

Transformation des Gesundheitswesens

Potenziale und Implikationen von Künstlicher Intelligenz und Robotik in Deutschland

A woman with blonde hair tied back is wearing a white EEG cap with numerous white electrodes and a dense network of white wires. She is looking upwards and to the right with a focused expression. In the background, a large monitor displays medical data, including two axial brain scan images (CT or MRI) and a grid of small colored squares (green, red, blue).

**Wir
gestalten
Zukunft**

VDI Research

Bild: © Getty Images/janiecbros

Transformation des Gesundheitswesens

Potenziale und Implikationen von Künstlicher Intelligenz und Robotik in Deutschland

1. Einführung

Künstliche Intelligenz (KI) und Robotik entwickeln sich zu zentralen Transformationstreibern im deutschen Gesundheitswesen. KI bezeichnet den Einsatz maschineller Lernalgorithmen zur Analyse medizinischer Daten und zur Unterstützung klinischer Entscheidungen.¹ Robotik umfasst physische Systeme von chirurgischen Instrumenten bis zu Assistenzrobotern.²

Die prognostizierte Marktentwicklung unterstreicht diese Dynamik: Der deutsche Markt für Servicerobotik, maßgeblich getrieben durch den Gesundheitssektor und eine alternde Bevölkerung, soll bis 2033 von 1,4 Mrd. US-Dollar (2024) auf 20,8 Mrd. US-Dollar anwachsen, was einer jährlichen Wachstumsrate von 35 % entspricht.³

Diese technologische Expansion wird von einer breiten Überzeugung getragen: 64 % der Führungskräfte im Gesundheitssektor erwarten eine tiefgreifende Transformation.⁴ Auch in der Bevölkerung steigt die Akzeptanz: 50 % der gesetzlich Versicherten können sich den Einsatz von KI und Robotik vorstellen, während 80 % von den Vorteilen überzeugt sind.⁵

2. Einfluss von KI und Robotik auf das Gesundheitswesen der Zukunft

2.1 Aktuelle Anwendungsbereiche

Medizinische Bildgebung und Diagnostik

KI-Algorithmen revolutionieren die Bilddatenanalyse. Deep-Learning-Systeme analysieren Röntgen-, Magnetresonanztomografie(MRT)-

und Computertomografie(CT)-Aufnahmen mit einer Genauigkeit, die ärztliche Diagnostik erreicht oder übertrifft.⁶ In der Radiologie werden sie zur Tumorfürherkennung und Fallpriorisierung eingesetzt.

Computational Photonics – die Verbindung optischer Bildgebung mit KI – kombiniert Mikroskopie, Neurophotonik und Optische Kohärenztomografie (OCT) mit maschinellem Lernen, um Gewebestrukturen auf zellulärer Ebene zu analysieren und pathologische Veränderungen in extrem frühen Stadien zu identifizieren.⁷

Roboterassistierte Chirurgie

Roboterassistierte Systeme wie da Vinci kombinieren mechanische Präzision mit KI-gestützter Bildanalyse und ermöglichen minimal-invasive Eingriffe mit reduziertem Blutverlust und verkürzten Genesungszeiten.⁸ In der Neurochirurgie nutzen KI-gestützte Präzisionsroboter Sprach- und Gestensteuerung sowie Echtzeit-Bildgebung für höchste Sicherheit.⁹

KI-gestützte Entscheidungsunterstützung

Clinical Decision Support Systems (CDSS) analysieren umfangreiche Patientendaten und schlagen evidenzbasierte Behandlungsstrategien vor. Sie identifizieren Medikamentenwechselwirkungen, erkennen Kontraindikationen und berücksichtigen Komorbiditäten sowie genetische Prädispositionen.¹⁰

Prozessoptimierung

KI-Systeme optimieren Bettenbelegung, OP-Planung und Personaleinsatz durch die Analyse

¹ IBM (o. J.)

² SPECTARIS (2025)

³ Renub Research (2025)

⁴ Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer (2025)

⁵ Vention (2024)

⁶ Andersen (2024)

⁷ Academia.edu (o. J.)

⁸ SPECTARIS (2025)

⁹ Ebenda

¹⁰ IBM (o. J.)

historischer Daten.¹¹ Algorithmen zur Mustererkennung ermöglichen es, verdächtige Strukturen in Abrechnungsdaten systematisch zu identifizieren. Der Branchenverband SPECTARIS weist auf ein erhebliches Schadenspotenzial durch Abrechnungsunregelmäßigkeiten von schätzungsweise 380 Mrd. Euro jährlich hin.¹² KI-gestützte Systeme können zur frühzeitigen Erkennung solcher Anomalien beitragen und damit einen wichtigen Baustein für die Integrität des Gesundheitssystems darstellen.

Dezentrale Versorgung

Das Internet der medizinischen Dinge (IoMT) vernetzt tragbare Sensoren und Heimüberwachungsgeräte für die kontinuierliche Gesundheitsüberwachung. Telemedizinische Plattformen nutzen KI zur Triage und unterstützen Ärzte bei Video-Konsultationen, was insbesondere die medizinische Versorgung in ländlichen Regionen verbessert.¹³

Pflegeunterstützung

Mobile Transportroboter automatisieren die Logistik und befreien Pflegekräfte für die direkte Patientenversorgung.¹⁴ Mobilisierungsroboter unterstützen bei Patiententransfers und reduzieren Muskel-Skelett-Erkrankungen beim Personal.¹⁵ Exoskelette ermöglichen adaptive Rehabilitationsunterstützung mit Produktivitätssteigerungen um bis zu 30 %.¹⁶

Monitoring-Systeme kombinieren Sturzdetection, berührungsloses Vitalparameter-Monitoring und Verhaltensanalyse. Soziale Roboter zeigen positive Effekte auf Wohlbefinden und soziale Interaktion, besonders bei Demenzpatienten.¹⁷ Die automatisierte Dokumentation durch Spracherkennung reduziert administrativen Aufwand um bis zu 50 %.¹⁸

2.2 Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung

Die Automatisierung repetitiver Aufgaben adressiert den Fachkräftemangel direkt. KI-gestützte Dokumentationssysteme können bis zu 30 % administrative Arbeitszeit einsparen.¹⁹ Die Diagnosegenauigkeit steigt bei bestimmten Pathologien um 15 bis 20 %, was besonders bei Krebsarten lebensrettend sein kann.²⁰

Predictive Analytics ermöglicht optimierte Ressourcennutzung mit Effizienzsteigerungen um bis zu 30 % in administrativen Prozessen.²¹

3. Technologische Entwicklungen und Medizintechnik

3.1 Veränderung der Medizintechnik

Intelligente Implantate und Wearables

Die nächste Generation medizinischer Wearables erfasst kontinuierlich mit diagnostischer Qualität Biomarker wie Blutzuckerwerte – und zwar ohne Blutentnahme –, Elektrokardiogramm(EKG)-Daten und Frühwarnzeichen für Herzinfarkte.²² Intelligente Implantate wie moderne Herzschrittmacher kommunizieren drahtlos, übermitteln Gesundheitsdaten und ermöglichen adaptive Therapieanpassungen. Neuronale Stimulatoren nutzen KI zur Mustererkennung und für autonome Therapieentscheidungen.²³

Integration in medizinische Geräte

KI wird in biomedizinische Bildgebung integriert: Ultraschallgeräte nutzen automatische Bildsegmentierung, MRT-Systeme Artefaktreduktion, CT-Scanner Strahlendosisoptimierung.²⁴ Laborautomationssysteme erreichen durch KI neue Durchsatz- und Präzisionsniveaus.²⁵

¹¹ Andersen (2024)

¹² SPECTARIS (2025)

¹³ London Data Consulting (2024)

¹⁴ SPECTARIS (2025)

¹⁵ Ebenda

¹⁶ Ebenda

¹⁷ Vention (2024)

¹⁸ Andersen (2024)

¹⁹ PwC (o. J.)

²⁰ Andersen (2024)

²¹ PwC (o. J.)

²² London Data Consulting (2024)

²³ TechNavigator (2024)

²⁴ Ebenda

²⁵ Bundesärztekammer (2025)

Computational Photonics

Super-Resolution-Mikroskopie visualisiert zelluläre Strukturen unter 200 Nanometern. Neurophotonik manipuliert neuronale Aktivität mittels optogenetischer Methoden. OCT wird von Ophthalmologie auf kardiovaskuläre Diagnostik erweitert, wobei KI komplexe Daten analysiert und pathologische Veränderungen identifiziert.²⁶

Personalisierte Eingriffe und neue Therapien

KI spielt in der Genetik eine immer größere Rolle, weil sie riesige Mengen biologischer Daten analysieren kann – Genomsequenzen, Proteindaten, Stoffwechselfparameter usw. Dadurch lassen sich Wirkstoffziele schneller identifizieren, Moleküle gezielter entwerfen und personalisierte Therapieansätze entwickeln, besonders im Bereich seltener Erkrankungen oder der Onkologie.²⁷

Dabei wird der digitale Zwilling als virtuelles, dynamisches Abbild der zu behandelnden Person, das sämtliche relevante biologische Informationen enthält, eine entscheidende Rolle spielen.

3.2 Computer-Brain-Interfaces (BCIs)

Technologischer Stand

Nicht invasive BCIs (Elektroenzephalografie (EEG), funktionelle Nahinfrarot-Spektroskopie (fNIRS)) profitieren von verbesserten KI-Algorithmen zur Signaldekodierung und sind risikoarm für Rehabilitation und Kommunikation geeignet.²⁸ Invasive BCIs mit Mikroelektroden-Arrays ermöglichen die hochauflösende Dekodierung komplexer motorischer Intentionen und Neuroprothesensteuerung.²⁹

Potenziale für neurologische Erkrankungen

Bei Lähmungen überbrücken BCIs die Gehirn-Muskulatur-Verbindung für Exoskelett- und Rollstuhlsteuerung. Bei Epilepsie erkennen prädiktive BCIs Anfallmuster im Voraus und ermöglichen präventive Interventionen. Die adaptive Tiefenhirnstimulation (aDBS) passt bei Parkin-

sonerkrankungen Parameter dynamisch an und verbessert die Symptomkontrolle. In der Schlaganfall-Rehabilitation fördern BCI-gestützte Neurofeedback-Systeme die Neuroplastizität.³⁰

3.3 KI und Robotik in der Pflege

KI und Robotik werden die Pflege entscheidend verändern. Eine Studie ergab, dass 64 % der Patientinnen und Patienten³¹ mit dem Einsatz von KI zur Unterstützung des Pflegepersonals einverstanden sind, um rund um die Uhr Antworten auf Fragen zu erhalten. Die virtuellen, KI-gestützten Pflegeassistenten können das Klinikpersonal bei Routineaufgaben entlasten.

Weiterhin kann KI dazu beitragen, dass Medikationsinteraktionen besser erkannt werden, und zwar inklusive Fehlern bei der Selbstverabreichung von Medikamenten.³²

In der zukünftigen Pflegewelt wird die Robotik drei große Rollen übernehmen: Entlastung der Pflegekräfte (Routine, körperlich schwere Aufgaben), Unterstützung der Pflegebedürftigen (Alltagshilfe, Mobilität, Sicherheit) sowie Förderung von Selbstbestimmtheit und Lebensqualität (soziale Interaktion, Aktivierung, Assistenzsysteme). Die demografische Entwicklung und der Fachkräftemangel machen diese Entwicklung nicht nur sinnvoll, sondern notwendig.

4. Evaluation

4.1 Messung der Veränderungen

Die systematische Bewertung der Transformation verlangt nach einem mehrdimensionalen Evaluationsrahmen, der die Komplexität der Veränderungen in ihrer ganzen Breite erfasst. Vier zentrale Dimensionen müssen dabei parallel betrachtet werden, um ein vollständiges Bild der Auswirkungen zu gewinnen.

Prozesseffizienz als erste Dimension erfordert zunächst die Etablierung präziser Baseline-Messungen, die den aktuellen Zustand dokumentieren.

²⁶ World of Photonics (2024)

²⁷ Healthcare Shapers (2025)

²⁸ Bundesärztekammer (2025)

²⁹ TechNavigator (2024)

³⁰ Bundesärztekammer (2025)

³¹ Healthcare Shapers (2025)

³² Nature Medicine (2021)

Die administrative Zeitreduktion lässt sich durch systematische Erfassungen quantifizieren – wie viel Zeit fließt in Dokumentation, Terminplanung, Abrechnungsprozesse? Durchlaufzeiten markieren kritische Systemindikatoren: von der Aufnahme bis zur Diagnose, von der Diagnose bis zum Therapiebeginn. Die durchschnittliche Verweildauer signalisiert nicht nur Effizienz, sondern auch Qualität, wenn verkürzte Zeiten bei gleichbleibenden Outcomes eine effektivere Behandlung anzeigen. Wartezeiten – in Notaufnahmen, für elektive Eingriffe, für diagnostische Verfahren – sind für Patienten und Patientinnen unmittelbar spürbare Faktoren. Die Ressourcenauslastung von OP-Sälen, Betten und Geräten gibt schließlich Aufschluss über die Effizienz der Kapazitätsnutzung. Quartalsweise Messungen mit jährlicher Trendanalyse ermöglichen es, saisonale Schwankungen zu berücksichtigen und langfristige Entwicklungen zu identifizieren.

Besonders zu betrachten ist auch die Vermeidung ambulanter und stationärer Behandlungen durch Verlagerung der Versorgung ins Patientenumfeld, wobei systematisch zu analysieren ist, in welchem Umfang kostenintensive Prozessschritte – etwa Notaufnahmekontakte, stationäre Aufnahmen oder diagnostische Routinen – vollständig entfallen können, wenn Diagnose und Therapie frühzeitig außerhalb der etablierten Klinikprozesse stattfinden.

Medizinische Qualität als zweite Dimension muss durch präzise definierte und evidenzbasierte Metriken über alle Versorgungssettings hinweg – stationär, ambulant und im häuslichen Umfeld – erfasst werden. Die prospektive Validierung der diagnostischen Genauigkeit KI-gestützter Systeme vergleicht Sensitivität und Spezifität mit etablierten Goldstandard-Verfahren. Dabei geht es nicht nur um reine Genauigkeit, sondern auch um Konsistenz über verschiedene Patientengruppen und Versorgungskontexte hinweg, um systematische Verzerrungen zu identifizieren. Therapieerfolgswerten – gemessen an Remissionsraten, Komplikationsraten, Reoperationsraten – sollten differenziert nach Diagnosegruppen erfasst werden. Patientensicherheitsindikatoren wie Medikationsfehler, nosokomiale Infektionen oder vermeidbare unerwünschte Ereignisse fungieren als sensitive Marker für Systemqualität. Die Leit-

linienadhärenz schließlich – der Prozentsatz der Behandlungen, die evidenzbasierten Leitlinien folgen – gibt Aufschluss über die Qualität der medizinischen Entscheidungsfindung in Klinik, Praxis und im häuslichen Setting. Ein kontinuierliches, möglichst in kurzen Intervallen (bis hin zu nahezu Echtzeit) erfolgendes Monitoring ermöglicht schnelle Reaktionen auf erkannte Probleme.

Die Perspektive von Patienten und Patientinnen und Personal als dritte Dimension ist von fundamentaler Bedeutung und wird durch standardisierte, validierte Instrumente erfasst. Patient-Reported Outcome Measures (PROMs) dokumentieren subjektive Gesundheitszustände durch standardisierte Fragebögen zu Symptombelastung, funktionalem Status und Lebensqualität. Patient-Reported Experience Measures (PREMs) fokussieren die Erfahrung der Versorgung selbst – Zufriedenheit mit Kommunikation, empfundene Wartezeiten, Behandlungsumgebung. Die Personalzufriedenheit erfasst die Arbeitsbelastung, die wahrgenommene Unterstützung durch technische Systeme und Work-Life-Balance. Burnout-Raten, etwa gemessen durch das Maslach Burnout Inventory, sind kritische Indikatoren für die Nachhaltigkeit des Systems. Wo immer möglich sollten KI-gestützte, digital unterstützte Monitoring-Systeme eingesetzt werden, die eine kontinuierliche oder zumindest hochfrequente Erfassung dieser Indikatoren erlauben und Trends frühzeitig sichtbar machen; punktuelle Befragungen können ergänzend so gestaltet werden, dass sie die Belastung der Teilnehmenden minimieren.

Ökonomische Auswirkungen als vierte Dimension müssen sorgfältig analysiert werden, um die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Transformation zu beurteilen. Kosten-Nutzen-Analysen berücksichtigen nicht nur direkte Kosten, sondern auch indirekte Effekte wie reduzierte Komplikationen, verkürzte Krankenhausaufenthalte, vermiedene ambulante oder stationäre Behandlungen und Wiederaufnahmen. Zugleich wird deutlich, dass die derzeitigen Finanzierungssysteme diesen langfristigen und sektorübergreifenden Nutzen nur unzureichend abbilden; perspektivisch sollten Finanzierungsmechanismen so weiterentwickelt werden, dass sie Investitionen in präventive, digitale und vernetzte Versorgungsformen systema-

tisch begünstigen. Der Return on Investment für Technologie-Investitionen ist daher realistisch über längere Zeiträume mit ausgeprägter Lernkurve und organisatorischer Anpassung zu denken, auch wenn die aktuellen Vergütungssysteme dies noch nicht vollumfänglich widerspiegeln. Die Total-Cost-of-Ownership-Analyse umfasst alle Kostenfaktoren: Anschaffung, laufender Betrieb, Wartung und Support, kontinuierliche Schulungen, notwendige Hardware- und Software-Upgrades. Produktivitätskennzahlen wie Behandlungen pro Zeiteinheit sollten stets in Relation zur Qualität gesetzt werden, um zu vermeiden, dass Effizienzsteigerungen zulasten der Versorgungsqualität gehen. Die Frequenz ökonomischer Analysen sollte dabei flexibel am Einsatzkontext ausgerichtet werden: Für schnell adaptierbare, patientennahe Technologien wie Wearables oder Home-Monitoring-Lösungen sind eng getaktete, ggf. quartalsweise oder noch häufigere Updates sinnvoll, während für kapitalintensive, weniger dynamische Systeme – etwa bildgebende Großgeräte in der Klinik – längere Bewertungszyklen angemessen sein können.

4.2 Qualitätssicherung bei kurzen Entwicklungszyklen

Der EU AI Act stuft KI im Gesundheitswesen als „Hochrisiko“ ein, weil Fehler hier direkt Leben und Gesundheit betreffen können. Im Kern geht es um fünf Risikoaspekte: den unmittelbaren Einfluss auf Diagnose- und Therapieentscheidungen, die besondere Verletzlichkeit von Patientinnen und Patienten, die hohe Sensibilität und Missbrauchsanfälligkeit von Gesundheitsdaten, die Gefahr systematischer Verzerrungen durch unausgewogene Trainingsdaten sowie die Intransparenz komplexer KI-Systeme und die daraus resultierende Abhängigkeit der Nutzer und Nutzerinnen von schwer nachvollziehbaren Algorithmen.³³

Für robotergestützte chirurgische Geräte gilt die internationale Norm der International Electrotechnical Commission IEC 80601-2-77 mit IECCE-Konformitätsbewertung. Inhaltlich regelt sie spezifische Sicherheits- und Leistungsanfor-

derungen für medizinische robotische Geräte und robotische Assistenzsysteme, insbesondere solche, die z. B. in der Chirurgie oder der interventionellen Medizin eingesetzt werden.³⁴ Angesichts der sich rasant weiterentwickelnden Robotik – mit zunehmend leistungsfähigeren Antrieben und hochdynamischen, KI-gestützten Softwaresystemen – gewinnt dabei ein kontinuierlicher, lebenszyklusbegleitender Qualitäts- und Sicherheitsnachweis an Bedeutung, etwa durch regelmäßige Re-Zertifizierungen, strukturierte Software-Updates unter klar definierten Validierungsprotokollen und fortlaufende Leistungs- und Sicherheitsüberwachung im klinischen Einsatz.

Unausgewogene Trainingsdatensätze begünstigen Algorithmic Bias und können in der Folge zu systematisch verzerrten, diskriminierenden Ergebnissen führen.³⁵ Dem lässt sich nur durch vielfältige, repräsentative Datengrundlagen, eine fortlaufende Validierung der Modelle, etablierte Verfahren zur Bias-Erkennung sowie eine transparente, nachvollziehbare Dokumentation begegnen.

Neue regulatorische Instrumente tragen dieser Dynamik Rechnung: Regulatory Sandboxes ermöglichen kontrollierte Erprobungen im Realumfeld, Adaptive Licensing unterstützt eine schrittweise, evidenzbasierte Zulassung, und spezialisierte Frameworks für Continuous-Learning-Systeme definieren, wie Out-of-Distribution Detection als zentraler Sicherheitsmechanismus eingesetzt wird, um bei ungewohnten Datenkonstellationen sichere Systemzustände zu gewährleisten.³⁶

5. Neuorganisation der Gesundheitsversorgung

5.1 Wandel der Patientenbeziehung

KI-gestützte Symptomchecker und Gesundheits-Apps verändern die Dynamik: Informierte Patienten und Patientinnen partizipieren aktiver, aber Fehlinformationen (Cyberchondrie) erschweren Beratungsgespräche.³⁷

³³ Bundesärztekammer (2025)

³⁴ SPECTARIS (2025)

³⁵ healthcare-in-europe.com (2023)

³⁶ SPECTARIS (2025)

³⁷ PwC (o. J.)

Chatbots und virtuelle Assistenten fungieren als Erstanlaufstelle mit 24/7-Verfügbarkeit für Triage und Selbstpflegeempfehlungen. Ein Drittel der Bevölkerung kann sich KI-Diagnostik vorstellen, die Akzeptanz variiert nach Erkrankungsschwere.³⁸

Video-Sprechstunden entwickeln sich zum integralen Versorgungsbestandteil mit automatischer Transkription, Echtzeit-Entscheidungsunterstützung und Post-Konsultations-Follow-up.³⁹ KI unterstützt Shared-Decision-Making durch die Personalisierung individueller Risiko-Nutzen-Abwägungen.⁴⁰

Robotik wird allgegenwärtig – unsichtbar, aber hilfreich. Viele Systeme werden im Hintergrund arbeiten (Navigation, Logistik), ohne dass man sie als Roboter wahrnimmt. Pflegekräfte werden zu „Robotik-Coaches“. Ihre Rolle verschiebt sich weg von physischer Belastung hin zur Steuerung, Beobachtung und Interaktion. Roboter ermöglichen Menschen aber auch, länger zuhause zu leben. Intelligente Systeme werden Stürze vorhersagen, Verhalten interpretieren und personalisierte Unterstützung anbieten.

5.2 Neue Kompetenzanforderungen und Berufsbilder

Die medizinische und pflegerische Ausbildung muss digitale Gesundheitskompetenz, kritische Bewertung von KI-Empfehlungen, Datenschutzkenntnisse und ethische Implikationen vermitteln. Technische Bedienkompetenzen für robotergestützte Systeme und Algorithmus-Interpretation sind essenziell.⁴¹

Neue interdisziplinäre Berufsfelder entstehen: Clinical Data Scientists, KI-Ethiker im Gesundheitswesen, Robotik-Koordinatoren, Digital Health Engineers und Photonics in Medicine Specialists.⁴²

Die Rollenprofilierung entwickelt sich in Richtung verstärkter Spezialisierung (komplexe,

atypische Fälle) oder neuem Generalismus (ganzheitliche Patientenbegleitung, Koordination), wahrscheinlich je nach Fachgebiet als Koexistenz beider Modelle.⁴³ Lebenslange Fortbildung durch flexible, modulare Angebote wird zur Notwendigkeit.

6. Strategische Implikationen

6.1 Übergreifende Herausforderungen

Die digitale Transformation des Gesundheitswesens vollzieht sich in einem hochkompetitiven internationalen Umfeld. Deutschland steht dabei vor strategischen Weichenstellungen, die über die bloße Technologieadaption hinausgehen und fundamentale Fragen nach Souveränität, Investitionsbereitschaft und internationaler Positionierung aufwerfen.

Der globale Wettbewerb intensiviert sich dramatisch. Während die USA ihre Dominanz in der KI-Grundlagenforschung und durch die Ressourcen ihrer Technologiegiganten ausbauen, verfolgt China eine systematische Industrialisierungsstrategie. Der achtfache Anstieg bei der Installation von OP-Robotern innerhalb eines Jahres markiert dort erst den Beginn einer umfassenden Modernisierung.⁴⁴ Deutschland kann in diesem Wettlauf nicht alle Felder parallel bespielen – die Ressourcen sind begrenzt, die Konkurrenz übermächtig.

Stattdessen bietet sich eine fokussierte Schwerpunktsetzung an, die deutsche Stärken nutzt: die Entwicklung verantwortungsvoller KI-Systeme mit hohen ethischen Standards, die Verbindung von KI mit exzellenter Molekularbiologie für Präzisionsmedizin, robotische Systeme als Mensch-Ergänzung statt Mensch-Ersatz sowie die Nutzung optischer Expertise für Computational Photonics. Diese Nischen könnten Deutschland internationale Führungspositionen ermöglichen.

Die zunehmende Abhängigkeit von wenigen globalen Technologiekonzernen und Robotik-

³⁸ Vention (2024)

³⁹ London Data Consulting (2024)

⁴⁰ IBM (o. J.)

⁴¹ Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer (2025)

⁴² Fraunhofer IOF (2025)

⁴³ PwC (o. J.)

⁴⁴ SPECTARIS (2025)

Anbietern entwickelt sich zur strategischen Schwachstelle. Große Cloud- und Plattformanbieter wie Google, Microsoft, Amazon, Alibaba sowie führende Robotik-Unternehmen im OP- und Klinikbereich durchdringen systematisch die digitale Gesundheitsinfrastruktur – von Cloud-Diensten über KI-Frameworks, Datenplattformen und Monitoring-Lösungen bis zu robotischen Systemen im Operationssaal und in der Pflege. Diese Konzentration gefährdet die Datensouveränität hochsensibler Gesundheitsdaten, führt zu technologischem Lock-in mit prohibitiven Wechselkosten und schafft strategische Abhängigkeiten von Unternehmen, deren Geschäftsstrategien und politische Einbindung sich jederzeit ändern können.⁴⁵

Der Ausweg liegt in einer konzertierten europäischen Strategie: Förderung europäischer Cloud- und Dateninfrastrukturen und Open-Source-Alternativen, Entwicklung offener Interoperabilitätsstandards, systematische Investitionen in heimische KI-Kapazitäten und Robotik sowie in eine gemeinsame Infrastruktur für Datennutzung und -monitoring. Zentral ist zudem die Entwicklung einheitlicher, normähnlicher Indikatoren und Verfahren zur Messung und Validierung – vergleichbar mit DIN- oder VDI-Normen –, um Qualität, Sicherheit und Vergleichbarkeit digitaler Gesundheitslösungen zu gewährleisten und zugleich europäische Souveränität zu stärken.

Die Transformation erfordert erhebliche kontinuierliche Investitionen über Jahre hinweg. Die technologische Infrastruktur vieler deutscher Krankenhäuser ist fragmentiert und veraltet – auf dieser Grundlage können fortgeschrittene KI-Anwendungen nicht gebaut werden. Parallel benötigen Forschung und Entwicklung verlässliche Förderung, Gesundheitsfachkräfte systematische Qualifizierung, organisatorische Veränderungsprozesse professionelle Begleitung und Cybersicherheit robuste Architekturen. Programme wie das EU-geförderte DIH HERO mit 16 Mio. Euro sind wichtige Signale, aber gemessen am Gesamtbedarf erschreckend unter-

dimensioniert.⁴⁶ Eine nachhaltige Transformation verlangt eine koordinierte Finanzierungsstrategie, die öffentliche Mittel, private Investitionen und europäische Programme systematisch über mehrjährige Zeiträume kombiniert. Um Entwicklungen, Förderprogramme und Strategien zu bündeln, benötigt Deutschland eine übergreifende Koordinationsstruktur – eine Art „Dachorganisation“ nach schwedischem Vorbild⁴⁷, in der auf Basis praxisnaher Erfahrungen (vergleichbar AI Sweden) und mithilfe politischer Steuerung (vergleichbar der AI Commission) eine kohärente Roadmap für KI und Robotik im Gesundheitswesen entwickelt und umgesetzt wird.

6.2 Deutschlands Position im internationalen Vergleich

Deutschland tritt in diesen Wettbewerb mit substanziellen Stärken an. Die Forschungslandschaft – von Universitäten über Max-Planck-Institute bis zu Fraunhofer- und Helmholtz-Zentren – zählt international zur Spitzenklasse. Die medizintechnische Industrie rangiert mit global führenden Unternehmen wie Siemens Healthineers oder Carl Zeiss Meditec weltweit auf Platz 3. Das Gesundheitspersonal ist exzellent ausgebildet, die regulatorische Expertise umfassend, das solidarische Versicherungssystem theoretisch ideal für gleichberechtigte Technologiediffusion.

Gleichzeitig stehen diese Stärken im Spannungsfeld zu bestehenden strukturellen Herausforderungen. Der Digitalisierungsrückstand ist im internationalen Vergleich weiterhin deutlich sichtbar: Elektronische Patientenakten sind bislang nicht flächendeckend implementiert, die Interoperabilität ist begrenzt, viele Prozesse bleiben papierbasiert.⁴⁸ Das föderale System und die Selbstverwaltungsstrukturen haben eine heterogene IT-Landschaft geschaffen, in der jedes Krankenhaus, jede kassenärztliche Vereinigung eigene, oftmals inkompatible Systeme nutzt. Mit dem Digitalisierungsgesetz des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) sowie weiteren Initiativen ist jedoch eine Aufholbewegung eingeleitet, die eine wichtige Grundlage für nach-

⁴⁵ Bundesärztekammer (2025)

⁴⁶ SPECTARIS (2025)

⁴⁷ AI Sweden (o. J.) und Governmental AI Commission (2024)

⁴⁸ PwC (o. J.)

haltige Verbesserungen legt – auch wenn sie im internationalen Wettbewerb unter erheblichem Zeitdruck steht. Hohe Datenschutzstandards – grundsätzlich ein Wert – werden teilweise so interpretiert, dass sie Innovation eher bremsen als zielgerichtet kanalisieren. Eine vielfach risikoaverse Kultur und chronischer Fachkräftemangel verstärken diese Herausforderungen.

Die strategische Antwort liegt in gezielter Spezialisierung: Deutschland als Standard-Setzer für verantwortungsvolle KI, als Vorreiter der Präzisionsmedizin, als Entwickler menschenzentrierter Robotik, als Innovator in Computational Photonics. Best-Practice-Beispiele zeigen mögliche Entwicklungspfade und institutionelle Arrangements, an denen sich Deutschland orientieren kann: Schwedens eHälsomyndigheten⁴⁹ als zentrale Koordinationsstelle für ministerienübergreifende Abstimmung, die Niederlande mit PhotonDelta als integriertem Verbund von Forschung, Industrie und Ausbildung, Singapurs Smart Nation Health, Israels systematische Vernetzung oder Kanadas Vector Institute.

Deutschland steht damit vor einer strategischen Weichenstellung: Entweder es begnügt sich langfristig mit einer überwiegend nachgeordneten Rolle als Technologieanwender – oder es nutzt seine wissenschaftlichen, industriellen und institutionellen Stärken, mobilisiert zusätzliche Ressourcen, adressiert die identifizierten Hemmnisse und positioniert sich in ausgewählten Bereichen als internationaler Vorreiter.

7. Fazit

Die Transformation des deutschen Gesundheitswesens durch KI und Robotik ist unvermeidlich und bietet immense Potenziale für Effizienzsteigerung, Qualitätsverbesserung und erweiterte Versorgungsmöglichkeiten. Die Technologien haben sich von experimentellen Ansätzen zu realen Anwendungen mit nachweisbarem Nutzen entwickelt.

Die Akzeptanz in der Bevölkerung (80 % Grundvertrauen) und in Fachkreisen (64 % Überzeugung von Transformation) schafft günstige Voraussetzungen. Effizienzgewinne von 15 bis

30 % in verschiedenen Bereichen sind empirisch belegt. Die Qualitätsverbesserungen – von früheren Diagnosen bis zu präziseren Therapien – können lebensrettend sein.

Deutschland steht im globalen Wettbewerb unter Druck und muss strategische Schwerpunkte setzen. Die technologische Abhängigkeit von wenigen internationalen Konzernen gefährdet die Datensouveränität und die strategische Autonomie. Strukturelle Defizite wie Digitalisierungsrückstand und fragmentierte IT-Landschaft behindern die Transformation erheblich.

Ethische Fragen zu Datenschutz, kognitiver Freiheit und sozialer Ungleichheit benötigen präventive Rahmenwerke parallel zur technologischen Entwicklung. Der Fachkräftemangel wird durch Technologie nicht gelöst, sondern erfordert ein fundamentales Umdenken hinsichtlich Ausbildung und Arbeitsorganisation.

Eine erfolgreiche Transformation braucht koordinierte Investitionsstrategien über mehrjährige Zeiträume, die öffentliche Mittel, private Investitionen und europäische Programme systematisch kombinieren, und eine übergreifende strategische Koordination. Die Entwicklung offener Standards und Interoperabilität ist essenziell zur Vermeidung von Lock-in-Effekten.

Kontinuierliche, evidenzbasierte Evaluation durch mehrdimensionale Frameworks muss technische Metriken, klinische Qualität, Patientenperspektive und ökonomische Nachhaltigkeit gleichermaßen berücksichtigen. Die Balance zwischen Innovation und Sicherheit erfordert adaptive regulatorische Ansätze wie Sandboxes und Adaptive Licensing.

Deutschland kann durch Fokussierung auf comparative Vorteile – Responsible AI, Präzisionsmedizin, Computational Photonics – internationale Standards setzen und Führungspositionen einnehmen. Die Kooperation mit erfolgreichen internationalen Modellen (Schweden, Niederlande) kann beschleunigend wirken. Gemeint sind hier insbesondere institutionelle und governancebezogene Modelle: In Schweden etwa

⁴⁹ eHälsomyndigheten (o. J.)

die Kombination einer zentralen, praxisnahen Koordinationsplattform (AI Sweden)⁵⁰ mit einer nationalen strategischen Rahmensetzung (u. a. durch die AI Commission) sowie im Gesundheitsbereich die eHälsomyndigheten als verbindende Instanz zwischen Ministerien, Regionen und Akteuren; in den Niederlanden das Modell von PhotonDelta⁵¹ als integrierter Verbund von Forschung, Industrie, Start-ups und Ausbildung im Bereich Photonik, der durch klare nationale Priorisierung, langfristige Finanzierung und koordinierte Innovationspfade internationale Sichtbarkeit und Schlagkraft erzeugt.

Die Technologie darf nicht als Ersatz, sondern muss als Ergänzung menschlicher Fähigkeiten verstanden werden. Der Erhalt empathischer menschlicher Zuwendung bei gleichzeitiger technologischer Unterstützung definiert den Erfolg der Transformation.

Die nächsten fünf Jahre sind entscheidend: Jetzt getroffene strategische Weichenstellungen, Investitionsentscheidungen und regulatorische Rahmensetzungen werden Deutschlands Position im globalen Gesundheitswesen der Zukunft maßgeblich bestimmen.

Bibliografie:

Academia.edu (o. J.): Photonics and AI in Computational Oncology: Accelerating the Design of Next Generation Cancer Therapies. https://www.academia.edu/144442569/Photonics_and_AI_in_Computational_Oncology_Accelerating_the_Design_of_Next_Generation_Cancer_Therapies, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

AI Sweden (o. J.): Sweden's national center for applied artificial intelligence. <https://www.ai.se/en/about>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Andersen (2024): KI in der Medizin: Wie künstliche Intelligenz zu besseren Gesundheitsergebnissen beiträgt. <https://andersenlab.de/blueprint/AI-solutions-in-healthcare>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Bundesärztekammer (2025): Künstliche Intelligenz in der Gesundheitsversorgung – Thesen

und Erläuterungen. https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/BAEK/The-men/Digitalisierung/Thesenpapier_KI_in_der_Gesundheitsversorgung_03.2025.pdf, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

eHälsomyndigheten (o. J.): About the Swedish eHealth Agency. <https://www.ehalsomyndigheten.se/om-oss/english/>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Fraunhofer IOF (2025): Applied Photonics Award 2025. <https://www.iof.fraunhofer.de/en/pressrelease/2025/Applied-Photonics-Award-2025.html>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Governmental AI Commission (2024): Roadmap for Sweden. <https://www.sou.gov.se/globalassets/the-ai-commissions-roadmap-for-sweden.pdf>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Healthcare Shapers (2025): Mit digitalem Zwilling zu besseren Arzneimitteln. <https://www.healthcareshapers.com/blogs/2025/07-21/mit-digitalem-zwilling-zu-besseren-arzneimitteln?language=de>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

healthcare-in-europe.com (2023): Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen ist nicht fair. <https://healthcare-in-europe.com/de/news/kuenstliche-intelligenz-gesundheitswesen-nicht-fair.html>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

IBM (o. J.): Die Vorteile von KI im Gesundheitswesen. <https://www.ibm.com/de-de/think/insights/ai-healthcare-benefits>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

London Data Consulting (2024): Die Zukunft der KI & Robotik im Gesundheitswesen und der personalisierten Medizin im Jahr 2025. <https://london-data-consulting.com/de/die-Zukunft-der-KI-Robotik-im-Gesundheitswesen-und-der-personalisierten-Medizin-im-Jahr-2025/>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

⁵⁰ AI Sweden (o. J.)

⁵¹ PhotonDelta (o. J.)

Nature (2026): The global race for photonic chips and AI dominance. <https://www.nature.com/articles/d41586-026-00274-9>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Nature Medicine (2021): Assessment of medication self-administration using artificial intelligence, <https://www.nature.com/articles/s41591-021-01273-1>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

PhotonDelta (o. J.): integrierter Verbund für Photonik, inkl. Health-Anwendungen. <https://www.photondelta.com/>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

PwC (o. J.): Wie künstliche Intelligenz das Gesundheitssystem revolutioniert. <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/wie-kuenstliche-intelligenz-das-gesundheitssystem-revolutioniert.html>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Renub Research (2025): Germany Service Robotics Market Size Set to Surge by 2033. <https://vocal.media/trader/germany-service-robotics-market-size-set-to-surge-by-2033-how-ai-automation-and-aging-demographics-are-reshaping-the-future>, zuletzt abgerufen am 05.03.2026.

SPECTARIS (2025): SPECTARIS-Jahrbuch Medizintechnik 2026: KI und Robotik erfinden die Branche neu. <https://www.spectaris.de/verband/aktuelles/detail/spectaris-jahrbuch-medizintechnik-2026-ki-und-robotik-erfinden-die-branche-neu>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

TechNavigator (2024): Künstliche Intelligenz: Wie KI die Welt bis 2050 verändert. <https://technavigator.de/technologie/kuenstliche-intelligenz/ki-zukunftstrends/kuenstliche-intelligenz-die-welt-bis-2050-verandert/>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Vention (2024): KI im Gesundheitswesen: Statistiken, Trends und Prognosen für 2024. <https://ventionteams.com/de/healthtech/ki-statistik-und-trends>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer (2025): Stellungnahme: Künstliche Intelligenz in der Medizin. https://www.bun-desaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/wissenschaftlicher-beirat/Veroeffentlichungen/KI_in_der_Medizin_SN_neu.pdf, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

World Economic Forum (2025): Photonic computing is on the cusp of commercialization. Here's what you need to know. <https://www.weforum.org/stories/2025/08/photonic-computing-promise-commercialization/>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

World of Photonics (2024): ECBO 2025: From the lab to clinical practice. <https://world-of-photonics.com/en/photonics-industry-portal/detail/ecbo-2025-from-the-lab-to-clinical-practice.html>, zuletzt abgerufen am 21.02.2026.

Empfohlene Zitierweise

Braun, A.; Herrmann, B. (2026) „Transformation des Gesundheitswesens: Potenziale und Implikationen von Künstlicher Intelligenz und Robotik in Deutschland“. VDI Research-Paper 30, VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf.
www.vditz.de/service/transformation-des-gesundheitswesens

Über VDI Research

VDI Research ist Teil des VDI Technologiezentrums (VDI TZ) und analysiert aus der Perspektive längerfristiger Vorausschau technologische und gesellschaftliche Zukunftsfragen. Zu den Publikationen gehören u. a. Studien, Analysen und VDI Research-Paper.

Weitere Publikationen von VDI Research und des VDI TZ unter: vditz.de/service/publikationen

Ihre Ansprechpersonen

VDI Research
Dr. Anette Braun
Technologieberaterin VDI Research
E-Mail: brauna@vdi.de

Benno Herrmann
Technologieberater Gesundheit
E-Mail: Herrmann_b@vdi.de

VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
www.vditz.de
 @technikzukunft.bsky.social · 