

Smartwatch und Wearables im Gesundheitsbereich: Grundlagen und Anwendungen

Diethelm Bienhaus¹

Abstract: Durch die aktuelle Fitnessbewegung haben Smartwatches, Lifetracker und Wearables eine rasante Entwicklung erfahren. Eine Vielzahl von Vitaldaten lassen sich mit diesen Geräten erfassen und Apps oder Browser-basierte Anwendungen geben dem Nutzer vielfältige Auswertungen. Diese neuen Geräte zur Selbstvermessung bieten Potenziale bei der Digitalisierung des Gesundheitsbereichs. Wearables und Smartphones werden bereits bei mobilen E-Health-Lösungen (M-Health) eingesetzt. Dieser Beitrag geht auf Chancen und Herausforderungen für solche Einsatzszenarien ein. Architekturen und Protokolle werden vorgestellt. Die praktische Umsetzung auf Basis einer offenen Plattform und Architektur wird am Beispiel einer Notfall-App auf einer Smartwatch demonstriert.

Keywords: Wearables, E-Health, M-Health, Ambient Assisted Living, Internet of Things, MQTT, REST, CoAP

1 Motivation

„In the postmobile world the focus shifts to the mobile user who is surrounded by a mesh of devices extending well beyond traditional mobile devices.“ so David W. Cearley, Vice President Gartner Research. In dieser „postmobilen“ Welt ist der Mensch von einem Netz von Smartwatches, Lifetracker und Wearables umgeben, die eine Vielzahl von Daten erfassen und den Nutzer auf unterschiedlichste Weise unterstützen sollen.

In der Gartner-Studie ([CWB15]) wird aufgrund des technischen Fortschritts in der Sensorik ein großes Potenzial für Gesundheitsanwendungen prognostiziert.

Die Digitalisierung wird im Gesundheitswesen bereits länger diskutiert. Durch die rasante Entwicklung von Wearables im Fitness Bereich - Stichwort Quantified Self - ergeben sich Chancen und Impulse für elektronische Anwendungen im Gesundheitsbereich. In Ländern wie den USA werden Wearables bereits für das Remote Monitoring von Patienten eingesetzt.

Die Digitalisierung des Gesundheitsbereichs umfasst im Wesentlichen „eHealth (also die Anwendungen elektronischer Geräte zur medizinischen Versorgung und Wahrnehmung anderer Aufgaben im Gesundheitswesen), mHealth (mobile eHealth-Lösungen) und Telemedizin (den professionellen Mediziner vorbehalten)“([GSMW16])

¹ Prof. Dr.-Ing. Diethelm Bienhaus, Technische Hochschule Mittelhessen, FB Mathematik,
Naturwissenschaften und Informatik, Wiesenstraße 14, 35390 Gießen, diethelm.bienhaus@mni.thm.de

Laut einer im Oktober 2015 von TNS Emnid durchgeführten Umfrage sind Dreiviertel der Menschen in Deutschland offen für Wearables und nutzen diese bereits oder befürworten die entsprechenden Technologien.

Wichtig für die Akzeptanz solcher Techniken ist ein spürbarer Verbrauchernutzen. Anstelle des schriftlichen Dokumentierens von Blutzuckerwerten oder anderen Blutwerten in Tagebüchern könnten die Daten über vernetzte mobile Geräte direkt an den Arzt übertragen werden. Solche Apps sind bereits seit einigen Jahren verfügbar. Beispielsweise sei hier die Telemetrieplattform „smart medication“ genannt. Diese Lösung unterstützt Patienten mit angeborener Hämophilie A und B, die weit entfernt vom betreuenden Hämophiliezentrum wohnen, bei der ärztlich kontrollierten Heimselbstbehandlung. Plattform und App wurden vom Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Marburg gemeinsam mit der IT-Firma Rosch & Associates, Frankfurt entwickelt (vgl. [Me13]).

„Durch neue Techniken der Selbstvermessung (Apps, Wearables) besteht das Potenzial für ein kontinuierliches, hochaufgelöstes Bild des Individuums, bei dem Überschreitungen von individuellen Grenzwerten frühzeitig, unabhängig von einem Arztbesuch, erkannt werden und präventiv Verhalten geädert werden kann.“ ([GSMW16])

Bei chronischen Patienten können mittels Wearables und Smartphone erhobene Daten zur Verbesserung von Therapie und Krankheitsverlauf beitragen ([AH16]). Diabetikern und Patienten mit Bluthochdruck können so digitale Logbücher der relevanten Werte auf bequeme Weise erstellen lassen. Auf Basis der Messwert-Historie ist es dann für den Arzt leichter, eine Therapie abzuleiten.

Ein anderes Modell verfolgen Krankenkassen, die teilweise Wearables kostenlos den Mitgliedern zur Verfügung stellen: Mit Rückzahlungen oder Boni sollen Kundenanreize für eine gesunde Lebensführung geschaffen werden. Hier stellen sich unmittelbar Fragen nach Datenschutz und Datensicherheit.

Ziel deutscher Datenschützer ist es, für den Markt der Gesundheits-Apps und Wearables einen besseren Datenschutz zu erreichen. Hierzu sind gesetzliche Rahmenbedingungen notwendig. In dem am 4. Dezember 2015 im Bundestag beschlossenen „Gesetz für sichere digitale Kommunikation und Anwendungen im Gesundheitswesen“ (E-Health-Gesetz) wird auf den Einsatz von Wearables eingegangen. Im sog. Patientenfach, einem Teil der Online-Anwendung der elektronischen Gesundheitskarte, sollen eigene Daten z.B. ein Patiententagebuch über Blutzuckermessungen oder Daten von Wearables und Fitnessarmbändern, abgelegt werden können. Bis Ende 2018 sollen die notwendigen Voraussetzungen dazu geschaffen werden.

1.1 Lokation und Zugriff auf die gesammelten Daten

Die Marktführer für Fitnesstracker setzen eine zwangsweise Anmeldung des Nutzers an die Cloud-Applikationen des jeweiligen Herstellers für eine Synchronisation und Auswertung der erfassten Daten voraus. Eine solche Synchronisation der Fitnessdaten aus dem Tracker ist praktisch. Vergleiche von Ergebnissen innerhalb einer Nutzergruppe mit dem Hintergrund einer durch die Gruppe verstärkter Motivation sind umgesetzt. Einen anderen Weg an die Daten zu gelangen als über die Cloud des Herstellers ist von diesen nicht gewünscht. Ohne Cloud können die Daten mittels der passenden App, die beim Hersteller mit einem persönlichen Profil zu registrieren ist, abgerufen werden.

Ein Hersteller ohne Datensammelwut ist Beurer, der eine App für seinen Fitnesstracker zur Verfügung stellt, die auch ohne Zwangsregistrierung genutzt werden kann. Um Daten aus Apps an eigene Applikationen weiterzuleiten ist eine aufwändige Eigenentwicklung notwendig. Die Geschäftsmodelle des Fitnessbereichs sind für den Einsatz solcher Geräte im M-Health Sektor hinderlich. Um Wearables hier einsetzen zu können sind offene Schnittstellen und Lösungen für die im folgenden genannten Herausforderungen notwendig.

1.2 Herausforderungen des Einsatzes von Wearables im E- und M-Health

Für den Einsatz von Wearables im Gesundheitsbereich ergeben sich Herausforderungen, wie sie im Fitnesskontext so nicht gegeben sind bzw. nicht als Herausforderung unmittelbar wahrgenommen werden.

Datenschutz und Datensicherheit

Was geschieht mit den erfassten Daten? Wo werden diese gespeichert? Wer hat darauf Zugriff? Diese Fragestellungen gehören zu den großen Problemen beim der Nutzung von Wearables insbesondere für M-Health Anwendungen. Viele Hersteller nutzen die erhobenen Daten auch für Werbezwecke. Versicherungen locken beispielsweise mit reduzierten Beiträgen bei einem "gesunden Lebenswandel", der durch die Wearables erfasst werden soll. Datenschutz und Datensicherheit sind bei Wearables ein blinder Fleck. Der Sicherheitsanbieter Kaspersky Lab konnte mit einer speziellen nicht autorisierten App eine Verbindung mit Fitness-Geräten verschiedener Anbieter herstellen und so an persönliche Daten gelangen.

Validität der Daten

Beim Erfassen von Vitaldaten mittels Wearables oder Smartphones zeigen sich relativ große Schwankungen. Es wird teilweise von einer Schwankungsbreite von bis zu 20% ausgegangen. Damit sind so erfasste Werte kaum für M-Health Aufgaben geeignet.

Interoperabilität und Standardisierung

Fitnessbänder benötigen ein weiteres Gerät, um die Daten an Applikationen, die mit wenigen Ausnahmen, in der Cloud des Herstellers ablaufen, weiterzuleiten. Als Gateway dient dabei meist ein Smartphone mit einer passenden App. Alternativ bieten Hersteller auch Anwendungen für PCs/Notebooks an, die die Daten des Bandes auslesen und an die Cloud-Anwendung übertragen. Problematisch ist dabei aus Datenschutzsicht, dass sich die Daten und Analysetools auf Cloud Servern der Hersteller befinden.

Diese bieten meist nur Web-Schnittstellen für die Daten in der Cloud an. Eine Offenlegung der API der Funkschnittstelle ist nicht gewünscht, wie der Autor aus eigenen Projekten erfahren musste ([K116]).

Neben der unzureichenden Interoperabilität ist die fehlende Standardisierung der Formate, in denen die erfassten Daten ausgegeben und dargestellt werden, eine wesentliche Hürde für den Einsatz im Gesundheitsbereich.

Standardisierte und offene Schnittstellen sind eine notwendige Eigenschaft von Wearables und Sensorgeräten für den Einsatz in M-Health Anwendungen. Dies steht allerdings im Widerspruch zu den Interessen der meisten Hersteller solcher Geräte. Eine Nutzung von solchen Geräten im M-Health Bereich ist daher aktuell noch als sehr problematisch einzustufen.

Vollständigkeit der Daten

Wearables wie Fitnessbänder oder Brustgurte erfassen vor allem Werte wie Puls- bzw. Herzfrequenz, Atemfrequenz, Beschleunigung, EKG-Daten, Sauerstoffsättigung oder Hauttemperatur. Daraus abgeleitet werden Werte wie die zurückgelegten Schritte, Schlafphasen und -dauer oder verbrannte Kalorien.

Diese Daten sind für die Bewertung von Fitness konzipiert. Für M-Health Anwendungen sind weitergehende Werte anzustreben wie z.B. die Blutzuckerkonzentration. Mittels solcher Daten könnte einer großen Anzahl von Betroffenen geholfen werden.

2 Architekturen und Protokolle für M-Health Anwendungen

2.1 RESTful Architekturen

Der Durchbruch des Internets kam mit der Entwicklung des Hypertext Transfer Protocols HTTP. Roy Fielding formalisierte die Prinzipien dieses Protokolls und stellte in seiner Dissertation [Fi00] den *Representational State Transfer* (REST) als Protokoll-Stil vor. RESTful Systeme sind leichtgewichtig und Ressourcen orientiert.

Als Gegensatz dazu können Service orientierte Architekturen angesehen werden. Bei diesen nutzen Clients Services von Dienste anbietenden Servern. Mechanismen zum

Auffinden und Beschreiben der Services gehören ebenso wie spezielle Protokolle (SOAP) zu diesem Ansatz. Die Kommunikation erfolgt in Sessions und Server müssen den Session State verwalten.

Für M-Health Anwendungen ist der schwergewichtige SOA-Ansatz weniger geeignet. RESTful Architekturen bieten hingegen folgende Vorteile:

- **Skalierbarkeit und Einfachheit:** Der Zugriff auf Daten folgt der Hierarchie eines Ressourcenbaums.
- **Leichtgewichtige Elemente und menschenlesbare Ergebnisse:** Im Gegensatz zu entfernten Prozeduraufrufen mit verbundenem Kommunikationsoverhead für Aufruf und Rückgabe sind lediglich wenige Methoden (GET, PUT, ...) für die Abfrage einer Ressource notwendig. Das Ergebnis kann dann im XML-Format zurückgegeben werden, so dass es menschenlesbar und maschinell bearbeitbar ist.
- **Lose Kopplung und Resilienz:** Client und Server sind nur lose gekoppelt. Client-Code ist nicht von einer spezifischen Aufrufsyntax und dem Aufrechterhalten der Verbindung abhängig. Da kein gemeinsamer Zustand vorhanden ist, kann nach einem Ausfall und Neustart sowohl von Client als auch von Server weiter kommuniziert werden.

2.2 IoT-Protokolle für M-Health Anwendungen

Für das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) sind einige auf die Anforderungen von kleinen Prozessoren mit geringerer Rechenleistung und verfügbarem Speicher angepasste Protokolle verfügbar. Weite Verbreitung finden im IoT die Protokolle *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT, vgl. u.a.: [Ed14]) und *Constrained Application Protocol* (CoAP, vgl. u.a.: [Wa15]). Sie sind aufgrund kleiner Nachrichtengrößen, einfacher Nachrichtenverwaltung und geringem Protokollballast besonders für die Kommunikation von Internet-basierten, ressourcenreichen Geräten mit ressourcenbeschränkten Geräten geeignet.

Bei beiden Protokollen ist die Anwendungsschicht reduziert. Es kommen einfache Zuverlässigkeitsstrategien zum Einsatz. Ziels ist es, einfache Rohdaten wie Messwerte an ressourcenreichere Geräte zu übertragen, die dann die Nachbearbeitung und Auswertung übernehmen.

MQTT folgt einem REST-Ansatz und nutzt TCP/IP als Transportschicht. Die Kommunikation folgt dem Publisher-Subscriber-Muster (vgl.: [Ga95]).

CoAP basiert ebenfalls auf einer REST-Architektur. Als Transportschicht kommt UDP zum Einsatz. IP Multicast kann für eine Gruppenkommunikation eingesetzt werden. Die Interaktion selbst folgt dem Client/Server Muster. Designziel bei CoAP war es, den Nachrichten-Overhead im Vergleich zu HTTP zu minimieren.

Beide Protokolle bieten sich für M-Health Applikationen an, bei denen relativ ressourcenschwache Geräte zur Erfassung von Vitaldaten und Umweltzuständen zum Einsatz kommen.

Abbildung 1 illustriert die unterschiedlichen Kommunikationsformen bei CoAP und MQTT.

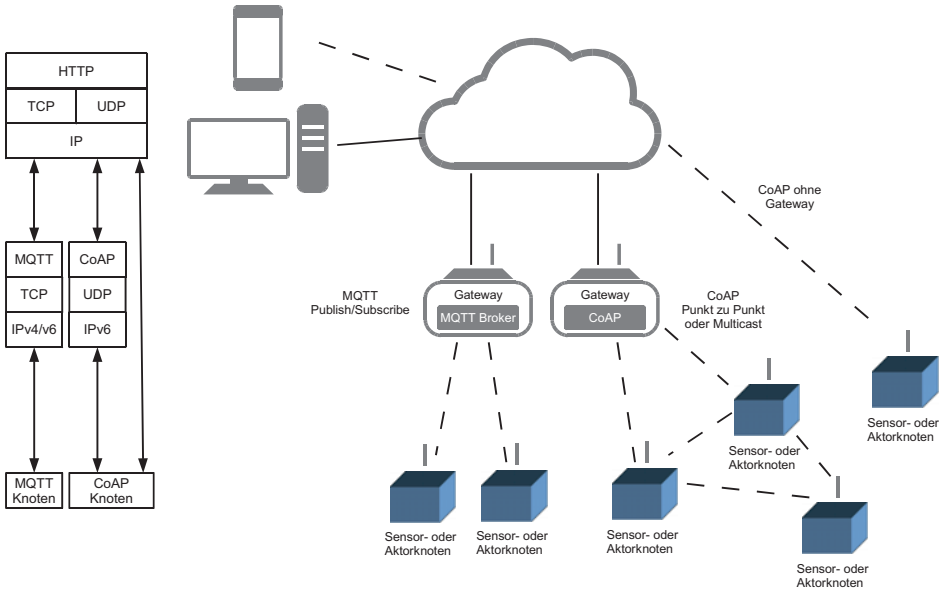


Abb. 1: Kommunikationsformen bei MQTT und CoAP

2.3 Funkstandards

Wesentliche Standards für die drahtlose Verbindung von Sensorknoten und eingebetteten Systemen sind 6LoWPAN (802.15.4) und Bluetooth insbesondere Bluetooth LE (802.15.1). Die Arbeitsgruppe IEEE 802.15 spezifiziert Wireless Personal Area Networks (WPAN). Wi-Fi selbst ist im Standard 802.11 festgelegt. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht dieser Funkstandards im Vergleich zu 802.2 Ethernet. Viele weitere Standards wie ANT+, Zigbee oder Z-Wave existieren, werden hier jedoch aus Platzgründen nicht weiter betrachtet.

	802.15.4 6LoWPAN	802.15.1 Bluetooth	802.11 Wi-Fi	802.3 Ethernet
Klasse	WPAN	WPAN	WLAN	LAN
Batterie- lebensdauer	Jahre	ca. 1 Woche	< 5 Tage	—
Netzwerkgröße (Hops)	65k	7	30	1024
Bandbreite	250Kbps	>1Mbps	>11-100 Mbps	>100 Mbps
Reichweite	1 – 75 m	10 m	100 m	—
Ziele	geringer Energie- verbrauch, Skalierbarkeit, geringe Kosten	kabellose Anbindung von portablen Geräten	Durchsatz, Ersatz für drahtgebundene Netzwerke	Durchsatz

Tab. 1: Vergleich Funkstandards

Tabelle 1 listet wichtige Kenngrößen der Funkstandards auf - Ethernet ist hierbei als Vergleichsgröße mit aufgeführt. Aus Gründen des geringen Energiebedarfs verwenden Wearables meist WPAN Funkstandards. Für M-Health Anwendungen kommt darüber hinaus bei Indoor-Szenarien auch Wi-Fi in Frage. Bei fehlendem Netzwerk können leistungsfähigere Geräte über GSM kommunizieren.

2.4 Kommunikationsmodelle für M-Health

Aus den dargelegten technischen Grundlagen lassen sich prinzipielle Kommunikationsmodelle für M-Health-Szenarien unter Verwendung von Fitnesstracker, Smartwatches, Smartphones und selbst entwickelten Sensorknoten ableiten. Abbildung 2 zeigt die diversen Kommunikationswege von der Erfassung bis zur Auswertung auf lokalen Servern oder in der Cloud.



Abb. 2: Kommunikationsmodelle für M-Health Anwendungen

3 Anwendungsbeispiel

In den Studiengängen Informatik und Ingenieur-Informatik am Fachbereich Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der THM werden die Module *Kommunikation in eingebetteten Systemen* (Vorlesung und Praktikum) und *Intelligente Umgebungen und Assistenzsysteme* angeboten.

Um Studierende hier an Einsatzmöglichkeiten von Wearables im M-Health Kontext heranzuführen, wurde eine offene Beispielimplementierung entwickelt ([Eb16]). Ziel war es, eine leichtgewichtige und leicht erlernbare Basis für AAL-Anwendungsfälle zu schaffen, die eine einfache Integration verschiedener Hardware wie Sensorknoten oder Smartwatches ermöglicht. Um Daten solcher Geräte zu übertragen, wurde MQTT als Protokoll ausgewählt. Für komplexere Systemfunktionen stehen REST-Schnittstellen zur Verfügung.

Ausgangspunkt ist ein Szenario, bei dem benutzerbezogene Daten mittels Smartwatch und umgebungsbezogene Daten aus der Wohnung über ein Hausautomationssystem erfasst werden.

Für die Auswertung der Daten und Ereignisse sollen Applikationen bereitgestellt werden können, die beispielsweise bei potenziellen Gefahrensituationen wie einem Sturz oder extremen Vitalwerten eine Alarmkette bis hin zum Hausnotruf auslösen können.

Die Systemarchitektur ist modular aufgebaut und unterscheidet system- und nutzerbezogene Funktionsbereiche. Es wurden folgende vier Modulfelder gewählt:

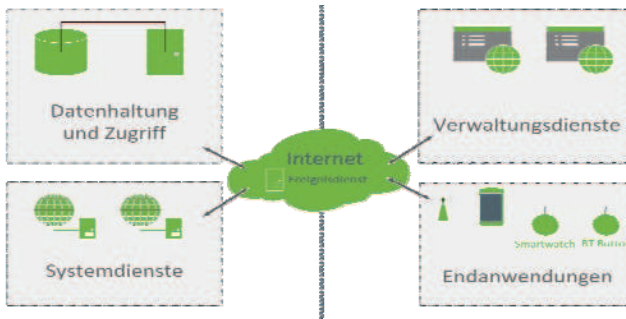


Abb. 3: Modulfelder der generischen Plattform

Zum Bereich *Datenhaltung und Zugriff* gehört beispielsweise das Management von Datenbanken, Objekt-Relationales Mapping und REST-Schnittstellen. *Systemdienste* stellen Basisfunktionen wie z.B. eine Ereignisverarbeitung bereit. Zu den *Verwaltungsdiensten* gehören vor allem die Benutzerverwaltung und die Konfiguration der Ereignisverarbeitung. Verwaltungsdienste greifen auf die systemnahen Dienste zurück.

Endanwendungen sind die Schnittstelle des Nutzers mit dem System. Vielfältige Geräte können hier über MQTT leicht eingebunden werden. Exemplarisch wird dies am Beispiel einer Smartwatch – konkret der Urban von LG – erläutert. Für die Smartwatch wurde eine App entwickelt, die Erinnerungs- und Alarmfunktionen implementiert. Die App ist als Uhren-Face immer im Vordergrund. Die Funktionalität und Bedienoberfläche wurde bewusst einfach gehalten, sodass auch ältere oder eingeschränkte Nutzer diese bedienen können.

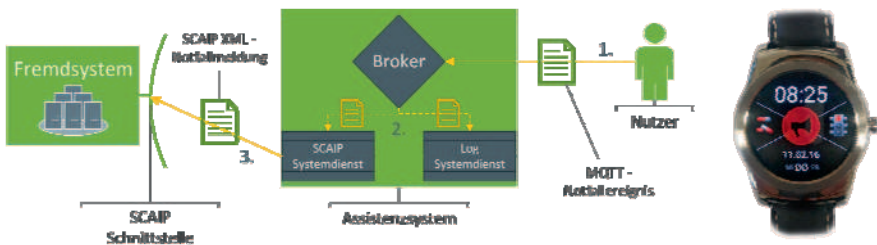


Abb. 4: Kommunikationsstruktur der Notfallmeldung (links) und Smartwatch (rechts)

Geplant war, einen von der Smartwatch ausgelösten Alarm über das System und hinterlegte Regeln an einen Hausnotruf weiterzuleiten. Für die Anbindung an den Hausnotruf existiert eine Reihe von herstellerspezifischen proprietären Protokollen. Ein Ansatz hin zu einer Standardisierung im Bereich des Hausnotrufs wurde vom Swedish Standards Institute SIS unterbreitet. Das SIS hat mit dem "Social Care Alarm Internet Protocol" SCAIP [SIS14] einen offenen Standard verabschiedet, der eine XML-Struktur definiert. SCAIP ist IP-basiert und so ausgelegt, dass "social care service chains" aus verschiedenen Services vom Pflegeerbringer bis zum Notruf realisiert werden können.

In die entwickelte Plattform lässt sich SCAIP als ein Modul leicht integrieren. Eine praktische Erprobung scheiterte leider an organisatorischen Randbedingungen eines konkreten Hausnotrufanbieters. Realisiert wurde alternativ die Anbindung an ein Gebäudeautomationssystem, über das dann ein Hausnotrufendgerät geschaltet wurde. Das verwendete Gebäudeautomationssystem verbindet sich über das EnOcean-Funkprotokoll mit diversen energieautarken Sensoren oder Aktoren. Parallel zum Schalten des Notrufs erfolgt eine Anzeige des Ortes und der Alarmmeldung in einer Browser-Anwendung auf einer digitalen Landkarte (Abb. 5).

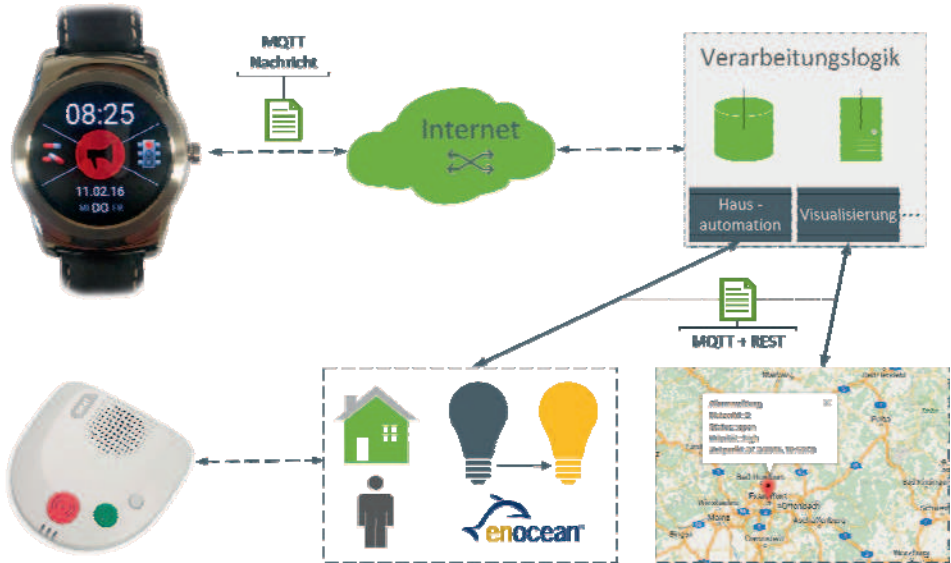


Abb. 5: Von der App zum Hausnotruf und zur Visualisierung

4 Handlungsfelder

Aus dem ersten Prototypen auf Basis der Umgebung und aus den Ergebnissen des Projektes „Gesund, sicher und mobil mit Technik und Serviceerbringung. Prävention - Telecare - Digital Health (GSMTS)“ (vgl.: [K116]) lassen sich einige Handlungsfelder ableiten.

Für den Einsatz von Wearables im Gesundheits- und Assistenzumfeld sind einige technische Voraussetzungen insbesondere offene Geräteschnittstellen notwendig.

Bedienkonzepte und Benutzungsoberflächen von Geräten für den Fitnessbereich lassen sich nicht ohne weiteres für Anwendergruppen mit körperlichen oder kognitiven Einschränkungen oder weniger technikaffine Nutzer übertragen. Hier sind Nutzerzentrierte Designmethoden notwendig. In [NSG13] werden Vorgehensweisen und Methoden aus User Experience (UX) Designansätzen hinsichtlich des Einsatzes speziell für den AAL Bereich untersucht.

Mittels UX Designmethoden wie *Storyboards*, *Paper Prototyping*, *Value Design Method* und *Personas* (vgl. u.a. [Ma16], [Wi08]) könnten vielversprechende Designlösungen für Anwendungen im Gesundheits- und Assistenzumfeld entstehen. Personas beschreiben archetypische Nutzer oder Stakeholder durch spezifische Charakteristika und persönliche Rahmenbedingungen wie Lifestyle, Bildungsstand, Einkommen oder Technikaffinität.

5 Ausblick

Das Angebot an Wearables ist in den letzten Jahren extrem gewachsen. Um solche Geräte für M-Health Anwendungen einsetzen zu können, sind wie hier übersichtsartig dargelegt noch einige Rahmenbedingungen zu erfüllen.

Doch was kommt nach den Wearables? Entwicklungen gehen dahin nach den auf der Haut getragenen 'Geräten als nächstes diese physische Grenze zu überwinden und „unter die Haut“ zu gehen. Implantables könnten der nächste Schritt der digitalen Revolution im Healthcare-Sektor werden.

Chronische Erkrankungen könnten automatisch überwacht werden und Fitnessdaten lassen sich *in vivo* wesentlich präziser erfassen. Über das reine Messen hinaus könnten Implantables einzelne Organ- und Regulationsfunktionen übernehmen. Implantables kommunizieren mit dem Träger, seiner Umwelt und dem Arzt - als Mensch oder KI-Programm.

Eine "Schöne neue Welt" zeigt sich am Horizont - ein verantwortungsbewusster Umgang mit dem technisch Möglichen ist umso mehr gefordert.

Literaturverzeichnis

- [AH16] Andelfinger, Volker P.; Hanisch, Till, Hrsg. eHealth - Wie Smartphones, Apps und Wearables die Gesundheitsversorgung verändern werden. Springer Gabler, 2016.
- [CWB15] Cearley, David W.; Walker, Mike J.; Burke, Brian: Top 10 Strategic Technology Trends for 2016: At a Glance. Bericht, October 2015. URL: https://www.it-systems.de/news-media/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2016-at-a-glance/14061841/blobBinary/gartner_top10.pdf (Abruf Juni 2016).
- [Eb16] Ebner, A.: Entwurf und Entwicklung eines modularen Assistenzsystems im AAL Kontext, Thesis, Technische Hochschule Mittelhessen, FB MNI, 2016
- [Ed14] Edler, K.; Götz, C.; Pirchner, F.; Obermaier, D.: MQTT im IoT: Einstieg in die M2M-Kommunikation. shortcuts. entwickler.Press, 2014.
- [Fi00] Fielding, Roy Thomas: Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Dissertation, 2000. AAI9980887.
- [Ga95] Gamma, Erich; Helm, Richard; Johnson, Ralph; Vlissides, John: Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1995.
- [GSMW16] Gigerenzer, Gerd; Schlegel-Matthies, Kirsten; Wagner, Gert G.: Digitale Welt und Gesundheit. eHealth und mHealth - Chancen und Risiken der Digitalisierung im Gesundheitsbereich. Sachverständigenrat für Verbraucherfragen beim Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016.
- [K116] Klein, B.; Reutzel, S.; Roßberg, H.; Bienhaus, D.; Lutze, R.; Hofmann, J.; Dallwitz, D.; Sütö, S.; Heinrich, H.; Donath, M.: Anbindung von Hausautomation und Wearables: Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit. In: Zukunft Lebensraume Kongress 2016. 2016.
- [Ma16] Markopoulos, Panos; Martens, Jean-Bernard; Malins, Julian; Coninx, Karin; Liapis, Aggelos, Hrsg. Collaboration in Creative Design - Methods and Tools. Springer International Publishing Switzerland, 2016.
- [Me13] Meier: Plattform für Hämophilie-Patienten. Deutsches Ärzteblatt, 110(47), 2013.
- [NSG13] Nedopil, Christoph; Schaubert, Cornelia; Glende, Sebastian: The art and Joy of user integration in AAL projects. Ambient Assisted Living Association, 3, Rue de Luxembourg 1000 Brussels, Dec. 2013.
- [SIS14] SIS Swedish Standards Institute. Digital Social Alarm - Social Care Alarm Internet Protocol (SCAIP) - SS91100:2014, 2014.
- [Wa15] Waher, P.: Learning Internet of Things. Community experience distilled. Packt Publishing, 2015.
- [Wi08] Witt, Hendrik: User Interfaces for Wearable Computers - Development and Evaluation. Vieweg+Teubner, 2008.