

Verbundschlussbericht



Innovationskonzept einer digitalen Modellklinik auf Basis offener Kommunikationstechnologien (DigiCare2030)

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Konsortialführer: Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, HHI Einsteinufer 37 10587 Berlin	Förderkennzeichen: 01MC24001A
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Slawomir Stanczak	Tel.: +4930 31002 875
Laufzeit des Vorhabens: von: 15.06.2024 bis: 14.12.2024	Fax: -
Berichtszeitraum des Vorhabens: von: 15.06.2024 bis: 14.12.2024	E-mail: slawomir.stanczak@hhi.fraunhofer.de

Weitere Zuwendungsempfänger:

Institution	Kontakt
Charité - Universitätsmedizin Berlin (ausführende Stelle: Deutsches Herzzentrum der Charité)	PD Dr. med. Nikolaos Dages Mail: nikolaos.dages@dhzc-charite.de
Förderkennzeichen: 01MC24001B	Prof. Dr. Gerhard Hindricks Mail: gerhard.hindricks@dhzc-charite.de

Inhalt

I. Kurzdarstellung

- 1. Aufgabenstellung**
- 2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**
- 3. Planung und Ablauf des Vorhabens**
- 4. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde**
- 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

II. Ausführliche Darstellung

- 6. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**
- 7. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**
- 8. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**
- 9. Voraussichtlicher Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**
- 10. während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**
- 11. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen**

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das Gesundheitssystem sieht sich derzeit grundlegenden Herausforderungen gegenüber, geprägt vom demografischen Wandel und einer alternden Gesellschaft, die einen wachsenden Bedarf an moderner, hochwertiger medizinischer Versorgung fordert. Parallel dazu verschärft der Fachkräftemangel in sämtlichen Bereichen, einschließlich Ärzten¹, Pflegepersonal und anderen Berufen im Krankenhaus, sowie der wachsende Kostendruck diese Problematik. Diese Bedingungen führen zur Notwendigkeit einer grundlegenden Umgestaltung der medizinischen Versorgung. An erster Stelle wird hier eine neue Rolle der Krankenhäuser stehen. Vor diesem Hintergrund gewinnt die Digitalisierung in der Medizin zunehmend an Bedeutung. Digitale Lösungen wie Telemedizin, KI-gestützte Diagnosesysteme und automatisierte Dokumentationsprozesse entlasten medizinisches Personal, verbessern die Effizienz und senken langfristig die Betriebskosten. Elektronische Patientenakten erleichtern die interdisziplinäre Zusammenarbeit, während digitale Assistenzsysteme Routineaufgaben übernehmen und so mehr Zeit für die direkte Patientenbetreuung schaffen. Die Digitalisierung trägt damit wesentlich zur Sicherung der Versorgungsqualität bei und hilft, die Herausforderungen im Gesundheitswesen besser zu bewältigen. Modernste Kommunikationstechnologien und darauf basierte Anwendungen im Bereich Robotik, Sensorik und KI bieten ein enormes Potenzial, den Herausforderungen des Gesundheitssystems zu begegnen und die Digitalisierung voran zu treiben. Um diese Potenziale zu realisieren, ist eine leistungsfähige, sichere und offene Kommunikationsinfrastruktur entscheidend. Sie ist Grundlage für die nahtlose Vernetzung von medizinischen Geräten, der Übertragung und Verarbeitung von Patienten-/Gesundheitsdaten in Echtzeit sowie den Zugang zu Telemedizin und Fernüberwachung.

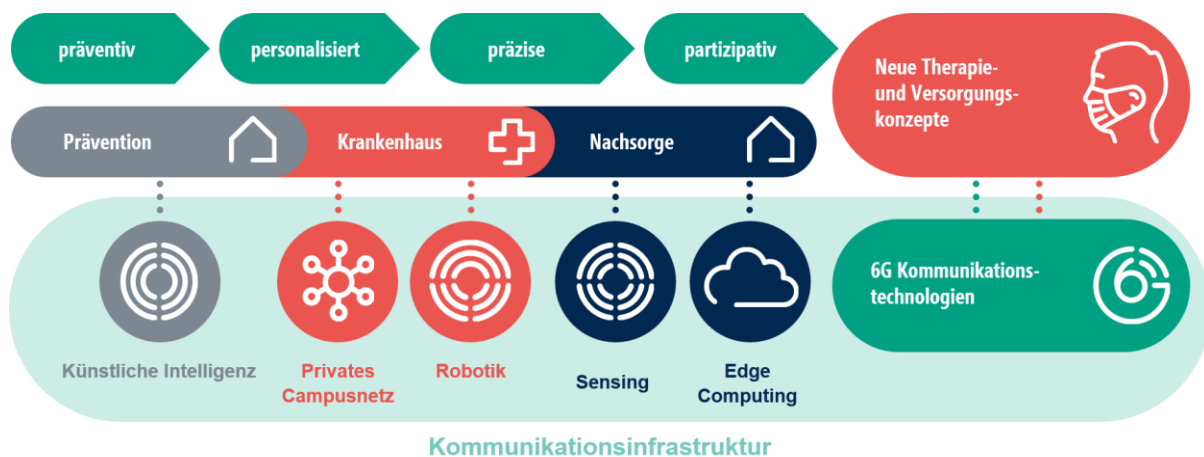


Abbildung 1 Kommunikationsinfrastruktur als Grundlage für digitale Innovationen in der Medizin

Die Entwicklung von konkreten Umsetzungsstrategien für die Einführung digitaler Technologien im medizinischen Bereich erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise.

¹ Hinweis: In diesem Bericht wird das generische Maskulinum verwendet; alle Personenbezeichnungen gelten natürlich gleichermaßen für alle Geschlechter.

- Wie lassen sich digitale Technologien im klinischen Umfeld implementieren?
- Welche Technologien und Anwendungen werden relevant?
- Wie kann eine offene Kommunikationsinfrastruktur eine skalierbare Integration digitaler Technologien ermöglichen?
- Was sind die Standpunkte der wesentlichen Stakeholder (Krankenhausträger, Personal, Patienten)?
- Welche Hindernisse müssen für eine Implementierung beseitigt werden?
- Wie können Akzeptanz und Nutzung dieser Lösungen innerhalb des Krankenhauses gefördert werden?

Vor diesem Hintergrund erarbeitete das Projekt DigiCare2030 des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI) und des Deutschen Herzzentrums der Charité (DHZC) ein Innovationskonzept für die Umsetzung digitaler Innovationen im klinischen Umfeld. Durch die Zusammenarbeit von HHI und DHZC eröffnete die führende technologische und medizinische Expertise beider Partner eine einzigartige Perspektive auf die digitale Modellklinik.

2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Gesundheitssystem bildet einen wesentlichen Grundpfeiler des gesellschaftlichen Zusammenlebens. Eine Verbesserung in dem Bereich führt daher zu vielschichtigen positiven Effekten jenseits des direkten positiven Effektes der Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung durch verbesserte Behandlungsergebnisse: so wird z.B. eine Verbesserung der Versorgung zu einer generellen Steigerung der Lebensqualität von Patienten und Angehörigen führen. Darüber kann durch eine Verbesserung der Arbeitssituation für Ärzte, Pflegende und sonstiges Krankenhauspersonal ein Beruf im Gesundheitswesen insbesondere für junge Menschen wieder attraktiv werden, was wiederum dem Fachkräftemangel entgegenwirken kann. Die Entwicklung und Umsetzung von (neuen) Anwendungen und Technologien im Bereich der Kommunikationstechnik, insbesondere im Bereich 5G/6G Campusnetze, können wesentliche Impulse für die heimische Wirtschaft erzeugen. Deutschland ist im Bereich der Campusnetze international Vorreiter, wobei insbesondere die Nutzung offener Schnittstellen, wie z. B. im Open Radio Access Networks (Open RAN), zu einem innovativen Öko-System im Bereich der Kommunikationstechnologien beitragen. Die Einführung dieser Technologien im medizinischen Bereich kann in angrenzenden Wirtschaftszweigen (z.B. Medizintechnik, IT, Robotik) positive Effekte haben und somit die internationale Wettbewerbsfähigkeit sowie die digitale Souveränität stärken. Kommunikationstechnik als Basis für den flächendeckenden Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) rückt das Thema Energieeffizienz in den Fokus gegenwärtiger Forschung und Entwicklung im Bereich 6G. Lokale und dezentrale Datenverarbeitung sowie effiziente Übertragungstechnologien bilden hier die Grundlage. Darüber hinaus können in der digitalen Modellklinik Prozesse verbessert und somit der Einsatz von Ressourcen minimiert werden. Ferner wird dadurch auch die Ausgangsposition der medizinischen Forschungseinrichtungen im internationalen Wettbewerb im Zeitalter der digitalen Transformation verbessert.

Das interdisziplinäre Vorhaben DigiCare2030 fand vor dem Hintergrund der Kernkompetenz der Konsortialpartner statt:

- Das **Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI)** mit Sitz in Berlin ist eines der führenden Forschungsinstitute im Bereich Nachrichtentechnik, Bild- und Videocodierung, künstlicher Intelligenz und photonischer Netze. Als Teil der

Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt das HHI innovative Technologien für die digitale Kommunikation und Medienverarbeitung. Das Institut ist weltweit bekannt für seine Beiträge zur Entwicklung von Videokompressions-Standards wie z. B. H.264/AVC, welche effiziente Videokompression ermöglichen. Darüber hinaus forscht das HHI an 6G-Mobilfunktechnologien, optischer Datenübertragung und maschinellem Lernen für Anwendungen in Medizin, Industrie und Telekommunikation. Die Abteilung Drahtlose Kommunikation und Netze arbeitet seit rund 20 Jahren zusammen mit internationalen Partnern an der Entwicklung innovativer Funksysteme und bringt umfangreiche Beiträge zur Theorie, technischen Machbarkeit, Simulation, prototypischen Realisierung und leistet aktiv Beiträge in der 3GPP-Standardisierung. Die Abteilung ist maßgeblich an nationalen Initiativen im Bereich 5G/6G beteiligt, so wird der vom BMBF geförderte 6G Forschungshub 6G-RIC vom HHI koordiniert.

- Das **Deutsche Herzzentrum der Charité (DHZC)** zählt heute zu den weltweit führenden Institutionen im Bereich der kardiovaskulären Medizin. Es entstand im Jahr 2023 aus dem Zusammenschluss der kardiologischen und herzchirurgischen Abteilungen zweier weltweit renommierter medizinischer Institutionen, der Charité und dem Deutschen Herzzentrum Berlin (DHZB). Die Entwicklung von einem im Jahr 1710 gegründeten Pesthaus zu einer weltweit anerkannten Versorgungs- und Forschungseinrichtung macht die Charité zu einem wichtigen Beispiel für die Innovationskraft des deutschen Gesundheitswesens. Gleiches gilt für das DHZB. Im Jahr 1985 vom Land Berlin ins Leben gerufen, wurde es schnell zum Exzellenzzentrum für Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit besonderer Expertise in künstlichen Herzen und Herzunterstützungssystemen. Mit dem DHZC Neubau am historischen Standort des Rudolf-Virchow-Krankenhauses, das bei seiner Eröffnung im Jahr 1906 als das modernste Krankenhaus in Europa galt, besteht die einmalige Chance, wie vor über hundert Jahren eines der weltweit modernsten Zentren für Herzgesundheit und eine international noch wegweisendere Institution zu schaffen. Von der Entwicklung und Implementierung neuer Technologien wird nicht nur das DHZC, sondern der gesamte Wirtschaftsstandort Deutschland profitieren.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen von DigiCare2030 wurden am HHI und an der Charité z. T. interdisziplinäre Teams gegründet, welche gemeinsam an dem Innovationskonzept gearbeitet haben. Der Fokus des Charité-Teams lag im Bereich der klinischen Fragestellungen, der Fokus des HHI-Teams lag vermehrt auf den technischen Aspekten. Der Austausch zwischen den Teams fand in regelmäßigen (wöchentlichen) persönlichen Meetings bzw. Telefonkonferenzen statt. Am HHI wurde darüber hinaus an Demonstratoren gearbeitet.

Das Projekt verfolgte die drei strategischen Ziele: i) Analyse potentieller Technologien und Anwendungen; ii) Netzbildung und Stakeholderanalyse und iii) Ausarbeitung des Innovationskonzepts. Der zeitliche Ablauf des Projektes ist in Abbildung 2 dargestellt.

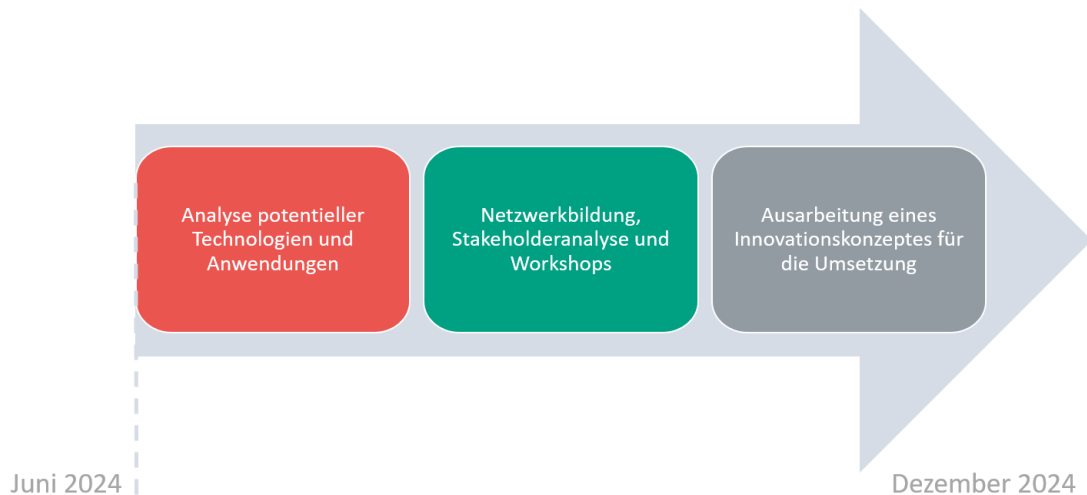


Abbildung 2 Zeitlicher Ablauf des DigiCare2030 Projektes

Zu Beginn des DigiCare2030 Projektes wurden konkrete technologische Entwicklungen und Anwendungen analysiert und ihre Relevanz im klinischen Umfeld anhand ihrer Auswirkungen auf drei Kernfelder bewertet: 1) Workforce Management, 2) Virtualisierung der Behandlung und Zugang zur Gesundheitsversorgung („Access to Care“), 3) Patientensicherheit und Qualität der Patientenbehandlung.

Im weiteren Schritt wurden zentrale Stakeholder und Experten u.a. aus dem Gesundheitswesen, dem Krankenhauspersonal, den Patienten, den Krankenkassen, der Wissenschaft, der Wirtschaft, der Technologie, Regulatorik und der Politik identifiziert, um wesentliche Stakeholder-Perspektiven zu berücksichtigen und gemeinsam Wege für konkrete Umsetzungsstrategien digitaler Innovationen in der Modellklinik zu erarbeiten.

Im weiteren Projektverlauf fanden zwei interdisziplinäre Workshops statt, die sich mit der Umsetzung der modernen digitalen Lösungen in der Klinik und den technologischen Aspekten befassten. Die Ergebnisse dieser Workshops fließen in diesen Bericht ein. Basierend auf der Analyse potenzieller Technologien und Anwendungen und unter Einbeziehung der Ergebnisse der zwei interdisziplinären Workshops wurden Strategien für die Implementierung der digitalen Innovationen auf der Basis moderner Kommunikationstechnologien in der digitalen Modellklinik abgeleitet. Das Projektteam analysierte die Ergebnisse der Workshops umfassend und identifizierte Potenziale, technische und klinische Herausforderungen bei der Einführung digitaler Innovationen sowie die spezifischen Bedürfnisse und Erwartungen verschiedener Stakeholder. Diese Erkenntnisse dienten als strukturierende Grundlage und Rahmen für die Entwicklung der Umsetzungsstrategie der digitalen Modellklinik 2030.

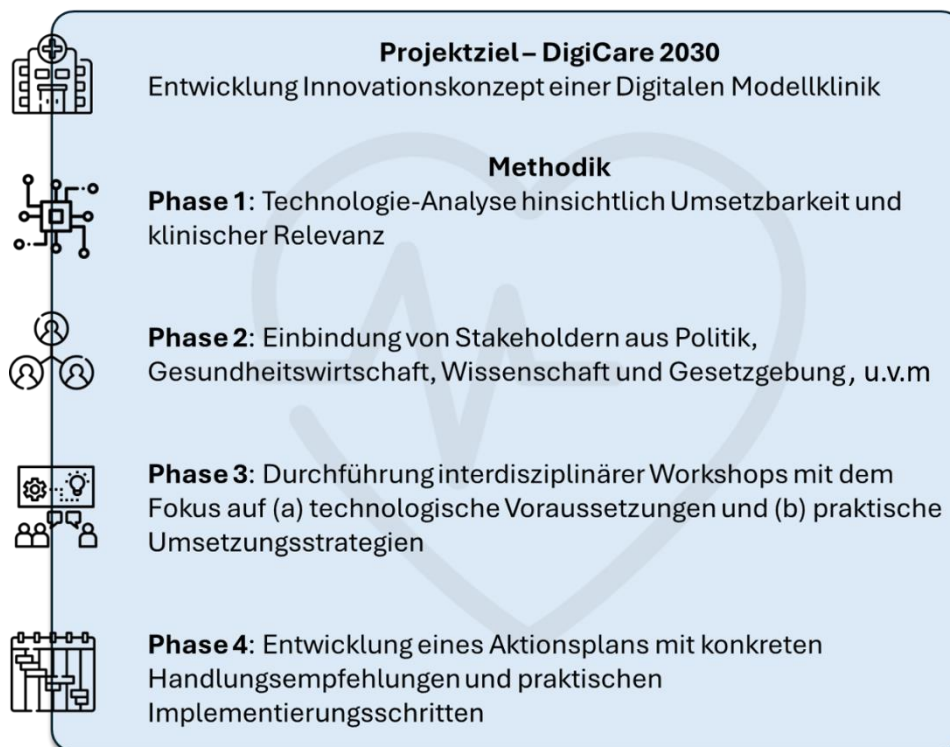


Abbildung 3 Zusammengefasster schematischer Ablauf des DigiCare2030 Projektes

Am Ende des Projektes wurden Aktionspunkte dargestellt, um die Umsetzung der erarbeiteten Lösungen zur digitalen Modellklinik in der Praxis zu realisieren.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

Die traditionelle Funktion des Krankenhauses (im Gegensatz zur digitalen Modellklinik) ist die stationäre Behandlung von Notfällen und die teilweise langwierige Behandlung von oft chronischen Leiden mit komplexen Therapien (z.B. Tumortherapien oder große Herz-Operationen). Ein charakteristisches Beispiel ist der Aortenklappenersatz. Dieser Eingriff erforderte lange Zeit eine Herzoperation mit Herz-Lungen-Maschine und mehrtägigem Aufenthalt auf der Intensivstation gefolgt von längeren Aufenthalten auf einer Normalstation. Heute werden Eingriffe mit Kathetermethoden durchgeführt und in einzelnen Fällen kann der Patient bereits am nächsten Tag, ausgestattet mit einem Tele-EKG zur Früherkennung von möglicherweise auftretenden Rhythmusstörungen, nach Hause gehen. Der Einsatz moderner minimalinvasiver, mikrochirurgischer Verfahren sowie telemedizinischer Nachsorge kann hier wesentlich zur Verbesserung der Versorgung und zu einer Reduzierung der Krankenhausaufenthaltsdauer (und somit der Kosten) beitragen. Ein solch charakteristisches Beispiel für moderne ambulante Krankenhausversorgung setzt einen integrativen und interdisziplinären Ansatz voraus, welcher auf eine präventive, vorhersagende, personalisierte und partizipative Versorgung abzielt. Relevante Basistechnologien bilden Digitalverfahren, sowohl in der unmittelbaren medizinischen Versorgung als auch bei Sekundärprozessen (z.B. autonome Bettentransportsysteme) sowie bei Tertiärprozessen (z.B. Lieferketten im Krankenhaus).

Robotik-basierte Anwendungen in der Medizin wie Robotik-assistierte operative oder minimal invasive Eingriffe, z.B. herzchirurgische Eingriffe oder Eingriffe zur Behandlung von Rhythmusstörungen, gibt es schon seit längerem. Diese haben

jedoch, trotz großer daran geknüpfter Erwartungen, (noch) nicht den Einzug in die breite klinische Anwendung gefunden. Ebenfalls große Erwartungen sind mit der Anwendung von modernen digitalen Lösungen im klinischen Alltag und in der Patientenbehandlung verbunden. Trotzdem ist auch in diesem Bereich der Einzug in die klinische Realität nur sehr zögerlich und deutlich langsamer als erwartet. Die Gründe dafür sind vielseitig und vor allem mit einem großen Spektrum von Implementierungshürden verbunden. Diese Hürden beinhalten praktische Aspekte wie die Notwendigkeit der Umstrukturierung von Prozessen und Behandlungspfaden im Alltag sowie vergütungsrelevante Faktoren, die die Anwendung neuer digitaler Lösungen finanziell unattraktiv machen. Zudem bestehen Unsicherheiten hinsichtlich rechtlicher Fragen, Verantwortung bei Komplikationen, Datenschutz und Ethik, während sowohl das Personal aufgrund mangelnder Aus- und Weiterbildung Zurückhaltung zeigt als auch die Erwartungen der Patienten eine Rolle spielen.

Es gibt eine Reihe von zurückliegenden und laufenden Projekten, in denen grundlegende Technologien und innovative Versorgungskonzepte entwickelt wurden (MOMENTUM, KliNet5G, 5G-FORUM, GI-GA4HEALTH, etc.). Auch am DHZC sind solche Projekte durchgeführt worden.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projektes DigiCare2030 gab es eine Reihe von Zusammenarbeiten mit anderen Stellen. Grundsätzlich wurden mit verschiedenen Gruppen und Abteilungen innerhalb der jeweiligen Organisation (sowohl an der Charité/DHZC als auch am HHI) zusammengearbeitet. Für die Organisation und Durchführung des klinischen Workshops wurde eine Event Agentur beauftragt, PricewaterhouseCoopers (PwC) hat bei der inhaltlichen Begleitung und Moderation unterstützt. Durchgeführt wurde der Workshop in den Räumlichkeiten des Berlin Institute of Health (BIH). Die Organisation des technischen Workshops wurde in freundlicher Zusammenarbeit mit dem Forum Digitale Technologien (FDD) sowie in den Showrooms des HHI durchgeführt. Ebenso wurde für die Moderation des technischen Workshops ein professioneller Moderator engagiert. Für die Dokumentation der Workshops, die Erstellung des Bild- und Pressematerials sowie bei der Umsetzung der Website und der Erstellung der Werbematerialien wurde ebenfalls mit externen Partnern zusammengearbeitet.

II. Ausführliche Darstellung

6. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen

Die Arbeiten im DigiCare2030 Projekt wurden entlang drei strategischer Zielstellungen organisiert und mit jeweiligen Zuwendungen:

Arbeitspaket /Ziel 0: Projektmanagement, Dissemination und Öffentlichkeitsarbeit

Das Arbeitspaket umfasste die Planung, Organisation und Steuerung der Ressourcen, um die definierten Projektziele innerhalb der gegebenen Zeit und des Budgets zu erreichen. Ein Ziel des Arbeitspakets war es, die Sichtbarkeit des Projekts zu erhöhen und das Bewusstsein für die Bedeutung und den Nutzen digitaler Innovationen zu fördern. Die Ergebnisse waren Regelmäßige Konsortialtreffen, Etablierung eines Berichtswesens sowie Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit. So wurde u.a. zur Kommunikation mit der interessierten Öffentlichkeit eine ansprechende Website erstellt (<https://www.digicare2030.de/>) auf der Inhalte und Ziele des Projekts und der Workshops veröffentlicht wurden.

Arbeitspaket / Ziel 1: Analyse potentieller Technologien und Anwendungen

Ergebnisse: Die Arbeiten zu diesem Teilziel umfassten die Analyse potenzieller Technologiekomponenten in der digitalen Modellklinik, woraus konkrete Anforderungen an die Kommunikationsinfrastruktur abgeleitet wurden. Das Ziel war ein Mapping bestehender (und potenzieller) Technologien auf konkrete Anwendungen und Einsatzgebiete innerhalb der digitalen Modellklinik. Darüber hinaus sollten konkrete Anforderungen an die Kommunikations- und Verarbeitungsinfrastruktur erarbeitet werden. Weiterhin sollten Innovationsfelder identifiziert werden, die durch den Einsatz digitaler Technologien in der digitalen Modellklinik entstanden. Für ausgewählte Innovationsfelder wurden Implementierungshürden analysiert. Hierbei wurden verschiedene Aspekte wie die Anforderungen der Patienten und aktuelle technologische Trends untersucht, um Potenziale für neue digitale Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse darzustellen. Diese Analyse ermöglichte strategische Entscheidungen, Ressourcen gezielt auf vielversprechende Bereiche der digitalen Innovation zu fokussieren, und zeigte im Austausch mit den wesentlichen Stakeholdern Wege für eine beschleunigte Anwendung in der Praxis auf. Folgende Ergebnisse wurden vom Projektteam erzielt und in entsprechenden Berichten dokumentiert:

- Definition von Bewertungskriterien für digitale Innovationen, inkl.
 - Zentraler Handlungsfelder (Workforce Management, Zugang/Virtualisierung der Behandlung sowie Patientensicherheit)
 - Ebene innerhalb des Krankenhausbetriebs (medizinisch, infrastrukturell sowie logistisch)
 - Anwendung entlang der „Patient Journey“ (präklinisch, klinisch sowie postklinisch bzw. extern.)
 - Weiterer Kriterien (Innovationsgrad, Implementierbarkeit, etc.)
- Darstellung relevanter technologischer Aspekte und relevanter Fragestellungen:
 - Flexible, offene und modulare Netzarchitekturen (Open RAN, 5G Campusnetze, öffentliche Netze, lizenzfreie Technologien, etc.)

- Vernetzte und kollaborative Robotik (taktiles Feedback, Echtzeit-Navigation, Optimierung durch maschinelles Lernen, etc.)
- Kognition und Sensorik in drahtlosen 6G Netzen (Integrated Communication and Sensing, nicht-invasive kontaktlose Vitalparameterüberwachung, sub-THz Sensing, etc.)
- Virtualisierung, KI und das Metaversum (Echtzeit-Feedback mit digitalem Zwilling, Verteilte KI im Netz (Edge/Cloud), Augmented- und Virtual Reality, etc.)
- Identifikation und systematische Beschreibung relevanter Technologien, Anwendungen und Anforderungen
 - Klassifizierung wesentlicher Innovationsfelder: Sensorik und Monitoring, Robotik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (inkl. KI)
 - Übersicht und Beurteilung von Beispielen für die einzelnen Kategorien

Arbeitspaket / Ziel 2: Netzwerkbildung

Ergebnisse: In dem Arbeitspaket wurde der Kontakt zu relevanten Umsetzungspartnern und Verbänden aufgenommen. Dies erfolgte über verschiedene Kanäle, wie z.B. Recherche von Publikationen, Konferenzen oder soziale Medien. In einer Stakeholder-Analyse wurden alle relevanten Akteure (Pflegekräfte, Ärzte, sonstiges Krankenhauspersonal, Patienten, Fachgesellschaften, Krankenkassen, Netzbetreiber, Industrie etc.) identifiziert und deren Bedarfe ermittelt. In interdisziplinären Workshops wurden gemeinsam mit den Stakeholdern konkrete Bedarfe, Anforderungen und Hindernisse für die Implementierung erarbeitet.

Durchführung des Workshops „Klinische Umsetzung“

Im Rahmen des ersten Workshops „Die digitale Modellklinik - klinische Umsetzung“ unter Leitung der Charité/des DHZC kamen Experten und Entscheider aus dem Gesundheitswesen, Krankenhauspersonal, Patienten, Krankenkassen, Fachgesellschaften, Wissenschaft, Unternehmen, Verwaltung, Politik und Interessenverbänden zusammen, um die Herausforderungen und Chancen bei der Implementierung neuer Technologien zu diskutieren. Nach Impulsvorträgen sowie Erfahrungs- und Praxisberichten konnten die Teilnehmer in Kleingruppen verschiedene use cases und deren Umsetzbarkeit diskutieren, dabei standen folgende use cases zur Auswahl:

- 1) Autonome Reinigungsroboter in Gesundheitseinrichtungen
- 2) Intelligente Patientenbegleitung
- 3) Virtuelle Visiten durch Telepräsenz-Robotik
- 4) Automatisierte Medikamentenlogistik
- 5) Kognitive Patientenräume
- 6) Intelligentes Workforce Management

Die Themen 2, 4, 5 und 6 wurden von den Teilnehmer zur weiteren Diskussion und Bearbeitung ausgewählt und mithilfe der Walt-Disney-Methode in den Breakout-Sessions bearbeitet. Dabei wurden verschiedene Perspektiven eingenommen: die der Visionären, der Realisten und der Kritikern. Diese Herangehensweise ermöglichte eine ganzheitliche Betrachtung der Anwendungsfälle. Zudem erarbeiteten die Teilnehmenden konkrete Wege, um digitale Innovationen erfolgreich umzusetzen und mögliche Herausforderungen zu überwinden.



Stakeholder Workshop „Klinische Umsetzung“
 im Berlin Institute of Health am 24. und 25.
 Oktober mit 70+ Teilnehmenden von 36
 Organisationen aus dem Gesundheitssektor



Abbildung 4 Eindrücke vom DigiCare2030 – Workshop „Klinische Umsetzung“ an der Charité am 25./25. Oktober 2024

Durchführung des Workshops „Technische Umsetzung“

Im zweiten interdisziplinären Workshop „Die digitale Modellklinik - technische Umsetzung“ unter Leitung des Fraunhofer HHI wurden konkrete Anwendungen, Bedarfe, Anforderungen und Hemmnisse für die Umsetzung digitaler Innovationen im Gesundheitswesen diskutiert. Im Fokus standen dabei Technologien wie die Medizinrobotik, 5G/6G-Campusnetze, Monitoring- und Sensorlösungen sowie KI-basierte Werkzeuge. Damit bot der Workshop den Teilnehmenden einen umfassenden Überblick über aktuelle Trends aus Forschung, Industrie und Anwendung.

Die Veranstaltung brachte Expert:*innen und Organisationen u.a. aus den Bereichen Kommunikationstechnologie, Medizintechnik, Krankenhaus-IT, Standardisierung, Start-ups und Forschung zusammen. In einem interaktiven Format, dem World Café, wurden verschiedene Themenschwerpunkte bearbeitet:

- Flexible und offene Netzwerkarchitekturen
- Vernetzte und kollaborative Robotik im Gesundheitswesen
- Kognition und Sensorik in drahtlosen Netzen
- Virtualisierung, KI und das Metaversum

Neben Anforderungen und Anwendungen wurden auch Implementierungshürden für eine erfolgreiche technische Umsetzung in den Blick genommen. Der Workshop diente als wertvolle Plattform, um Fachwissen auszutauschen, innovative Ansätze zu diskutieren und konkrete Handlungsempfehlungen für die digitale Transformation im Gesundheitswesen abzuleiten.



Stakeholder Workshop „Technische Umsetzung“ am 30.10. mit 60+ Teilnehmenden von 38 Organisationen aus Industrie, Wissenschaft und Verbänden



Abbildung 5 Eindrücke vom DigiCare2030 – Workshop „Technische Umsetzung“ am Fraunhofer HHI am 30.10.2024

Öffentlichkeitsarbeit

Auf der von Bitkom organisierten Digital Health Conference 2024 (DHC2024) wurde DigiCare2030 der Fachöffentlichkeit präsentiert und zur Netzwerkbildung genutzt. Ein Highlight der Veranstaltung war die Keynote von Prof. Hindricks und Dr. Dommel, die zentrale Impulse zu digitalen Innovationen im Gesundheitswesen setzte.



Abbildung 6 Eindrücke von der DigiCare2030 Keynote auf der DHC2024

Arbeitspaket / Ziel 3: Umsetzungsstrategien

Ergebnisse: Gegenstand des Arbeitspakets war die konkrete Erarbeitung einer Strategie zur Implementierung innovativer Technologien in der digitalen Modellklinik. Dazu gehörten die Skizzierung der technischen Realisierung der in AP1 erarbeiteten Technologiekomponenten und Innovationsfelder in einem Beispielkrankenhaus. Dabei wurde auf die Anforderungen und Hindernisse aus den interdisziplinären Workshops zurückgegriffen. Dies beinhaltete auch die erforderlichen Maßnahmen zur Ausgestaltung der digitalen Infrastruktur. Des Weiteren wurden nicht nur technische Aspekte in der Umsetzung betrachtet, sondern auch organisatorische Herausforderungen wie Prozessanpassungen, Interoperabilität mit bestehenden Systemen und die Einbindung verschiedener Stakeholder.

Eine Patient Journey durch die Modellklinik im Jahr 2030

Zu Beginn des Innovationskonzeptes für die digitale Modellklinik wurde eine „patient journey“ für eine konkrete Behandlung eines Patienten im Jahr 2030 skizziert:

„Der 83-jährige Herr Müller wird sich in der Modellklinik einem minimalinvasiven Herzklappeneingriff unterziehen. Bereits mehrere Wochen vor dem Eingriff bekommt Herr Müller von seinem Hausarzt ein Wearable (in Form einer Smartwatch), über welches grundlegende Vitalparameter erfasst werden. Diese Vitalparameter stehen als Grundlage für die individuelle Vorbereitung der OP den behandelnden Ärzten zur Verfügung. Am Vortag wird er über die App des Patientenportals an den Eingriff erinnert, geht mit dem virtuellen Assistenten die präoperative Checkliste durch und bucht ein autonomes Shuttle für den Klinikbesuch. Am Tag des Eingriffs wird er im Foyer der Klinik bereits von einem Assistenzroboter erwartet, wo er sich schnell authentifiziert und registriert. Anschließend erhält er über sein Wearable (oder alternativ über ein separates Radio Frequency Identification (RFID)-Armband) innerhalb der Klinik eine eindeutige Identifikation, Zugangsberechtigung und Zahlungsmittel. Aufgrund seiner eingeschränkten Mobilität wird er von einem autonomen Assistenzroboter in das Operationsvorbereitungszentrum (OVZ) begleitet, wo er vom Behandlungsteam in Empfang genommen wird. Im Vorfeld des Eingriffs konnten die Kardiologen über die elektronische Patientenakte (ePA) auf alle behandlungsrelevanten Befunde sowie die Daten zugreifen, welche über sein Wearable im Vorfeld erfasst wurden, wodurch zusätzliche Untersuchungen in der Klinik entfallen konnten. KI-gestützte Anwendungen unterstützten die Diagnostik und Planung und KI-Algorithmen analysierten die Computertomographie-Bilder (CT-Bilder) und halfen, die hämodynamische Relevanz einer Koronarsklerose einzuschätzen. Dadurch konnte eine invasive Koronarangiographie vermieden werden. Zudem erleichterten sie die Auswahl des Klappenmodells, der passenden Größe und des optimalen Gefäßzugangs. Mit Hilfe des digitalen Zwillings von Herrn Müller konnte aufgrund einer präoperativen Simulation gezeigt werden, dass der Eingriff bei Herrn Müller wegen seiner Vorerkrankungen stationär erfolgen sollte, obwohl ein solcher Eingriff auch ambulant mit anschließender Versorgung im Heimbereich (Hospital@Home-Versorgung) durchgeführt werden kann. Alle Informationen und Simulationsergebnisse wurden vorab mit Herrn Müller besprochen, was ihm Vertrauen, Sicherheit und die Möglichkeit einer informierten Entscheidung gab. Während des Eingriffs unter Lokalanästhesie kann er sich mit Hilfe einer Virtual-Reality-Brille ablenken und entspannen. Während (sowie vor und nach) der Operation werden wichtige biologische Vitaldaten mittels nicht-invasiver Sensoren kontinuierlich überwacht. Dank sorgfältiger Planung und robotergestützter Assistenzsysteme ist der Eingriff in kurzer Zeit und ohne Komplikationen abgeschlossen. Danach wird er zur weiteren Überwachung auf die Intermediate Care Station (IMC) verlegt. Dort herrscht eine ruhige und angenehme Atmosphäre ohne störende Alarme oder Geräusche.“

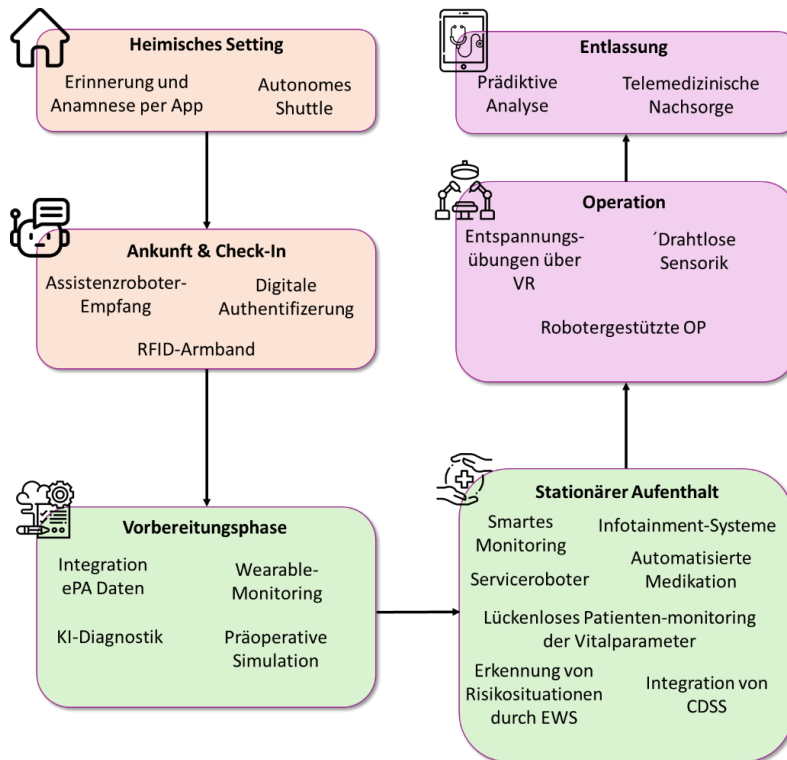


Abbildung 7 Schematische Abbildung der digitalen Innovationen entlang der Patient Journey von Herrn Müller

Das Behandlungsteam kennt den Patienten bereits, da es vor seiner Ankunft alle behandlungsrelevanten Informationen aus dem Klinikinformationssystem (KIS) abrufen konnte. Die kontinuierliche, nichtinvasive Erfassung der Vitaldaten erfolgt über unauffällig im Zimmer integrierte Sensoren. Dadurch wirkt das Krankenzimmer weniger wie ein typisches Krankenhauszimmer, und Herr Müller kann sich in einer angenehmen Atmosphäre von der Operation erholen. Im Hintergrund überwachen automatisierte KI-Anwendungen seine Vitalparameter und alarmieren bei Bedarf das behandelnde Personal. In seinem Zimmer steht ihm ein Infotainment-System mit KI-Assistent zur Verfügung über das er behandlungsrelevante Informationen oder Medieninhalte abrufen, sein Zimmer steuern und seinen gesamten Aufenthalt organisieren kann. Da Herr Müller seine Angehörigen im Patientenportal autorisiert hat, können diese sich jederzeit über seinen Behandlungsstatus und -ort informieren. Er hat aber auch die Möglichkeit, sie über das Infotainmentsystem direkt per Videoanruf zu kontaktieren. Über das Infotainmentsystem kann er seine Mahlzeiten zusammenstellen und in definierten Zeitfenstern über Serviceroboter erhalten. Auch die Medikamentenausgabe erfolgt automatisiert und abgesichert durch eine Identitätsprüfung. Da viele Servicetätigkeiten auf der Station niederschwellig durch Serviceroboter ausgeführt werden, hat das Personal genügend Zeit, auf die Bedürfnisse und Fragen von Herrn Müller einzugehen. Während Herr Müller schläft, werden seine Bewegungsmuster sowie Atemfrequenzen nichtinvasiv gemessen, z.B. durch in der Matratze verbaute Radarsensoren, und Unregelmäßigkeiten für die Pflege dokumentiert. Zusätzlich werden Bewegungen von Herrn Müller (z. B. der nächtliche Gang zur Toilette) durch Radar-Sensoren erfasst, um zum einen die Lichtsituation anzupassen (um Stürze zu verhindern) und zum anderen um Unregelmäßigkeiten (Patient verlässt das Zimmer) bzw. Stürze zu erkennen und das Pflegepersonal ggf. zu informieren. Nach einer komplikationslosen Nacht wird er am nächsten Tag auf die Normalstation verlegt. Dort wird sein bisheriges Monitoring durch ein komfortables Wearable ersetzt, das seine Vitalparameter weiterhin kontinuierlich misst. Auf der Normalstation stehen Herrn Müller alle Annehmlichkeiten zur Verfügung, die er bereits

von der IMC kennt. Nach einem problemlosen Verlauf entscheiden die Ärzten ihn am Folgetag zu entlassen. Ihre Entscheidung wird auch durch die Vorhersage des prädiktiven Analysetools bestätigt. Zur weiteren Überwachung nimmt Herr Müller das Wearable noch für einige Tage mit nach Hause und bleibt telemedizinisch mit der Modellklinik verbunden.“

Bei der hier skizzierten Darstellung handelt es sich um konkrete, innerhalb weniger Jahre (technisch) realisierbare Maßnahmen.

Ansätze für die klinische Umsetzung:

Für die klinische Umsetzung wurden innerhalb des Projektes sieben konkrete Anwendungsfelder (use-cases) innerhalb der Modellklinik betrachtet, die im Folgenden aufgeführt werden:

- Lückenloses Patientenmonitoring während des gesamten Klinikaufenthaltes
- Einsatz der digitalen Innovationen in der unmittelbaren Diagnostik und Behandlung der Patienten
- Vollautomatisierte Logistik
- Wohlfühlklinikräume für Patienten und Klinikpersonal
- Telemedizin, inklusive prä- und poststationärer Versorgung
- Modernes digitalisiertes Workforce-Management
- Vernetzung mit anderen Gesundheitseinrichtungen

Beispiel „Vollautomatisierte Medikamentenlogistik“: Der use case automatisierte Medikamentenlogistik wurde ebenfalls im Rahmen des klinischen Workshops von DigiCare2030 mit interdisziplinären Stakeholdergruppen betrachtet und hinsichtlich seiner Potenziale, Herausforderungen sowie der praktischen Umsetzbarkeit in der digitalen Modellklinik 2030 diskutiert. Dabei flossen unterschiedliche Perspektiven aus medizinischen, logistischen und technischen Disziplinen ein. Neben den Prioritäten und Erwartungen der Stakeholder wurden auch praktische Überlegungen zur Umsetzbarkeit in der klinischen Praxis angestellt. Soziale Entfremdung, Datenschutzfragen DSGVO, Cybersecurity, Platzprobleme für die Technologie und die Notwendigkeit einer zuverlässigen Infrastruktur gehörten zu den wichtigsten Bedenken. Darüber hinaus wurden Haftungsrisiken, Ausfallsicherheit, Diebstahlschutz und Sicherheitsvorkehrungen gegen den Diebstahl von Medikamenten und anderen wertvollen Materialien in der automatisierten Logistik diskutiert. Auch die Frage der Robustheit von eingesetzten Systemen und das Vorhandensein eines Disaster Recovery Plans zur schnellen Behebung von Ausfällen oder Störungen wurden angesprochen. Auf der positiven Seite wurde betont, dass die Automatisierung das Personal entlastet, die Effizienz steigert und Kosten spart. Die neue digitale Modellklinik biete eine einmalige Möglichkeit, moderne Infrastruktur und Technologien zu integrieren und damit neue Wege zu gehen. Letztlich würde mehr Zeit für die Betreuung der Patienten den sozialen Aspekt verbessern und die Qualität der Versorgung erhöhen.

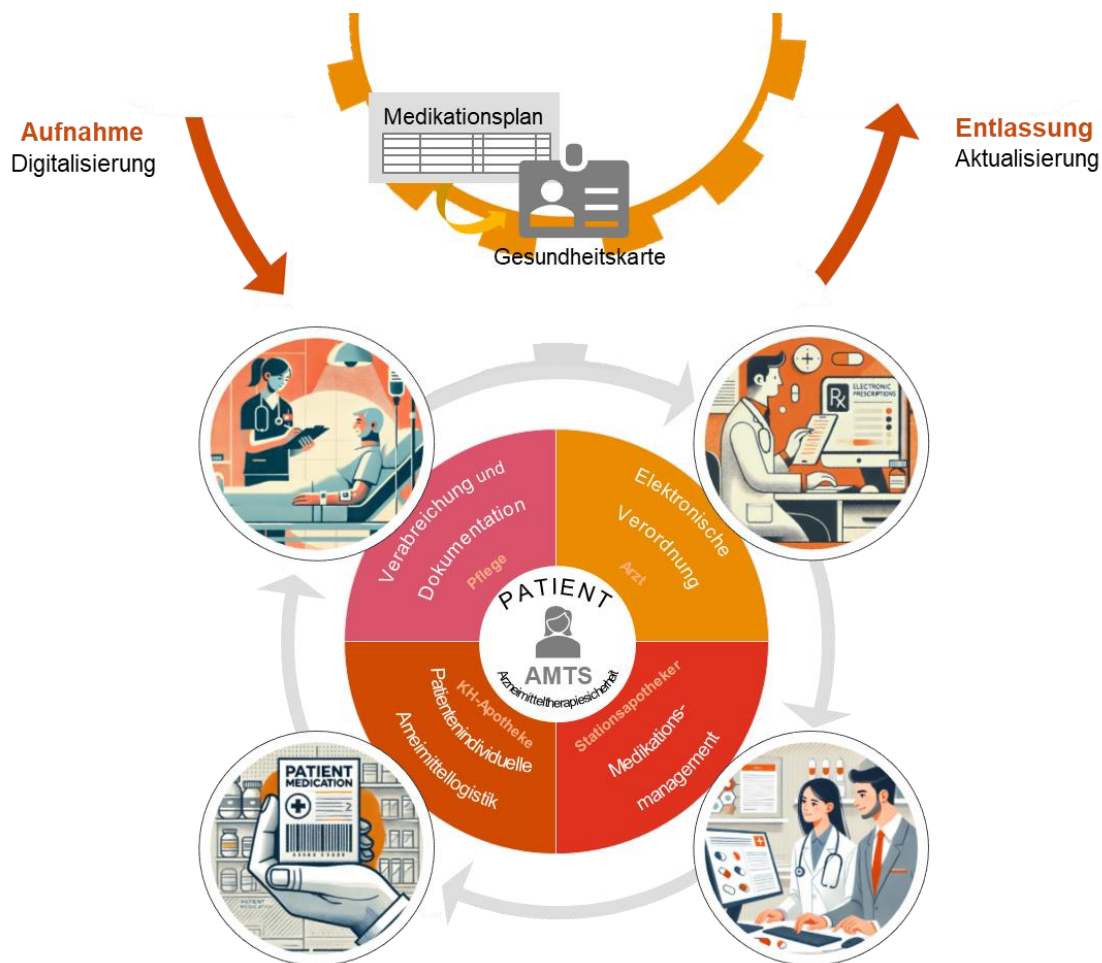


Abbildung 8 Anwendungsbeispiel: Automatisierte Medikationslogistik

Analyse allgemeiner Implementierungsherausforderungen und Lösungswege

Entlang der beschriebenen Anwendungsfelder wurden während der DigiCare2030-Workshops gemeinsam mit Stakeholdern zentrale Herausforderungen für die Integration der Technologiegruppen diskutiert. Viele dieser Hürden stehen in direktem Zusammenhang mit den spezifischen Anforderungen der Innovationsfelder. Die Umsetzung einer vernetzten, kontinuierlichen Monitoringumgebung in der Modellklinik erfordert beispielsweise eine umfassende digitale Transformation – sowohl auf Ebene des Krankenhauses als auch im gesamten Gesundheitssystem. Erfahrungen aus der Wirtschaft zeigen, dass digitale Transformationsprozesse häufig scheitern oder ihre gesetzten Ziele nicht vollständig erreichen. Zu den Allgemeinen Herausforderungen zählen:

- Menschliche Herausforderungen
- Ethische Herausforderungen
- Technologische Infrastruktur und Integration
- Bauliche Anpassung und Infrastrukturplanung
- Regulatorische und datenschutzrechtliche Herausforderungen
- Finanzierung und Kostenstruktur
- Technologieverfügbarkeit
- Veränderung von Arbeitsprozessen
- Zuverlässigkeit und Genauigkeit von KI Systemen
- Haftung
- IT-Sicherheit und Cybersecurity

Innovationspotentiale offener 5G/6G-basierter Kommunikationstechnologien

Anwendungen im Bereich der Robotik, KI und allgemein der Digitalisierung bieten auf allen Organisationsebenen der klinischen Versorgung ein enormes Potenzial. Um diese zu realisieren, ist eine leistungsfähige, sichere und offene Kommunikationsinfrastruktur entscheidend. Sie ist Grundlage für die nahtlose Vernetzung von medizinischen Geräten, der Erfassung und Übertragung von Patienten-/Gesundheitsdaten sowie den Zugang zu Telemedizin und Fernüberwachung in Echtzeit. Durch 5G-basierte Campusnetze lässt sich eine Kommunikationsinfrastruktur realisieren, welche durch einen exklusiven Frequenzbereich auf bestimmte Anwendungen im Krankenhaus (z. B. Verfügbarkeit und Kapazität) optimiert werden kann. Doch obwohl 5G Campusnetze im klinischen Umfeld als sehr vielversprechend bewertet werden, steht der flächendeckende Einsatz großen Herausforderungen gegenüber. Zum einen hohe Investitions- und Betriebskosten. Dies liegt zum einen an hohen Anschaffungskosten der von einigen wenigen Herstellern angebotenen (proprietären) Systemlösungen, zum anderen an den Lizenz- und Wartungsgebühren für die Nutzung der Software. Eine weitere Herausforderung ist die Kompatibilität mit bestehender Kommunikationsinfrastruktur, da Krankenhäuser oft eine Vielzahl unterschiedlicher Funkssysteme verwenden. Darüber hinaus verfügen konventionelle 5G-Systeme über keine oder nur wenige offene Schnittstellen. Fehlende Offenheit oder Standardisierung dieser Schnittstellen schränkt die Zusammenarbeit auf bestimmte Anbieter ein, was Innovationen behindert.

Um den technischen Herausforderungen der digitalen Modellklinik zu begegnen kann eine 6G-fähige Campusnetz-Infrastruktur auf Basis von Open-RAN-Technologie genutzt werden, welche auf die spezifischen Anforderungen von Anwendungen im Gesundheitsbereich ausgerichtet ist. 6G-basierte Campusnetze bieten gerade für Einrichtungen des Gesundheitssystems eine einmalige Chance, durch ein neues, innovatives Ökosystem an der Schnittstelle zwischen Kommunikationstechnik und klinischer Anwendung zu profitieren:

- Die Integration verschiedener Netztechnologien im Krankenhaus („Network of Networks“) ermöglicht eine effiziente, sichere und nahtlose Integration bestehender Systeme wie WiFi oder DECT NR+ (non-3GPP Access). Durch die Zusammenführung dieser Technologien in einer zentralen 6G Infrastruktur können unterschiedliche Anwendungen und Dienstgüteklassen bedarfsgerecht orchestriert werden.
- Sensing als Teil der Kommunikationsinfrastruktur (inkl. ICAS): Ein wesentliches Merkmal von 6G ist die Integration von Kommunikation und Sensing. Diese Kombination ermöglicht eine tiefere Kontextwahrnehmung und kann z.B. zur Steigerung der Konnektivität für kritische Anwendungen wie der Patientenüberwachung und vernetzter Robotik genutzt werden.
- Semantische Kommunikation und verteilte KI spielt eine zentrale Rolle in der Robotik für medizinische Anwendungen. Unterstützt durch Fortschritte in der 6G-Kommunikation, im maschinellen Lernen und im Edge Computing können solche Ansätze robotergestützte Anwendungen, z. B. in der Chirurgie oder der Patientenüberwachung, wesentlich sicherer, effizienter und flexibler machen.

Beispiel: ICAS für Kognitive Patientenzimmer: Kognition, Sensorik und vernetzte Intelligenz in drahtlosen Netzwerken revolutionieren die Patientenversorgung, indem sie die Konnektivität verbessern und die datengesteuerte Entscheidungsfindung in

Gesundheitssystemen vorantreiben. Aktuelle Trends im Bereich des Patientenmonitorings bestehen in der Miniaturisierung von Geräten, der zunehmenden Nutzung von Wearables und dem Ersatz kabelgebundener Systeme zu Gunsten drahtloser Lösungen. Netzwerkgestützte Sensoren ermöglichen eine Echtzeit-Gesundheitsüberwachung, indem sie die Vitalparameter kontinuierlich überwachen und die Daten nahtlos an die Gesundheitsdienstleister übermitteln. Dieser proaktive Ansatz erleichtert rechtzeitige Eingriffe und unterstützt innovative Lösungen für die Fernversorgung, die die Versorgung über die traditionellen Einrichtungen hinaus erweitern.



Abbildung 9 Beispielanwendung für eine ICAS-Anwendung im klinischen Bereich

Integrierte Kommunikation und Sensorik (Integrated Communication and Sensing, ICAS) kombiniert effektiv Sensor- und Kommunikationsfunktionen, was die betriebliche Effizienz erheblich verbessert und schnelle Reaktionen im klinischen Umfeld ermöglicht. Darüber hinaus bietet die Sub-THz-Sensorik eine hochauflösende Sensorik für die Bewegungserkennung und Echtzeitüberwachung von Vitalparametern. Kabel- und kontaktlose Systeme bergen bei suffizienter Reliabilität das Potential den Komfort von Patienten und die Arbeitsergonomie von behandelnden Personen grundlegend zu verbessern. Zusammengenommen haben diese fortschrittlichen Technologien das Potenzial, ein stärker vernetztes und intelligenteres Ökosystem im Gesundheitswesen zu schaffen, das zu besseren Ergebnissen für die Patienten und einem reaktionsschnelleren Ansatz im Gesundheitsmanagement führt. Durch die Nutzung dieser Innovationen kann das Gesundheitswesen die sich entwickelnden Bedürfnisse von Patienten und medizinischem Personal gleichermaßen besser erfüllen.

Implementierungsstrategie – Nicht-technische Faktoren

Nicht-technische Faktoren, die bei der ganzheitlichen Implementierung innovativer Technologien in die digitale Modellklinik eine zentrale Rolle spielen, wurden umfassend betrachtet und dokumentiert. Dabei flossen rechtliche, ökonomische, praktische und organisatorische Anforderungen sowie die Prioritäten der Stakeholder ein. Hier folgt eine stichwortartige Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte zur Fokussierung auf die Kernpunkte:

1. **Ganzheitlicher Ansatz:** Die Integration moderner Technologien erfordert eine gesamtheitliche Betrachtung nicht-technischer Faktoren wie rechtlicher Rahmenbedingungen, wirtschaftlicher Tragfähigkeit und organisatorischer Veränderungen.
2. **Organisatorische Innovationen:**
 - Neue Bautechniken und spezialisierte Infrastruktur, z.B. ein separater Roboterlift oder Einheiten mit CDSS-Technologie und Radarüberwachung.
 - Anpassung der Krankenhausabläufe an digitale Technologien, z. B. durch Automatisierung von Logistikprozessen.
3. **Ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen:** Eine diversifizierte Technologieauswahl und die Entwicklung tragfähiger finanzieller Lösungen sind entscheidend, um eine nachhaltige Implementierung zu gewährleisten.
4. **Stakeholder-Prioritäten:** Die Erwartungen aller Beteiligten, von medizinischem Personal über Patienten bis hin zu technischen Entwicklern, müssen berücksichtigt werden, um die Akzeptanz und Effizienz der Lösungen zu maximieren.

Aktionspunkte zur Umsetzung:

Basierend auf den Ergebnissen wurde ein Innovationskonzept für die digitale Modellklinik ausgearbeitet, insbesondere im Hinblick auf den DHZC Neubau, der eine einmalige Gelegenheit für eine praktische Umsetzung dieses Konzeptes bietet. Langfristiges Ziel kann ein noch weiter umfassendes Konzept zur Schaffung eines Exzellenzclusters für "vernetzte Medizin" am Standort Berlin sein. Die etablierte Zusammenarbeit von international renommierten Kommunikations- und Medizinspezialisten (HHI und Charité) versetzt Berlin in eine ideale Lage dazu. Ein wesentlicher Punkt ist die interdisziplinäre Verknüpfung von Grundlagenforschung und Anwendungen. Das Innovationskonzept basiert auf einer interdisziplinären Forschungsstrategie, die digitale Medizin und moderne Kommunikationstechnologien durch folgende Bausteine miteinander verbindet.

- **Technologie und Forschung:** Die Entwicklung neuer Technologien steht im Mittelpunkt der Forschung. Hier werden Konzepte für intelligente Kommunikationssysteme, KI-gestützte medizinische Anwendungen und vernetzte Sensorsysteme erarbeitet.
- **Offene Test-Infrastrukturen und Integrationslabore:** Um die Praxistauglichkeit neuer Lösungen sicherzustellen, werden offene Testumgebungen geschaffen. Diese ermöglichen es, innovative Technologien frühzeitig in realitätsnahen Szenarien zu erproben und weiterzuentwickeln.
- **Evaluation und Tests:** Nach der Integration erfolgt eine umfassende Evaluierung. Hierbei werden Systeme unter realen Bedingungen getestet, um ihre Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Interoperabilität sicherzustellen.
- **Demonstratoren und Anwendungen:** Die Forschungsergebnisse fließen in konkrete Anwendungsbereiche ein, wie z. B.:
 - Connected Robotics für automatisierte medizinische Assistenzsysteme,
 - Medical AI/IoT für intelligente Diagnostik und vernetzte Gesundheitsdaten,
 - Monitoring & Sensing zur nichtinvasiven Erfassung von Vitalparametern.

Dieser Ansatz schafft eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und praktischer Anwendung, um innovative Lösungen für die digitale Medizin zu ermöglichen.

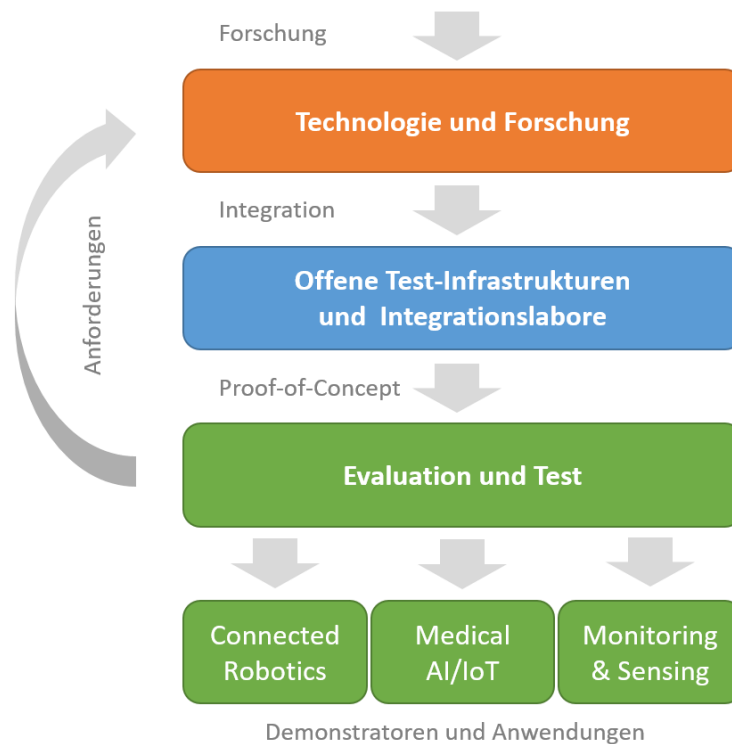


Abbildung 10 Darstellung der Bausteine des Innovationskonzepts als Brücke zwischen Grundlagenforschung und praktischer Anwendung, um innovative Lösungen für die digitale Medizin zu ermöglichen.

Abschließend wurden konkrete Aktionspunkte für eine mögliche Umsetzung des Innovationskonzeptes der digitalen Modellklinik zusammengefasst, darunter:

Vertiefung der interdisziplinären Zusammenarbeit

- Förderung eines regelmäßigen Austauschs im Rahmen von thematisch gegliederten interdisziplinären Arbeitsgruppen.
- Gemeinsame Forschung, z. B. im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten auf EU- und nationaler Ebene zu zukunftsgestaltenden Themen.

Aufbau und Erweiterung von Test- und Integrationszentren sowie Reallabore

- Einrichtung von gemeinsamen Testbeds und Versuchslaboren an HHI und Charité, bzw. Integration der bestehenden Infrastruktur, wie z. B. 6G-RIC,
- Aufbau von Reallaboren in Zusammenarbeit mit der Industrie und Startups für die Durchführung klinischer Studien und Systemtests, ggf. als Verwertungsmodell.
- Eine einmalige Chance stellen die Mockup-Räume, welche im Rahmen des DHZC-Neubau installiert wurden, dar. Diese könnten als Test- und Integrationsumgebung für die Erprobung von Innovationen in realistischem Setting (z.B. autonome Logistik-Roboter, IT/O-RAN Infrastruktur, Monitoring und Sensing, etc.) erweitert werden.

Vernetzung mit Industrie und Fachgesellschaften sowie Transfer in Regulatorik und Standardisierung

Ein "Beitrag zu nationalen und internationalen Leitlinien" kann im Bereich 6G für digitale Medizin angestrebt werden. Das bedeutet, dass die Partner HHI / Charité über ihre Netzwerke in die Industrie an der Entwicklung von Standards, Vorschriften und Best Practices für den Einsatz von 6G-Technologie im Gesundheitswesen mitwirken. Konkret könnte das Folgendes umfassen:

- Technische Standards für 6G im Gesundheitswesen
 - Definition von Anforderungen an Latenz, Datensicherheit und Netzwerkinfrastruktur für medizinische Anwendungen.
 - Entwicklung von Protokollen zur Datenübertragung in Echtzeit, z. B. für Telemedizin, Remote-OPs oder KI-gestützte Diagnostik.
- Regulatorische Rahmenbedingungen
 - Mitgestaltung von Datenschutz- und Sicherheitsrichtlinien für den Austausch sensibler Patientendaten über 6G-Netze.
 - Einhaltung nationaler und internationaler Gesundheitsvorschriften (z. B. DSGVO, HIPAA).
- Ethische und soziale Aspekte
 - Entwicklung von Leitlinien zur sicheren Nutzung von KI und vernetzten Medizingeräten im 6G-Umfeld.
 - Empfehlungen zur Chancengleichheit beim Zugang zu 6G-basierter Gesundheitsversorgung, z. B. in ländlichen Regionen.
- Interoperabilität und Zusammenarbeit
 - Festlegung von Standards, die eine kompatible Nutzung medizinischer Geräte und Systeme weltweit ermöglichen.
 - Unterstützung von Forschung und Testumgebungen für neue Anwendungen, etwa für intelligente Krankenhäuser oder mobile Gesundheitsversorgung.

Einbindung junger Unternehmen und Startups

- Hierbei können bestehende Netzwerke und Institutionen der Charité und des HHI zur Förderung von Gründungen am Standort (z. B. im Rahmen bestehender Acceleratoren wie z. B. xG-Incubator, Science & Startups, BIH) integriert werden.

Ausbildung / Nachwuchsförderung

- Förderung von Grundlagenkompetenz im Bereich "vernetzter Medizin" durch Integration der bestimmten Themen in Ausbildung und Lehre, z.B. neue Vorlesungen, Summerschools und „Hackathons“ in Kooperation mit HHI, TU-Berlin und Charité.
- Schaffung eines interdisziplinären PhD/Master-Programms im internationalen Austausch mit Partneruniversitäten.

7. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten Positionen sind Personalmittel, welche für die inhaltliche Bearbeitung des Arbeitsplanes aufgewandt wurden. Darüber hinaus beinhalten die Sachkosten Mittel für die Organisation, Durchführung und inhaltliche Begleitung der Workshops, Mittel für die Ausstattung von Demonstratoren und Showrooms sowie Reisemittel.

8. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Projektvorhaben strebte eine interdisziplinäre Vernetzung auf medizinisch und technisch höchstem Niveau an. Die Technologien und Anwendungen gehen weit über den aktuellen Stand der Technik hinaus. Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, da das Projekt mit erheblichen wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Risiken verbunden war. Die komplexen technischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen erforderten eine sorgfältige Entwicklung und Evaluierung der Technologien.

9. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das aus dem Projekt entstandene Konzept der digitalen Modellklinik liefert multiple Verwertungsmöglichkeiten, die weit über die Charité hinausreichen. Der vorliegende Bericht fasst die Erkenntnisse des DigiCare2030 Projektes zusammen und stellt ein ganzheitliches Konzept zur Implementierung der digitalen Innovationen in der digitalen Modellklinik unter Berücksichtigung der Meinungen der verschiedenen beteiligten Stakeholder. Das hier vorgestellte Innovationskonzept ist keineswegs eine abstrakte Vision von weit in der Zukunft liegenden Möglichkeiten, sondern zum größten Teil im Hinblick auf die technischen Möglichkeiten schon jetzt oder in naher Zukunft implementierbar. Das Ausmaß der Veränderungen, die die digitalen Technologien im Gesundheitssektor und im Besonderen im Krankenhaus ermöglichen, sowie das damit verbundene Verbesserungs- und Optimierungspotenzial der medizinischen Versorgung sind enorm. Durch sorgfältige Planung und Berücksichtigung von vorhandenen Lösungsansätzen für die verschiedenen Herausforderungen kann dieses Potenzial maximiert werden. Der DHZC Neubau bietet eine einmalige Gelegenheit, dieses Konzept in der Praxis zu realisieren.

10. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Durchführung des Vorhabens wurden stets die neuesten Erkenntnisse berücksichtigt. Es sind keine unmittelbaren Fortschritte bekannt geworden, die die inhaltliche oder formelle Planung beeinflusst hätten.

11. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr.11.

Eine weitere Veröffentlichung der Ergebnisse, z. B. im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit im Zuge zukünftiger Kooperationen, ist angestrebt.