Prozessmodellierung. Es ist zu prüfen, ob existierende Methoden zur Servicebeschreibung ausreichen, um Aspekte wie z. B. mögliche Gerätezustände, Lokalität, Lebensdauer, etc. abzubilden. Hinsichtlich der Prozessmodellierung ist der Umstand neu, dass (im Gegensatz zu Software-Services) Geräte-Services für eine exklusive Nutzung reserviert werden müssen. Hierbei wird die Wahl des Services nicht automatisiert vorgenommen, der Benutzer muss in der Regel manuell das konkrete Gerät auswählen, das am Prozess beteiligt sein soll. Bei stationären Geräten kann diese Auswahl auch automatisiert erfolgen, wenn einem Arbeitsplatz ein bestimmtes Gerät fest zugeordnet ist oder das örtlich nächst gelegene Gerät gewählt werden soll. Alternativ sind RFID-Szenarien denkbar, so dass das Gerät den Patienten und seinen Kontext erkennt. Diese Besonderheiten werden in den Beiträgen, die Orchestrierung und Prozess Management thematisieren ([2], [18], [13], [20]), nur ungenügend adressiert.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Anhand einer Literaturanalyse wurde gezeigt, dass insbesondere im medizinischen Kontext die serviceorientierte Integration von Geräten noch kaum erforscht ist. In anderen Domänen, wie z. B. der industriellen Automatisierung, ist die Forschung bereits weiter fortgeschritten, jedoch gelten viele der identifizierten Forschungslücken auch für diese Bereiche. Zudem ist genau zu prüfen, inwiefern Konzepte, die nicht speziell für die medizinische Domäne entwickelt wurden, übertragbar sind. Voraussetzung dafür ist eine umfassende Anforderungsanalyse, die aber in existierenden Beiträgen nicht gefunden werden konnte. Die Erstellung einer solchen Anforderungsanalyse ist daher nach der Zusammenstellung des State of the Art der nächste logische Schritt und Basis für unsere weitere Forschung in diesem Gebiet.

5. Literaturverzeichnis

- [1] ALI, S.; KIEFER, S., Semantic Medical Devices Space: An Infrastructure for the Interoperability of Ambient Intelligent Medical Devices, Ioannina - Epirus, Greece: 2006.
- [2] BOBEK, A. et al., Enabling workflow in UPnP networks, Industrial Informatics, 2005. INDIN '05. 2005 3rd IEEE International Conference on, 2005, S. 166-171.
- [3] BOHN, H.; BOBEK, A; GOLATOWSKI, F., SIRENA - Service Infrastructure for Real-time Embedded Networked Devices: A service oriented framework for different domains, Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies, 2006. ICN/ICONS/MCL 2006. International Conference on, 2006, S. 43.
- [4] CACHAPA, D. et al., An approach for integrating real and virtual production automation devices applying the service-oriented architecture paradigm, Emerging Technologies & Factory Automation, 2007. ETFA. IEEE Conference on, 2007, S. 309-314.
- [5] COLOMBO, A. et al., Service-oriented architectures for collaborative automation, Industrial Electronics Society, 2005. IECON 2005. 31st Annual Conference of IEEE, 2005, S. 6 pp.
- [6] DEUGD, S. D. et al., SODA: Service Oriented Device Architecture, in: IEEE Pervasive Computing, vol. 5, 2006, S. 94-96, c3.
- [7] DITZE, M. et al., Service-based access to distributed embedded devices through the open service gateway, Industrial Informatics, 2004. INDIN '04. 2004 2nd IEEE International Conference on, 2004, S. 493-498.
- [8] DITZE, M. et al., Quality of Service and Proactive Content Replication in UPnP based A/V Environments, Innsbruck: 2005, S. 729-734.
- [9] GILART-IGLESIAS, V. et al., Normalization of Industrial Machinery with Embedded Devices and SOA, Emerging Technologies and Factory Automation, 2006. ETFA '06. IEEE Conference on, 2006, S. 173-180.
- [10] GLASCHICK, R.; OESTERDIECKHOFF, B.; LOESER, C., Service oriented interface design for embedded devices, Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA 2005. 10th IEEE Conference on, 2005, S. 8 pp.
- [11] GOUVAS, P.; BOURAS, T.; MENTZAS, G., An OSGi-Based Semantic Service-Oriented Device Architecture, 2007.
- [12] HEVNER, A. R. et al., Design Science in Information Systems Research, in: MIS Quarterly, vol. 28, 2004.
- [13] ILLNER, S. et al., Model-based management of embedded service systems-an applied approach, Advanced Information Networking and Applications, 2006. AINA 2006. 20th International Conference on, 2006, S. 5 pp.
- [14] JÄHN, K.; ECKHARD, N., e-Health, Springer, Berlin, 2004.
- [15] JAMMES, F.; SMIT, H., Service-oriented paradigms in industrial automation, Industrial Informatics, IEEE Transactions on, vol. 1, 2005, S. 62-70.
- [16] JAMMES, F.; SMIT, H., Service-oriented architectures for devices - the SIRENA view," Industrial Informatics, 2005. INDIN '05. 2005 3rd IEEE International Conference on, 2005, S. 140-147.
- [17] JAMMES, F. et al., Intelligent device networking in industrial automation, Industrial Informatics, 2004. INDIN '04. 2004 2nd IEEE International Conference on, 2004, S. 449-456.
- [18] JAMMES, F. et al., Orchestration of service-oriented manufacturing processes," Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. ETFA 2005. 10th IEEE Conference on, 2005, S. 8 pp.
- [19] JAMMES, F.; MENSCH, A.; SMIT, H., Service-Oriented Device Communications Using the Devices Profile for Web services, Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2007, AINAW '07. 21st International Conference on, 2007, S. 947-955.

- [20] KAMNENG, M. L. M. et al., Prozessintegration mobiler Landmaschinen mittels automatisch erzeugter BPEL-Prozesse, in: Wirtschaftsinformatik, vol. 49, 2007, S. 289-294.
- [21] KARNOUSKOS, S. et al., Integration of SOA-ready networked embedded devices in enterprise systems via a cross-layered web service infrastructure, Emerging Technologies & Factory Automation, 2007. ETFA. IEEE Conference on, 2007, S. 293-300.
- [22] KARNOUSKOS, S.; TARIQ, M. M. J., An Agent-Based Simulation of SOA-Ready Devices, Computer Modeling and Simulation, 2008. UKSIM 2008. Tenth International Conference on, 2008, S. 330-335.
- [23] KRAFZIG, D.; BANKE, K.; SLAMA, D., Enterprise SOA: Service Oriented Architecture Best Practices, Prentice Hall International, 2004.
- [24] KRCMAR, H., Informationsmanagement, Springer, Berlin, 2004.
- [25] LESH, K. et al., Medical Device Interoperability-Assessing the Environment, High Confidence Medical Devices, Software, and Systems and Medical Device Plug-and-Play Interoperability, 2007. HCMDSS-MDPnP. Joint Workshop on, 2007, S. 3-12.
- [26] MAURO, C. et al., A Proposed Solution for Managing Doctor's Smart Cards in Hospitals Using a Single Sign-On Central Architecture, Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 41), Big Island, Hawaii: 2008.
- [27] MERRIAM-WEBSTER, "Merriam-Webster's Medical Dictionary"; <http://dictionary.reference.com/browse/communication>.
- [28] OESTERDIECKHOFF, B. et al., Integrative approach of Web services and universal plug and play within an AV scenario, Industrial Informatics, 2005. INDIN '05. 2005 3rd IEEE International Conference on, 2005, S. 123-128.
- [29] SCHWEIGER, A. et al., Toward Seamless Healthcare with Software Agents, in: Communications of the Association for Information Systems, vol. 19, 2007, S. 692-709.
- [30] DE SOUZA, L. M. S. et al., SOCRADES: A Web Service based Shop Floor Integration Infrastructure, 2008.
- [31] SPIESS, P.; KARNOUSKOS, S., Maximizing the Business Value of Networked Embedded Systems through Process-Level Integration into Enterprise Software, Pervasive Computing and Applications, 2007. ICPCA 2007. 2nd International Conference on, 2007, S. 536-541.
- [32] STRÄHLE, M. et al., Towards a Service-Oriented Architecture for Interconnecting Medical Devices and Applications, High Confidence Medical Devices, Software, and Systems and Medical Device Plug-and-Play Interoperability, 2007. HCMDSS-MDPnP. Joint Workshop on, 2007, S. 153-155.
- [33] SUNYAEV, A. et al., Integrationsarchitekturen für das Krankenhaus - Status quo und Zukunftsperspektiven, in: Information Management & Consulting, vol. 21, 2006, S. 28-35.
- [34] WEBSTER, J.; WATSON, R. T., Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review, in: MIS Quarterly, vol. 26, 2002.
- [35] ZEEB, E. et al., Lessons learned from implementing the Devices Profile for Web Services, Digital EcoSystems and Technologies Conference, 2007. DEST '07. Inaugural IEEE-IES, 2007, S. 229-232.
- [36] ZEEB, E. et al., Service-Oriented Architectures for Embedded Systems Using Devices Profile for Web Services, Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2007, AINAW '07. 21st International Conference on, 2007, S. 956-963.