

MATRIX-Middleware für die Realisierung Internet-basierter telemedizinischer Dienste

MATRIX-Middleware for realizing Internet-based telemedical services

Baback Parandian ^a, Karl Dewitz ^a, Martin Schultz ^a, Christine Carius-Düssel ^a,
Sian Lun Lau ^b, Immanuel König ^b, Klaus David ^b,
Michael Maaser ^c and Steffen Ortmann ^c

^a *Telemedicincentrum Charité (TMCC), Charité – Universitätsmedizin Berlin*

^b *Lehrstuhl Kommunikationstechnik, Fachbereich Elektrotechnik/Informatik,
Universität Kassel*

^c *Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)*

Zusammenfassung. Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts MATRIX ist die Entwicklung einer offenen, auf Standards (z. B. ISO/IEEE 11073) basierenden, generischen Telemedizinplattform für die Entwicklung und Implementierung neuer kontextsensitiver Telemedizinanwendungen. Die Telemedizinplattform verbindet konventionelle Kooperationsdomänen (z. B. Telemedizinzentrum (TMZ), Kliniken, Medizinisches Versorgungszentrum (MVZ), Arztpraxen, Geräte und Sensoren) über eine Middleware und stellt medizinische und nicht-medizinische Basisdienste für die Integration und Komposition neuer medizinischer Dienste und Anwendungen bereit. Die Anbindung der medizinischen Geräte und Sensoren und das Übertragen von Messdaten im Zusammenhang mit telemedizinischen Untersuchungen wird über eine Geräte- und Sensormiddleware vorgenommen, die das Bluetooth Health Device Profile (HDP), JSR-256 Mobile Sensor API und ISO/IEEE 11073 unterstützt. Das Steuern und Austauschen von Audio- und Videoinformationen wird über eine auf den Netzwerkprotokollen Session Initiation Protocol (SIP) und Real-Time Transport Protocol (RTP) basierende Middleware umgesetzt. Anforderungen an Telemedizinanwendungen, z. B. der synchrone Austausch von Daten (Audio, Video, Text) im Rahmen einer Telemedizinuntersuchung, werden in einer Telemedicine Level 7 - Publicly Available Specification (TM7-PAS) beschrieben. Einen zusätzlichen Schwerpunkt bildet die Ergänzung bestehender telemedizinischer Dienste (z. B. punktuelle Blutdruckmessung) um Kontextinformationen (z. B. „Patient steigt Treppen“, „Patient befindet sich in Ruhe“) für die Komposition neuer telemedizinischer Dienste (z. B. komplexes Blutdruckmonitoring). Die Kontextinformationen werden mit Hilfe von Kontextklassifikatoren erkannt und zusammen mit den, durch Geräte (z. B. Blutdruck- und Pulsmessgeräte) und Sensoren (z. B. Positions-, Beschleunigungs- und Lokalisierungssensoren) aufgenommenen und berechneten, Messdaten ausgewertet. Dem Prinzip der informationellen Selbstbestimmung in der medizinischen Versorgung folgt man im Projekt durch den Einsatz einer patientengeführten Gesundheitsakte und eines Gesundheitsportals für den Austausch von Informationen zwischen Patienten, Angehörigen und Dritten. Die MATRIX-Middleware wird in einem Funktionsdemonstrator zur telemedizini-

schen Notfallversorgung und zum Telemonitoring für chronisch kranke Patienten implementiert und im Rahmen einer Pilotstudie im TMZ der Charité (TMCC) untersucht.

Schlüsselwörter. Telemedizin - Middleware - Bluetooth - Bluetooth Health Device Profile (HDP) - JSR-256 Mobile Sensor API - ISO/IEEE 11073 - SIP - RTP - TM7 - Kontextsensitivität - Telemonitoring - Notfallversorgung

Abstract. The project MATRIX, funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), develops an open and generic telemedical platform, using standards (e.g., ISO/IEEE 11073) for developing and establishing new context-sensitive telemedical applications. The telemedicine platform combines conventional cooperation domains (e.g., Telemedical Service Centers (TMSC), hospitals, Medical Care Centers (MCC), physician's offices, devices and sensors) using a middleware platform. It enables the composition of new medical services and applications by integration of medical and conventional services. The device-and-sensor- middleware enables the connection of medical devices and sensors as well as the data transmission from medical examinations. This middleware supports Bluetooth, HDP, JSR-256 -Mobile -Sensor API and ISO/IEEE IEEE 11073. Control and exchange of audio- and video data are performed by a communication-middleware that supports both Session Initiation Protocol (SIP) and Real-Time Transport Protocol (RTP). Special requirements for telemedical applications as for example synchronized data exchange (audio, video and text) in a medical examination context will be published in a Telemedicine Level 7 - Publicly Available Specification (TM7-PAS). New telemedical services will be created by extending existing telemedical services such as blood pressure measurement to context information (e.g., "patient is climbing stairs", "patient is resting"). Context information will be detected by using context classifiers. This information is calculated and recorded jointly with data measured by devices (e.g., blood pressure and pulse device) and sensors (e.g., position, acceleration and localization sensors). The approach of self-determination in medical care will be achieved through a self-managed personal health record and an internet-based health care network where patients can exchange information with their family, community members or approved third parties. In a pilot study conducted at the "Telemedizinzentrum Charité (TMCC)", the MATRIX-middleware will be evaluated for two scenarios, which are implemented in a function demonstrator. The demonstrator represents telemedical applications for emergency care on an aircraft and telemonitoring for chronically ill patients.

Keywords. Telemedicine - Middleware - Bluetooth - Bluetooth Health Device Profile (HDP) - JSR-256 Mobile Sensor API - ISO/IEEE 11073 - SIP - RTP - TM7 - Context-awareness - Telemonitoring - Emergency care

Einleitung

Telemedizin ist ein Teilgebiet der Medizin und beschäftigt sich mit der medizinischen Diagnostik, Therapie und Überwachung (Monitoren) von Patienten mit Hilfe von Telemedizinanwendungen auf Basis von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Der Einsatz von Telemedizin bietet Vorteile hinsichtlich der akuten Notfallversorgung von Patienten (z. B. nach Schlaganfall), wo aufgrund der Entfernung (ländlicher Raum, an Bord von Flugzeugen oder Schiffen) zur nächsten Fachklinik (Stroke Unit oder Klinik) Patienten keine fachgerechte ärztliche Versorgung erhalten können, diese jedoch in einem vorgegebenen Diagnostik- und Therapiefenster erfolgen sollte (siehe Tabelle 1). Telemedizin ermöglicht es chronisch kranken Patienten (z. B. Patien-

ten mit chronischer Herzinsuffizienz), die eine kontinuierliche und intensive Versorgung benötigen, an Disease-Management-Programmen (DMP) teilzunehmen. Der Nutzen von Telemedizin in der medizinischen Versorgung von Patienten wurde bereits für verschiedene medizinische Indikationen, z. B. der Notfallversorgung von Schlaganfallpatienten [1] und das Telemonitoring von Patienten mit Herzinsuffizienz [2], nachgewiesen. Eine Telemedizinplattform (TMP) könnte oben genannte, bereits etablierte telemedizinische Anwendungen integrieren und gemeinsam zur Verfügung stellen, so dass Patienten ein Telemonitoring und falls erforderlich eine Notfallversorgung erhalten können. Der Einstieg zur Telemedizin kann durch die Routinebenutzung einer Telemedizinplattform erleichtert werden, so dass Praxisärzte über bestehende Infrastrukturen an der telemedizinischen Versorgung teilnehmen können. Zudem erlaubt sie Patienten ihre Gesundheitsdaten selbstständig und strukturiert zu pflegen und sie im Falle notwendiger Behandlungen an ein TMZ oder eine Klinik zu übermitteln.

Tabelle 1. Diagnostik- und Therapiefenster bei der notfallmedizinischen Versorgung [16].

Notfall	Beschreibung
ST-Hebungsinfarkt (STEMI)	90 Minuten bis zur Perkutanen Koronaren Intervention (PCI)
Schlaganfall	90 Minuten bis zur Lyse-Entscheidung und 120 Minuten bis zur Lyse.
Schädel-Hirn-Trauma (SHT)	60 Minuten bis zur Computertomographie (CT) und 90 Minuten bis zum OP-Beginn

1. Hintergrund

1.1. Notfallversorgung und Telemedizin

In aktuellen Forschungsprojekten am Telemedizinzentrum Charité (TMCC) werden verschiedene Ansätze für die Einbindung von Telemedizin in die Notfallversorgung untersucht. Im Forschungsprojekt SmartSenior¹ beispielsweise wird die initiale medizinische Notfallversorgung über die Einrichtung eines zentralen Notfallmanagements sowohl für Notfallsituationen im mobilen als auch im häuslichen Bereich umgesetzt. Diese zentrale Instanz bindet in der Phase der Laienhilfe regionale Rettungsleitstellen, TMZ und weitere medizinische Dienstleister (z. B. Hausnotrufdienste) ein. Die auf einer automatischen Notfallerkennung bzw. auf dem Notruf basierende Disposition der Rettungsmittel sowie die Stellung der Notarztindikation erfolgen im Unterschied zum derzeit üblichen Verfahren nicht nur auf Grundlage eines Indikationskatalogs, sondern berücksichtigt zusätzliche Hintergrundinformationen, die im TMZ vorliegen. Diese können u. a. sein: Stammdaten, Anamnese, Arztbriefe, Befunde, Anforderungen, Untersuchungen und Medikamentenverordnungen aus einer elektronischen Patienten- und Fallakte (ePFA) sowie aktuelle Vitalparameter, die vor Ort von medizinischen Endgeräten (z. B. Vitaldatenmonitor) erhoben und an das TMZ übermittelt werden, wie z. B. 12-Kanal-EKG, Blutdruck (BD), Herzfrequenz (HF), Puls (P), Temperatur (Temp) und

¹ <http://www.smart-senior.de>

Sauerstoffsättigung (SpO₂). Eine Befundung der Vitaldaten erfolgt durch den Arzt im TMZ, so dass eine Verdachtsdiagnose (z. B. ST-Hebungsinfarkt) bereits initial am Notfallort gestellt, der Transport seitens des Rettungsdienstes disponiert und der klinische Versorgungsprozess (z. B. PCI-Intervention) vorbereitet werden kann [3].

Ein weiterer Ansatz, der sowohl im SmartSenior- als auch im ALARM-Projekt² untersucht wird, ist die Einbindung von Telemedizin in die professionelle präklinische Notfallversorgung vor Ort bzw. am Behandlungsplatz. Fachärzte aus dem TMZ und der Klinik werden mittels telemedizinischer Anwendungen in die Prozesse eingebunden. Sie unterstützen Notärzte, Rettungsassistenten (RA) und weitere Rettungskräfte sowohl bei der medizinischen Versorgung von Notfallpatienten als auch beim Transport und Überleitung in die Klinik. Eine Erstintervention, wie z. B. eine Lysetherapie, kann nach Sicherung der Verdachtsdiagnose (z. B. Herzinfarkt) durch Ärzte am Notfallort und im TMZ erfolgen. Ein vergleichbarer Ansatz wurde bei der Notfallversorgung von Schlaganfallpatienten umgesetzt. Das schnelle Heranführen von fachärztlicher Kompetenz an den Notfallort über Telemedizin, ermöglicht bei einem engen Diagnostik- und Therapiefenster von 90 bzw. 180 Minuten die frühzeitige Intervention und bietet somit Vorteile im Vergleich zum konventionellen Vorgehen [5].

1.2. Notfallversorgung an Bord von Flugzeugen

Die Anzahl der medizinischen Notfälle an Bord von Flugzeugen hat in den letzten Jahren zugenommen. Die Anzahl der medizinischen Zwischenfälle und Erkrankungshäufigkeiten für das Jahr 2002 sind in Tabelle 2 bzw.

Auswertungen von Flight Reports der Deutschen Lufthansa AG haben ergeben, dass in 90 Prozent der Zwischenfälle ein Arzt oder eine medizinische Fachkraft an Bord war [5].

Tabelle 3 abgebildet [5]. Mögliche Gründe hierfür sind das erhöhte Passagieraufkommen durch fallende Flugpreise und eine höhere Transportkapazität der modernen Flugzeuge, so z. B. mit dem Airbus A380 mit über 500 Sitzplätzen. Die demographische Entwicklung der Bevölkerung führt dazu, dass immer mehr ältere Passagiere fliegen. Aufgrund der Umgebungsbedingungen im Flugzeug (Atmosphäre, Temperatur, räumliche Situation) geht dies mit einer körperlichen Mehrbelastung einher, die dekompenziert zu einem medizinischen Notfall führen kann.

Tabelle 2. Anzahl medizinischer Zwischenfälle bei der Deutschen Lufthansa AG

Zwischenfälle	2002
Gesamt	1.670
Todesfälle	6
Zwischenlandungen	37

Auswertungen von Flight Reports der Deutschen Lufthansa AG haben ergeben, dass in 90 Prozent der Zwischenfälle ein Arzt oder eine medizinische Fachkraft an Bord war [5].

² <http://www.alarm-projekt.de>

Tabelle 3. Erkrankungen auf Flügen der Deutschen Lufthansa AG

Erkrankungen	2002
Kreislaufkollaps	906
Magen-Darm-Beschwerden	150
Schmerzzustände	65
Herzbeschwerden	64
Psychische Probleme (Flugangst)	73

Viele Fluggesellschaften verfügen über automatisierte externe Defibrillatoren (AED³) an Bord, die zum Teil nur auf Langstreckenflügen, bei einigen Gesellschaften jedoch in jedem Flugzeug vorgehalten werden. Für den Notfall an Bord sind die Flugzeuge der meisten Luftfahrtunternehmen mit medizinischem Equipment in fest installierten Koffern ausgestattet. Die Lufthansa besitzt drei verschiedene Koffer an Bord (Stewardess-Kit, Cabin-Attendant Medical Kit und Doctor's Kit), die Beatmungsutensilien, Infusionsbesteck, Verbandsmaterialien, Untersuchungsinstrumente, Schutzmittel und Medikamente enthalten. Eine Übertragung von EKG-Daten (3-Kanal), Vitaldaten (HF, BD, SpO₂, Kapnometrie, Temp) und Videodaten konnte bereits im Jahre 2000 mit Hilfe eines Mobiltelefons und einer Verzögerung von 1 Sekunde demonstriert werden [6]. Für die Anwendung im Flugzeug existieren aktuell moderne Breitband-Internetverbindungen, z. B. FlyNet⁴ bei der Deutschen Lufthansa AG, die die schnelle und sichere Übertragung von Audio-, Video- und Textdaten über WLAN und Internet ermöglichen. Nach heutigem Stand der Technik können im Notfall Herz- und Kreislauffunktion mit Hilfe spezieller Patientenmonitore überwacht und an ein TMZ zur Mitbehandlung über eine drahtlose Funkstrecke (WLAN, Bluetooth und Satelliten-Internet) weitergeleitet werden. Für die Notfallbehandlung im Flugzeug existieren hier derzeit verschiedene Kompaktsysteme, wie beispielsweise TCS⁵, VitalLink⁶, Tempus IC⁷, die von Laienhelfern (zumeist Flugbegleitern) angewendet oder professionelle Vitaldatenmonitore, wie z. B. corpuls⁸ und LIFEPAK®15⁹, die von Notfallmedizinern, Rettungsassistenten und -sanitätern eingesetzt werden. Die Kompaktsysteme übertragen EKG-Daten (bis zu 12 Kanäle), BD, HF, Puls, SpO₂, Kapnometrie und Temperatur. Sie verfügen über Kommunikationsschnittstellen (Bluetooth, WLAN) für die Übertragung von Audio-, Video¹⁰- und Textdaten. Eine Unterstützung der Notfallversorgung mit Patientendaten aus einer Patientenakte wird in [7] empfohlen. Weitere Behandlungsdaten ergeben sich aufgrund der Flughöhe, da die medizinische Notfallversorgung an Bord unter besonderen Bedingungen erfolgt. Der mit Annäherung auf Reiseflughöhe abnehmende Kabinendruck führt zum Absinken des Sauerstoffpartialdrucks

³ AED – Automatisierter Externer Defibrillator

⁴ <http://konzern.lufthansa.com/themen/flynet.html>

⁵ http://www.ghc-tech.de/ghc_1_1.htm

⁶ <http://www.telemedicsystems.com/index.php?id=9>

⁷ http://www.rdtltd.com/index.php?id=5&parent_id=1

⁸ <http://www.corpuls.com/de/corpuls3.html>

⁹ <http://www.physio-control.com/ProductDetail.aspx?id=1668>

¹⁰ Audio- und Videodaten nur bei TCS, VitalLink, Tempus IC

(pO₂) und zur Volumenexpansion. Patienten mit grenzwertiger Gewebeoxygenierung können allein aufgrund der Flughöhe respiratorisch dekompensieren. Der Kontext Flughöhe muss deshalb bei der Notfallversorgung im TMZ aufgenommen und in die Therapieplanung mit einbezogen werden. Die Indikation für die Sauerstoffgabe sollte diesen Aspekt berücksichtigen und gegebenenfalls großzügiger gestellt werden. Weitere Größen (z. B. Kabinentemperatur und Atmosphäre) sollten zudem mit in die Diagnostik und Therapieplanung einbezogen werden. Eine wesentliche Anforderung an die Notfallversorgung im Flugzeug ergibt sich daher aus der besonderen Situation und fordert die optimale Verknüpfung aller verfügbaren Ressourcen, Patienten- und Kontextdaten, um Ersthelfern (Ärzte, Pflege- und Rettungsdienstpersonal, Kabinenpersonal, Passagiere) eine bedarfsgerechte Hilfestellung durch Ärzte aus dem TMZ bzw. der Klinik anbieten zu können.

1.3. Telemonitoring von Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz

Die chronische Herzinsuffizienz (CHI) ist eine der häufigsten Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems in Westeuropa und Nordamerika. Die Prävalenz liegt in Deutschland bei 1,7 Prozent und die Inzidenz bei 0,2 Prozent. Prävalenz und Inzidenz sind altersabhängig und steigen mit zunehmendem Alter an. Die Prävalenz liegt bei den über 80-jährigen bei 10 Prozent. CHI-Patienten haben eine hohe Morbidität und Mortalität. Die Prognose ist schlecht. Bis zu 40 Prozent der Patienten sterben im ersten Jahr nach Diagnosestellung. Bis zu 80 Prozent der männlichen und 70 Prozent der weiblichen Patienten, die vor dem 65. Lebensjahr erkranken, sterben innerhalb von 8 Jahren. Im Laufe der Erkrankung führen die Kosten kardialer Dekompensationen und anschließender stationärer Aufnahmen zu hohen Gesamtausgaben. Ihr Anteil beträgt ca. zwei Prozent der gesamten Gesundheitsausgaben in Deutschland [8, 9, 12, 13]. Für die Versorgung von CHI-Patienten werden Leitlinien¹¹ auf Grundlage von Studienergebnissen und Erfahrungen entworfen und von den Gesetzlichen Krankenversicherungen in DMP implementiert. Ein Therapiebaustein, neben der medikamentösen Therapie, ist die Teilnahme an Trainings- und Bewegungsprogrammen. Ein weiterer Baustein ist die Bestimmung des Therapieerfolges durch ein regelmäßiges Monitoring (Volumen-, Herz- und Medikamenteneinnahmestatus). In MATRIX wollen wir das Telemonitoring durch das Erkennen von Kontextinformationen w. z. B. Patientenaktivitäten unterstützen. Aktivitätsinformationen (z. B. „Patient steigt Treppen“ oder „Patient befindet sich in Ruhe“) lassen Rückschlüsse auf den Patientenzustand zu. Sie lassen sich aber auch für das automatische Erstellen von Untersuchungsprotokollen (z. B. Blutdruckprotokoll) nutzen. Ärzte können wiederum, diese um Aktivitätsinformationen ergänzten Protokolle für die Befundung von Untersuchungen verwenden. Telemedizin kann hier durch den Einsatz von Telemonitoring-Anwendungen einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität (Besserung der klinischen Symptome, weniger stationärer Aufenthalte) und der Gesundheit von CHI-Patienten leisten. Telemedizin kann eine beginnende Dekompensation rechtzeitig erkennen und stationäre Aufnahmen durch frühzeitige Intervention verhindern. In [10] wurde ein signifikanter Unterschied bei der Anzahl der patientenbezogenen stationären Einweisungen und der Mortalität festgestellt. Eine Aussage über einen Unterschied der Lebensqualität in den Studiengruppen konnte noch nicht getroffen werden. Der Einsatz von Telemedizin kann dennoch zu

¹¹ <http://www.versorgungsleitlinien.de>

einer Optimierung der Versorgungsprozesse und zu einer Kostenreduktion durch die Vermeidung von stationären Aufenthalten führen [11].

2. Projektziele

In MATRIX wird für die Realisierung von sektorübergreifender, medizinischer Versorgung eine offene, skalierbare und flexible Telemedizinplattform entwickelt. Die Plattformarchitektur verfolgt einen verteilten, komponenten- und serviceorientierten Ansatz und umfasst Dienste, Komponenten, Programmiersprachen, Bibliotheken und Schnittstellen, die für die Entwicklung und Implementierung von Telemedizinanwendungen verwendet werden können. In MATRIX wird, ähnlich wie bei der Elektronischen Fallakte (eFA) und der Elektronischen Patientenakte eEPA-Ruhr, eine Service Oriented Architecture (SOA) eingesetzt. Die Anwendungen Notfallversorgung und Telemonitoring werden über eine Komposition von Sub-, Elementar- und Basisdiensten zusammengesetzt. Ein Schwerpunkt ist die Entwicklung von Standardgeräte-, Sensor- und Kommunikationsschnittstellen (z. B. ISO/IEEE 11073) für die Einbindung in ein patientenseitiges Telemedizinsystem (TMS).

Der Anwendungsfokus in MATRIX liegt in der Entwicklung und Implementierung von telemedizinischen Verfahren für medizinische Anwendungsfälle (siehe Abbildung 1), bei denen Patienten einer medizinischen Versorgung bedürfen, diese jedoch aufgrund ihrer Umgebungssituation oder Versorgungsintensität nicht im ausreichenden Maß erhalten. Das TMS muss unabhängig vom TMZ arbeiten können, da eine permanente Verbindung nicht immer vorhanden ist (z. B. im Flugzeug) oder nicht gewünscht wird (z. B. Selbstbestimmung, Datenschutz). Das TMS soll initial für die Anwendung konfigurierbar sein. Das heißt, es soll möglich sein, Schwellwerte einzustellen, die bei Überschreitung (z. B. Gewichtszunahme von über 1 Kilogramm pro Tag bei CHI-Patienten) eine Alarmmeldung generieren und diese gegebenenfalls an das TMZ übermitteln. Die Messdaten werden im TMZ in einer Gesundheitsakte vorgehalten und sollen vom Patienten über eine Schnittstelle einsehbar sein.

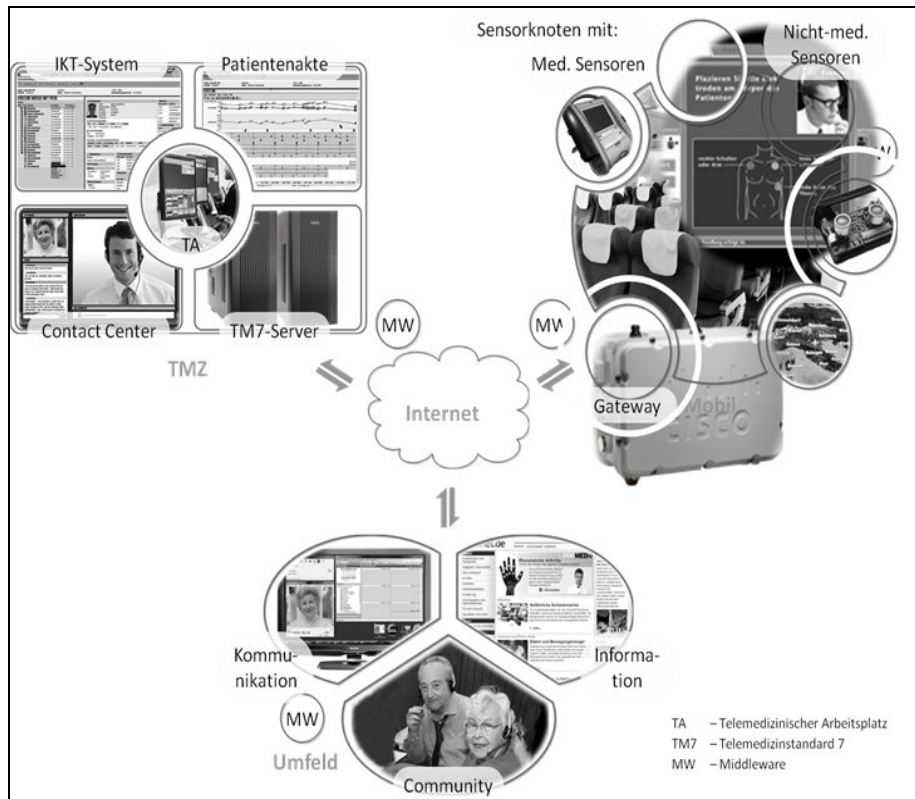


Abbildung 1. Die MATRIX-Komponenten verteilen sich auf die Domänen TMZ, TMS und Community. Die Domäne TMZ umfasst Anwendungen und Komponenten für die Informations-, Kommunikations- und Dateninteraktion zwischen TMZ und Patient bzw. Angehörigen. Wesentliche Komponenten umfassen IKT-System, Patientenakte, Contact-Center-Lösung und TM7-Server. Die Domäne TMS umfasst Anwendungen und Komponenten für die Messung von Körper- und Kontextdaten beim Patienten, d.h. medizinische Endgeräte für die Messung von Vitaldaten und Sensoren für die Aufnahme des Kontexts. Die Domäne Community umfasst Anwendungen und Komponenten für die Interaktion zwischen Patient, Angehörigen und TMZ bzw. TMS.

3. Ergebnisse

3.1. Dienstarchitektur

In MATRIX wird eine SOA eingesetzt, bei der die medizinischen Prozesse im Vordergrund stehen und die Erstellung der Anwendungen über die Komposition von Diensten erfolgt. Die Dienste werden als Java-Webservices für die Apache eXtensible Interaction System (AXIS)-Plattform implementiert. Dienstschnittstellen werden in der Web Services Description Language (WSDL) beschrieben. Die Dienstkombination wird mit Apache-ServiceMix-Enterprise Service Bus (ESB) umgesetzt. Ein MATRIX-Referenzschema wird im Allgemeinen anwendungsbezogen entwickelt. Für die Interoperabilität der auf der MATRIX-Telemedizinplattform entwickelten Anwendungen und Dienste mit Krankenhausinformationssystemen (KIS) und Praxisverwaltungssystemen

(PVS) wird der Einsatz vorhandener Lösungen¹² für Standardschnittstellen (z. B. Health Level 7 (HL7)¹³, Clinical Document Architecture (CDA), Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM)) geprüft. Die in MATRIX entwickelten Dienste werden vom TMZ implementiert (z. B. Blutdruckmessung) und von Mandanten (z. B. Hausärzte) für die Untersuchung ihrer Patienten eingesetzt. Für diesen Anforderungsbedarf bietet die Telemedizinplattform den Dienst Blutdruckmessung an. Der Arzt fordert den Dienst an (z. B. per Überweisung aus dem PVS). Das Untersuchungsergebnis wird dem PVS dann über eine eigene TMZ-Untersuchungsschnittstelle zur Verfügung gestellt. Eine Identifikation der Referenzprozesse, die mit vorhandenen Standardprotokollen und -schnittstellen (HL7, CDA, DICOM, ISO/IEEE 11073-20601) notiert werden können, wird durch das Konsortium erarbeitet.

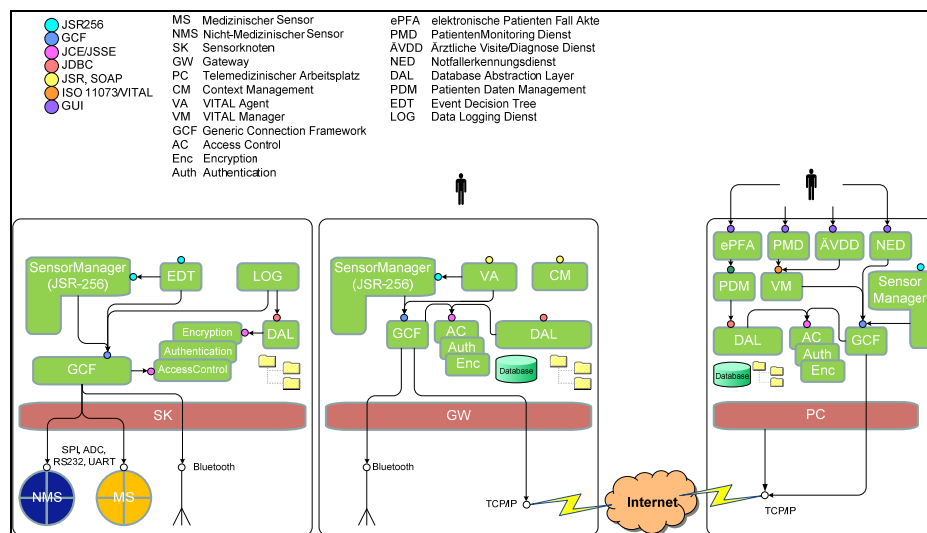


Abbildung 2. Die MATRIX-TMP umfasst zwei Entitäten - die telemedizinischen Arbeitsplätze im TMZ oder bei Mandanten und dem patientenseitigen TMS. Letzteres besteht aus einem körpernahen drahtlosen Netzwerk von Sensorknoten (SK) und mindestens einem Gateway (GW), welcher das Sensornetz über Internet mit dem TMZ verbindet. Die sich über diese heterogenen Geräte erstreckende Middleware homogenisiert die Sicht der Anwendungen durch die Bereitstellung entsprechender Elementar- und Basisdienste mit einheitlichen Programmierschnittstellen (APIs).

Das TMZ enthält die wesentlichen telemedizinischen Dienste (z. B. das Patientendatenmanagement für die ePFA). Das TMS wiederum besteht aus mindestens einem Gateway (GW) und einem drahtlosen Netzwerk aus einer beliebigen Anzahl von Sensorknoten (SK). Das Gateway in Form eines Smartphones (z. B. Nokia N97) vermittelt die Daten von den SK per WLAN/UMTS/GPRS ins Internet und damit zum TMZ. Es verwaltet das WSN und bietet gegebenenfalls weitere Sensoren (z. B. Positions-, Beschleunigungs- und Lokalisierungssensoren) für die Erkennung von Kontexten durch einen Contextmanagerdienst (siehe Abbildung 2). Alternativ wird je nach Anwendungskontext (mobil, häusliches Umfeld) eine Internetverbindung auch über eine Hardwareschnittstelle per WLAN hergestellt. Bei Verwendung der Hardwareschnitt-

¹² <http://www.fallakte.de>

¹³ <http://www.hl7.org>

stelle im häuslichen Umfeld werden die Sensordaten per ISO/IEEE 11073-20601 zwischen Vitalagent (VA) und Vitalmanagerdienst (VM) kommuniziert, und von dort in eine Gesundheits- bzw. ePF-Akte geschrieben. Die Sensorknoten werden von einem Texas Instruments-MSP430-Microcontroller angetrieben und binden die interne Sensorik z. B. via Serial Peripheral Interface (SPI) oder Inter-Integrated Circuit (I²C) an. Die Kommunikation zwischen GW und SK erfolgt über Bluetooth mittels eines aufgesetzten BlueBear¹⁴ Moduls. Wesentliche Teile der TMP sind die Sensormanager-Komponenten, die in jeder Entität vorhanden sind und so einen einheitlichen und standardisierten (JSR-256) Zugriff auf Sensordaten ermöglichen [17]. Durch diese Komponenten werden ferner die Kommunikation (GCF) und die kryptographische Sicherung (Advanced Encryption Standard (AES), Elliptic Curve Cryptography (ECC) und Rivest-Shamir-Adleman (RSA)) der Sensordaten gekapselt.

3.2. Anwendungen

Eine fallbezogene Konsultation im Rahmen der telemedizinischen Notfallversorgung erfolgt durch eine in das TMZ integrierte Call-Center-Lösung. Anruf-, Audio- und Videodaten werden von einer Telefonanlage per SIP vermittelt, dann über einen Media-Gateway in RTP umgewandelt und an den TMZ-Arztarbeitsplatz weitergeleitet. Die Kommunikationsfunktionen (z. B. Patientenruf entgegennehmen und mit Patienten ein Aufnahmegespräch führen) sind in einem Kommunikationsbasisdienst integriert. Dieser ist von Anwendungen am telemedizinischen Arztarbeitsplatz aufrufbar und kann von TMZ-Mitarbeitern verwendet werden. Die Patientendaten setzen sich aus Stammdaten, Anamnesen, Epikrisen, Arztbriefen, Befunden, Anforderungen, Untersuchungen, Medikamentenverordnungen zusammen. Gemeinsam mit dem Notfallbogen helfen sie dem Arzt bei der Notfallversorgung. Die Vitaldatenannahme erfolgt über den Vitalmanagerdienst, der diese von einem Vitalagenten entgegennimmt und in die Patientenakte ein gepflegt. Die in Tabelle 4 aufgelisteten Geräte werden momentan unterstützt.

¹⁴ Lesswire, "Bluebear datasheet," <http://www.lesswire.com>

Tabelle 4. In MATRIX unterstützte Geräte

Gerät	Beschreibung
Bluetooth EKG BT12	Bluetooth 12-Kanal-EKG. Indikation: Notfallversorgung und Telemonitoring
Boso-medicus-prestige+BT	Oberarm-Blutdruckmessgerät für die Messung Blutdruck und Puls Indikation: Notfallversorgung und Telemonitoring
Newgen-medicals- Körperwaage	Körperwaage mit Infrarotschnittstelle Indikation: Telemonitoring
Nokia-N97-Smartphone	Internet-Gateway für die Audio- und Videokommunikation, Kommunikation von Audio- und Videodaten, Kontexterkenkung, Gesundheitsakte Indikation: Notfallversorgung und Telemonitoring
corpuls ³ -Patientenmonitor/ Defibrillator	12-Kanal-EKG, SpO ₂ , Kapnometrie, Blutdruck, Temperatur Indikation: Notfallversorgung und Telemonitoring

Das Gesundheitsportal für den Austausch von Gesundheitsdaten ist in einer ersten Version verfügbar und kann die Daten aus der TMS-Gesundheitsakte in ein Gesundheitsportal zum Austausch mit Angehörigen übernehmen.

3.3. Kontexte

Die Anwendung von Patientenkontexten wurden im Projekt in Context Aware Remote Monitoring Assistant (CARMA) [15] untersucht und in den Contextmanagerdienst integriert. Ein vom Patienten in der Hosentasche getragenes Nokia N97-Smartphone konnte mit einer Genauigkeit von 94,29 Prozent Bewegungskontexte (z. B. „Treppen steigen“, „gehen“, „stehen“ und „laufen“) erkennen.

Die erkannten Kontexte werden mit Vitaldaten (z. B. BD, Puls, Körpergewicht) zu einem Messprotokoll zusammengeführt. Das Messprotokoll wird anschließend zur Befundung in eine Patientenakte eingefügt und kann dem Arzt am Arbeitsplatz angezeigt werden (siehe Abbildung 3).

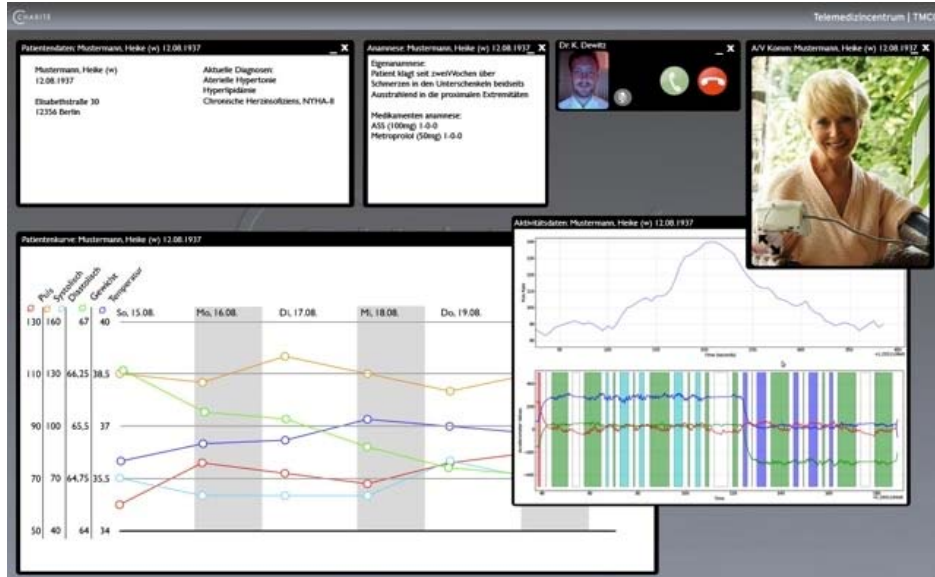


Abbildung 3. Der telemedizinische Arbeitsplatz in MATRIX wird durch ein Liferay-Portal mit Portlet-Anwendungen aufgebaut.

4. Zusammenfassung und Diskussion

In MATRIX wird eine Plattform entwickelt, die die Anwendung von Telemedizin in der sektorübergreifenden Kooperation fördern soll. Momentan wurden die Anforderungen an die Telemedizinplattform in eine SOA-Dienstarchitektur umgesetzt und ausgewählte Dienste (Audio-, Video- und Text-Kommunikationsdatendienste, Untersuchungsdienste, Kontextdienste) für die Bearbeitung von medizinischen Anwendungsfällen auf Basis von Standards (ISO/IEEE 11073) identifiziert. Eine Weiterentwicklung und Evaluation der Anwendungsteststrecken erfolgt am Telemedizinzentrum Charité bis Ende 2010 mittels eines Funktionsdemonstrators. Der präklinische Einsatz wird in einer Pilotstudie für den Anwendungsfall Notfallversorgung in den Domänen „Flugzeug-TMZ-Klinik“ sowie für den Anwendungsfall Telemonitoring in den Domänen „Häusliches Umfeld-Klinik-Hausarzt“, untersucht. Juristische Fragen aus den Bereichen Datenschutz, Medizinproduktegesetz und Anforderungen an die Behandlung von Notfällen im Flugzeug werden in verschiedenen Arbeitsgruppen gemeinsam mit Datenschutzbeauftragten abgeklärt. Insbesondere das Thema Auftragsdatenverarbeitung für externe medizinische Dienstleister wird an dieser Stelle umfassend geklärt werden müssen. Die Anbindung an vorhandene Lösungen (z. B. eFA, eGK, HPC) für die Interoperabilität der Anwendungsprozesse und -daten sowie Authentifizierung und Autorisierung von Anwendungsteilnehmern sollten zudem betrachtet werden. Die Einrichtung des telemedizinischen Arbeitsplatzes für die Integration von unterschiedlichen Datentypen (Audio, Video und Text) wird weiterhin untersucht. Momentan wird ein Liferay Portal eingesetzt, um die Integration der Arzt-Arbeitsplatzschnittstelle auf verschiedene Arbeitsplatzsysteme (z. B. PC, Tablet-PC, Smartphones) zu portieren. Dieses Portal wird für die Darstellung von weiteren Datentypen und Prozessinformationen stetig ausgebaut werden.

Referenzen

- [1] H. Audebert, V. Tietz, S. Boy, P. Pilz, R. Haberl, und J. Schenkel, Akzeptanz der Telemedizin in der akuten Schlaganfallversorgung - Das bayerische Projekt TEMPiS, *Nervenarzt* 2009, vol. 80, Feb. 2009, S. 184-189.
- [2] J.G.F. Cleland, A.A. Louis, A.S. Rigby, U. Janssens, und A.H.M.M. Balk, Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study, *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 45, Mai. 2005, S. 1654-1664.
- [3] M. Sejersten, M. Sillesen, P.R. Hansen, S.L. Nielsen, H. Nielsen, S. Trautner, D. Hampton, G.S. Wagner, und P. Clemmensen, Effect on treatment delay of prehospital teletransmission of 12-lead electrocardiogram to a cardiologist for immediate triage and direct referral of patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction to primary percutaneous coronary intervention, *The American Journal of Cardiology*, vol. 101, Apr. 2008, S. 941-946.
- [4] H.J. Audebert, M.L.J. Wimmer, R. Hahn, J. Schenkel, U. Bogdahn, M. Horn, und R.L. Haberl, Can telemedicine contribute to fulfill WHO Helsingborg Declaration of specialized stroke care?, *Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)*, vol. 20, 2005, S. 362-369.
- [5] Fourier, Beate, Vergleich der konventionellen und telemedizinischen Behandlung von medizinischen Notfällen an Bord von Flugzeugen, Dissertation
- [6] A. Gandsas, K. Montgomery, D. McKenas, R. Altrudi, und Y. Silva, In-flight continuous vital signs telemetry via the Internet, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, vol. 71, Jan. 2000, S. 68-71.
- [7] O. Ferrer-Roca, R.D. Díaz De León, F.J. de Latorre, M. Suárez-Delgado, L. Di Persia, und M. Cordo, Aviation medicine: challenges for telemedicine, *Journal of Telemedicine and Telecare*, vol. 8, 2002, S. 1-4.
- [8] J.J. McMurray und S. Stewart, Epidemiology, aetiology, and prognosis of heart failure, *Heart (British Cardiac Society)*, vol. 83, Mai. 2000, S. 596-602.
- [9] Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM), Herzinsuffizienz, Düsseldorf: DEGAM; 2006. (DEGAM-Leitlinie; 9)
- [10] J. Polisen, K. Tran, K. Cimon, B. Hutton, S. McGill, K. Palmer, und R.E. Scott, Home telemonitoring for congestive heart failure: a systematic review and meta-analysis, *Journal of Telemedicine and Telecare*, vol. 16, 2010, S. 68-76.
- [11] A. Giordano, S. Scalvini, E. Zanelli, U. Corrà, G.L. Longobardi, V.A. Ricci, P. Baiardi, und F. Glisenti, Multicenter randomized trial on home-based telemanagement to prevent hospital readmission of patients with chronic heart failure, *International Journal of Cardiology*, vol. 131, Jan. 2009, S. 192-199.
- [12] Fischer M, Baessler A, Holmer SR, Muscholl M, Bröckel U, Luchner A, Hense HW, Döring A, Rieger G, Schunkert H: Epidemiologie der linksventrikulären systolischen Dysfunktion in der Allgemeinbevölkerung Deutschlands. Ergebnisse echokardiographischer Untersuchungen einer großen Bevölkerungsstichprobe. *Z Kardiol* 92 (2003) 294-302
- [13] Statistisches Bundesamt: Krankheitskosten in Mio. EURO für Deutschland (2004) I50 Herzinsuffizienz. <http://www.gbe-bund.de>
- [14] S. Warren, J. Lebak, J. Yao, J. Creekmore, A. Milenkovic, und E. Jovanov, Interoperability and security in wireless body area network infrastructures, *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference*, vol. 4, 2005, S. 3837-3840.
- [15] Sian Lun Lau, Immanuel König, Klaus David, Baback Parandian, Christine Carius-Düssel, Martin Schultz, Supporting Patient Monitoring using Activity Recognition with a Smartphone, ISWCS 2010
- [16] F.W. Ahnefeld, K.H. Altemeyer, D. Blumenberg, K. Demmer, B. Dirks, F. Flake, H.D. Hummler, C.K. Lackner, K. Ocker, U. Pantzer, E. Rickels, K.-H. Schindler, R. Schmitt, J. Scholz, P. Sefrin, L. Strate, A. Uhrig, Eckpunktepapier zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in Klinik und Präklinik, Institut für Notfallmedizin und Management und Arbeitsgemeinschaft der Südwestdeutschen Notärzte, *Notfall Rettungsmed* 2008, DOI 10.1007/s10049-008-1101-1, Nov. 2007
- [17] M. Maaser und S. Ortmann, Remote medical treatment at home using the Java Mobile Sensor API, Third International Workshop on Smart Homes for Tele-Health (SmartTel'10), Dezember 2010