



Künstliche Intelligenz in der Medizin – Fallstudie «Therapie»

DSI Strategy Lab 2022

Herausgebendes Autorenteam: Michael Krauthammer, Nikola Biller-Andorno, Markus Christen, Jeffrey David Iqbal, Christian Kauth, Viktor Kölzer, Tania Krones und Claudia Witt

Diese Fallstudie wurde in einem systematischen und partizipativen Prozess im Rahmen des «Strategy Lab Künstliche Intelligenz der Medizin» der Digital Society Initiative (DSI) der Universität Zürich erstellt. Der Prozess mit Einbezug unterschiedlicher Stakeholder, erstreckte sich von Anfang 2022 bis Mitte 2023. Massgebend für die Erstellung der Fallstudie waren insbesondere ein Workshop mit Expert:innen im Juni 2022, ein Workshop mit Doktorierenden des DSI Excellence Programs im August 2022, sowie die Testung von Ausschnitten der Fallstudie in verschiedenen Veranstaltungen mit Stakeholdern.

Teilnehmende des Expert:innen-Workshops waren nebst dem herausgebenden Autorenteam folgende Personen: Abraham Bernstein, Daniel Eberli, Philipp Fürnstahl, Sven Hirsch, Christian Kauth, Emanuela Keller, Birgit Kleim, Tanja Krones, Titus Neupert, Cristina Rossi, Bernd Stadlinger, Florent Thouvenin und Andreas Wicki. Teilnehmende des PhD-Workshops waren Anais Aeschlimann, Ibrahim Al Hazwani, Joe Baumann, Giulia Frascaria, Marius Furter, Alexandra Ioana Georgescu, Maël Kubli, Alexander Lill, Eanuele Martinelli, Judit Martínez Moreno, Matteo, Micol, Markos Mpadanes, Kimon Papadopoulos, Amina Saleh, Jana Sedlakova, Kateryna Shapovalova, Lukas Tribelhorn, Morley James Weston, Basak Yalman, Federica Zavattaro und Donatella Zingaro. Wir danken all diesen Personen für die Mitwirkung an diesem Prozess; insbesondere auch Jeffrey David Iqbal für die operative Begleitung des ganzen Strategy Lab Prozesses.

Dieses Dokument darf gemäss Creative Commons Lizenz CC BY-SA genutzt werden (freie Verbreitung unter Namensnennung, Veränderung des Inhalts sind möglich, doch das Werk muss nach Veränderungen unter der gleichen Lizenz weitergegeben werden).

Weitere Informationen: dsi.uzh.ch/strategy-lab.

Struktur und Gebrauch der Fallstudien

Die insgesamt vier Fallstudien entwickeln sich entlang einer zeitlichen Abfolge mit einem gleichzeitigen Anstieg des Autonomiegrads der KI-Anwendung, wie folgt: Die Fallstudie beginnt im (fiktiven) «Jetzt», wobei KI mit einem sehr begrenzten Autonomiegrad eingesetzt wird. Sie geht über in die «nahe Zukunft» mit einer stärkeren Einbindung der KI in den Entscheidungsprozess. Schliesslich wird in einem «Ferne-Zukunft-Szenario» durchgespielt, wie eine KI (als Avatar oder als «digitaler Zwilling») relevante Entscheidungen weitgehend autonom trifft. Eine genaue zeitliche Einordnung der Szenarien wird nicht angestrebt. Die Szenarien sind fiktiver Natur und wurden eher als «positive Utopien» denn als «negative Dystopien» formuliert, obgleich einige Aspekte der Fallstudien provokativ sein sollen und ethische Debatten über die Wünschbarkeit der hier skizzierten Szenarien auslösen sollen.

Es wurde eine vergleichsweise einfache Sprache gewählt; Fachterminologie wurde so weit wie möglich vermieden, damit auch Laien die Fallstudien verstehen können. Auf faktische Aussagen wird nur minimal



Bezug genommen (die Szenarien sind ja fiktiv), unterstützt durch wenige, möglichst allgemeinverständliche Referenzen. Bei der Erstellung der Szenarien wurde darauf geachtet, dass es inhaltliche Verbindungen zwischen den fiktiven Fallgeschichten gibt.

Die Fallstudien sind «open access» verfügbar, damit sie in Bildungseinrichtungen und/oder Workshops zur Diskussion von KI-Anwendungen in der Medizin verwendet werden können (Lizenz CC BY-SA). Schlagworte geben die Themen an, welche die Fallstudien charakterisieren. Fragen nach jedem Schritt unterstützen die Nutzer:innen der Fallstudien bei der Verwendung in Workshops und Diskussionen.

Schlagworte: Digitaler Zwilling, Gesundheitsdaten, KI, Krebs, Social-Media-Daten, Therapie, Wearables

1 Einführende Bemerkungen

Krebs ist die häufigste Todesursache in der Schweiz, wobei die Inzidenz bei Menschen über 50 Jahren stark ansteigt [1]. Krebs ist bekanntermassen eine Krankheit mit hoher Morbidität und Mortalität. In den letzten Jahrzehnten wurden jedoch personalisierte Behandlungsansätze entwickelt, die die Aussichten für viele Patientinnen und Patienten verbessern. Diese Entwicklungen stehen im Zusammenhang mit Fortschritten in der Chirurgie, der Strahlentherapie und gezielten Behandlungen, die auf jeden einzelne von Krebs betroffene Person zugeschnitten sind [2], einschliesslich der Immuntherapie, die das eigene Immunsystem der Person zur Bekämpfung der Krankheit einsetzt [3]. Die Heilungsrate bei allen Menschen, bei denen Krebs diagnostiziert wurde, liegt derzeit bei über 65 % für Männer und über 75 % für Frauen.

Diese personalisierten Therapien gehören zu den neuen Entwicklungen in der Krebsbehandlung, bei denen die molekulare Natur des Krebses eines Patienten (d. h. die Veränderungen im genetischen Code, die ein fehlerhaftes Verhalten einer Zelle verursachen) entschlüsselt und für Behandlungsentscheidungen genutzt werden kann. Diese Entscheidungen werden in der Regel in einem so genannten «Tumorboards» getroffen, einem Gremium, in dem Experten aus Onkologie, Pathologie, Radiologie usw. zusammenkommen, um einen Krebsfall zu diskutieren und eine optimale Entscheidung zu treffen. Da die Entschlüsselung der Krebserkrankung einer Person eine grosse Menge an Daten erzeugt, die von den Fachleuten des Tumorboards verarbeitet werden müssen, können Computer und künstliche Intelligenz (KI) eine entscheidende Rolle bei der Unterstützung des Entscheidungsprozesses spielen.

Diese hypothetische Fallstudie wird sich darauf konzentrieren, wie KI-Systeme solche Tumorboards bei der Suche nach einer optimalen Therapie unterstützen und letztendlich ersetzen können. *Die Fallstudie existiert in dieser Form nicht, alle Namen von Personen und Unternehmen sind fiktiv.*

2 Fallstudie – «Jetzt»

2.1 Situierung des Szenarios

Das Verständnis dessen, was «Krebs» ist, ändert sich rasch. Es wird immer deutlicher, dass das «molekulare Profil» eines bestimmten Krebses, d. h. die DNA-Veränderungen im Erbgut der Krebszellen sowie Veränderungen auf der Proteinebene bei verschiedenen Krebs-Subtypen gleich sind und daher durch eine krankheitsunabhängige Behandlung gezielt angegangen werden können. Computer sind für die Verarbeitung solcher Informationen bereits unverzichtbar. Ausserdem können die digitalisierten



Daten aus der molekularen Analyse und der elektronischen Patientenakte ausgetauscht und in Datenbanken mit Krebssignaturen zusammengestellt werden.

Das Krebskonsortium namens CanCon ist ein Zusammenschluss der Tumorboards der grössten Universitätskliniken in einem fiktiven Land. Das Ziel von CanCon ist der Aufbau eines «lernenden Gesundheitssystems», in dem Daten kontinuierlich ausgetauscht, verarbeitet und analysiert werden, mit ständigem Feedback: Wann immer ein Krebspatient behandelt wird, sollen die Mittel und das Ergebnis der Behandlung digital erfasst und mit der Datenbank der Krebssignaturen verknüpft werden. CanCon ist es gelungen, einige Universitätskliniken dazu zu bringen, sich auf Standards für die gemeinsame Nutzung und den Umgang mit Daten zu einigen, und das System der allgemeinen Einwilligung stellt sicher, dass die Zustimmung der Patienten zur Behandlung auch die Zustimmung zur anonymisierten Nutzung aller im Rahmen der Diagnose und Behandlung gewonnenen Daten umfasst. In Zusammenarbeit mit Software-Ingenieuren und Programmierfachleuten werden KI-Algorithmen entwickelt, um diese grossen und ständig wachsenden Datenmengen mit dem Ziel zu analysieren, die bestmögliche Behandlung für jede Person mit ihrer spezifischen Krebssignatur zu finden. Derzeit versucht CanCon, weitere Krankenhäuser in das Konsortium einzubeziehen, um den Umfang der für die KI verfügbaren Datenbank zu vergrössern.

2.2 Wie es funktionieren könnte

Eine Schlüsselfigur in unserer Geschichte ist Carmen, eine junge Onkologin, die erst vor kurzem ihre Stelle an einer renommierten Universitätsklinik angetreten hat und nun an den dortigen Tumorboards teilnimmt. Schon während ihrer Ausbildung wurde ihr klar, dass sich in der Medizin – und insbesondere in der Onkologie – viel verändert. Carmen gehört zur ersten Generation von Ärzten, bei denen die Big-Data-Analyse ein selbstverständlicher Teil der Ausbildung ist, und sie weiss, wie man integrierte Krebsdatenbanken konsultiert, um eine Krebssignatur mit der optimalen Behandlungsleitlinie abzugleichen. Sie ist der festen Überzeugung, dass neuartige molekularbiologische Methoden Krebs mehr und mehr zu einer heilbaren Krankheit machen werden, wenn nur genug in den technologischen Fortschritt investiert wird. Deshalb hat sie sich sofort als «CanCon-Botschafterin» in der Klinik zur Verfügung gestellt und berichtet regelmässig im Tumorboard über die Fortschritte der CanCon-Entwicklung.

Die Pathologie des Universitätsspitals hat diesen medizinischen Fortschritt vorangetrieben und erfasst routinemässig die molekularbiologischen Signaturen von Krebsfällen. Die krankenhaus-eigene Datenbank enthält bereits mehrere zehntausend Fälle solcher Signaturen, einschliesslich der Daten über die Prognose der betroffenen Personen. Carmen setzt sich seit einiger Zeit dafür ein, dass diese Datenbank mit den weitaus grösseren Ressourcen von CanCon zusammengeführt wird – doch Datenschutzbedenken sowie technische Standardisierungsprobleme haben dies bisher verhindert. Nun gibt es endlich einen Hoffnungsschimmer: Rechtliche Abklärungen haben gezeigt, dass eine Datenintegration unter bestimmten Sicherheitsvorkehrungen möglich ist, und auch die technischen Hürden können überwunden werden; die Spitalleitung hat soeben die nötigen Mittel bewilligt. Dennoch zeigt die Erfahrung, dass es sicher noch ein Jahr dauern wird, bis die Integration der Klinikdaten in CanCon abgeschlossen ist und die KI-Algorithmen des Konsortiums diese Daten zur Optimierung der Suche nach Therapieoptionen nutzen können. Bis dahin wird sich das Tumorboard weiterhin auf die klinikeigenen Daten verlassen, wenn Entscheidungen notwendig werden.

Eine solche Entscheidung ist nun im Fall von Sebastian notwendig, der an einer schweren Form von Hautkrebs (Melanom) leidet. Die molekularbiologische Signatur deutet auf eine seltene Variante hin, für die es bisher nur wenige analoge Beispiele in der klinikeigenen Datenbank gibt – und in all diesen Fällen



haben die bisherigen therapeutischen Massnahmen wenig Wirkung gezeigt. Ein Blick in die Literatur gibt Hinweise auf neue Alternativen – aber auch hier ist die Beweislage dünn. Carmen – als vehemente Verfechterin moderner KI-Methoden in der Onkologie – plädiert nun dafür, die Integration des Melanom-Datensatzes der Klinik in CanCon vorzuziehen, in der Hoffnung, dass der integrierte Datensatz eine bessere Individualisierung der Therapie durch CanCon-Algorithmen ermöglicht. Chefarzt Kaiser gibt jedoch zu bedenken, dass die Prozesse für die Datenanpassung bereits definiert sind und die Planung für eine einzelne Person nicht mehr einfach neu erstellt werden kann. Carmen beharrt jedoch darauf und will beim nächsten Gespräch mit Sebastian Krug dabei sein.

So sitzt sie bei der nächsten Konsultation, bei der es darum geht, die Empfehlungen des Tumorboards zu besprechen, zwischen den beiden. Chefarzt Kaiser erklärt Sebastian, dass er an einer seltenen Variante des Melanoms leidet, mit der es kaum Erfahrungen gibt. Die Behandlungsergebnisse in der Klinik seien entmutigend – und in der Literatur gebe es nur wenige andere Fälle, überall mit nur mässigem Erfolg. Sebastian stellt nur wenige Fragen zu den Ausführungen von Kaiser. Dann meldet sich Carmen zu Wort. Sie schildert ihm die grossen Fortschritte im Bereich der Onkologie und den zunehmenden Einsatz von künstlicher Intelligenz bei der Ermittlung möglicher individualisierter Therapien. Voller Enthusiasmus erklärt sie ihm sogar die bevorstehende Integration klinischer Daten in das CanCon-Netzwerk, die noch bessere Möglichkeiten bieten könnte. Kaiser hört das nicht gerne – schliesslich hatte man ihr im Tumorboard klar gesagt, dass eine beschleunigte Integration der Melanomdaten nicht in Frage kommt.

Sebastian unterbricht Carmens Redefluss: «Sind sie sich wirklich sicher, dass so etwas wie «künstliche Intelligenz» eine bessere Therapie finden kann als all diese Ärzte? Ich lese ständig in den Zeitungen von «künstlicher Intelligenz» – aber funktioniert sie wirklich? Da war doch dieses autonome Auto, das jemanden überfahren hat...?», sagt Sebastian. «Und überhaupt, woher weiss diese künstliche Intelligenz überhaupt, was ich will, was mir wichtig ist? Das ist mir alles zu technisch. Für mich ist es wichtiger, dass ich dem Arzt, der mich behandelt, vertrauen kann, dass ich mit ihm reden kann. Dass die eine Therapie statistisch gesehen ein paar Prozent besser ist als die andere, ist mir ehrlich gesagt egal...». Carmen wirkt angesichts dieser Worte etwas ernüchtert. «Und wie wollen wir jetzt mit dieser Situation umgehen, was wären Ihre Wünsche bezüglich einer möglichen Therapie?», fragt Kaiser. «Nun», antwortet Sebastian, «wenn ich Sie beide richtig verstanden habe, geben alle bisherigen Therapieansätze wenig Anlass zur Hoffnung. In diesem Fall würde ich gerne die Variante wählen, bei der ich mit Ihnen und dem Pflegepersonal als Mensch kommunizieren kann. Ich weiss nicht, wie ich mich in einem Monat fühlen werde. Aber ich möchte sicher sein, dass immer jemand da ist, dem ich meine Ängste und Sorgen mitteilen kann – und der dann auch die Therapie entsprechend anpassen wird.»

2.3 Mögliche Fragen für Diskussionen

Sind Sie mit der Nutzung von Daten und KI im Zusammenhang mit dem Tumorboard einverstanden? Sind wir heute technisch dazu in der Lage? Wenn nicht, was muss geändert werden, damit es möglich wird? Ist dies etwas, was wir nach dem derzeitigen Rechtsrahmen bereits tun dürfen? Wenn nicht, was sollte geändert werden? Würden Sie auch die Integration von Klinikdaten in CanCon beschleunigen? Was halten Sie von dem Verhalten von Carmen, Kaiser und Sebastian?



3 Fallstudie – «Nahe Zukunft»

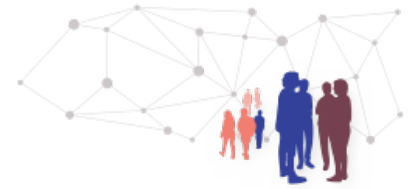
3.1 Situierung des Szenarios

Der Abschluss des CanCon-Projekts liegt nun schon viele Jahre zurück. Das als Vorläufer einer umfassenden Digitalisierung der Onkologie gepriesene Projekt hat dazu geführt, dass aus den ehemaligen Tumorboards digitale Zentren geworden sind, in denen Patientendaten kontinuierlich ausgetauscht und für optimale Behandlungsentscheidungen analysiert werden. Inzwischen ist das Problem der gemeinsamen Nutzung von Daten auf nationaler und internationaler Ebene weitgehend gelöst, zumal die Harmonisierung von Krebsdaten einen nahtlosen Vergleich von Daten, Behandlungen und Patientenergebnissen bei Krebs ermöglicht. Es wird ein breites Spektrum an Daten erhoben: Neben genetischen Signaturen werden Informationen über das Überleben der Betroffenen, ihre Lebensqualität nach der Behandlung einschliesslich psychologischer Faktoren, die genauen Umstände der Behandlung, aber auch sozioökonomische Faktoren, die das Krebsrisiko ebenfalls beeinflussen, erfasst.

Auch die KI-Systeme selbst haben eine rasante technologische Entwicklung durchlaufen. Techniken wie das so genannte «föderierte Lernen» sind inzwischen weit verbreitet. Sie ermöglichen es, KI-Modelle auf mehreren Geräten zu trainieren, wobei jedes Gerät über einen eigenen lokalen Datensatz verfügt, der nicht mit anderen Teilnehmern geteilt wird. Diese Technik hat viele Befürchtungen hinsichtlich des Datenschutzes obsolet gemacht. Interessante Techniken zur Bilderzeugung haben sich so entwickelt, dass KI-Systeme aussagekräftige Illustrationen und Filme für alle Arten von medizinischen Eingriffen erzeugen, die die Patienten selbst erstellen können, um besser zu verstehen, was sie erwartet.

Verändert haben sich auch die Gremien in den Kliniken, die früher «Tumorboards» genannt wurden. Es handelt sich nun um ein Netzwerk von Fachleuten aus dem Krankenhaus und Externen, die die computergenerierten Therapieempfehlungen in einer Online-Sitzung einer zweiten Bewertung unterziehen – das derzeitige Standardverfahren auf der Grundlage von Leitlinien der medizinischen Fachgesellschaften, die immer eine Bewertung der KI-Therapieempfehlungen durch ein menschliches Expertengremium vorsehen. Diese als CanThS (Cancer Therapy Sessions) abgekürzten Diskussionsrunden werden daher im Krankenhausjargon auch «Kant» genannt, als Erinnerung an den Philosophen, dem die menschliche Autonomie so wichtig war. Immerhin haben sich die ursprünglichen Befürchtungen eines Autonomieverlustes von Patienten und Ärzteschaft nicht bewahrheitet. Anstelle von Leitlinien, die ausschliesslich auf klinischen Studien beruhen, ermöglicht die aktuelle Datenintegration und KI-Kuration individualisierte Leitlinien. Sie werden von der CanThS immer noch sehr ähnlich wie früher im Tumorboard diskutiert.

Ein wichtiger Beitrag für diese Einrichtungen kommt von einem neuen Beruf namens «G-Coach»: Jeder Person wird jetzt ein solcher «Gesundheitscoach» zugewiesen. Dieser neue Beruf ist zwischen Informationstechnologie, Psychologie und Medizin angesiedelt. Seine Aufgabe ist es, gemeinsam mit den Patienten dafür zu sorgen, dass die vielfältigen Daten, die die Patienten selbst (z. B. über ihre Smartphones) sammeln, von ausreichender Qualität und standardisiert sind. Das können ganz einfache Dinge sein – wie die Sicherstellung, dass die Menschen die Wearables auch richtig bedienen –, aber auch strukturierte Gespräche, um zum Beispiel weiche Faktoren wie individuelle Vorlieben möglichst standardisiert zu erfassen. Die G-Coaches sorgen gewissermassen dafür, dass die Schnittstellen zwischen Patienten, Ärzten und KI-Systemen (einschliesslich der Software-Ingenieure, die die Systeme entwickeln) möglichst reibungslos funktionieren. Viele Menschen schätzen den Umgang mit G-Coaches und insgesamt war die Einführung dieser Berufsgruppe wichtig für den Gesundheitsarbeitsmarkt, da eine Reihe von medizinischen Aufgaben – wie Differenzialdiagnosen oder auch psychiatrische



Therapiegespräche (man denke z.B. an die YBDT-App, Fallbeispiel «Mittelallokation») – im Zuge der Digitalisierung weitgehend von KI-Systemen übernommen wurden.

Angesichts der Erfolge der digitalisierten Diagnostik in anderen Bereichen der Medizin – man denke etwa an den Erfolg der interaktiven Krebsvorsorgeakte IKS (Fallstudie «Prävention») – zeichnet sich hier ein noch radikalerer Wandel ab: Es wird zunehmend daran geforscht, wie man den Autonomiegrad von Wearables erhöhen kann, so dass beispielsweise keine Anleitungen für die korrekte Nutzung mehr nötig sind. Oder es wird versucht, anstelle von strukturierten Gesprächen mit Patienten die menschlichen Präferenzen direkt aus Verhaltensdaten zu ermitteln. All dies könnte dazu führen, dass die G-Coaches als «Übersetzer» nicht mehr benötigt werden; schliesslich sind sie auch ein relevanter Kostenfaktor.

Dies weist auf eine sich abzeichnende Bruchlinie in der Gesellschaft hin: Ein Teil der Gesellschaft hat kein Problem damit, Wearables zu nutzen oder ihre täglichen Aktivitäten zu Hause mit Umweltsensoren aufzuzeichnen. Dies gibt den Patienten mehr Möglichkeiten, selbst auf relevante Daten zuzugreifen – und Technologieunternehmen unterstützen sie, indem sie ihnen massgeschneiderte Gesundheitsinformationen anbieten. Andere stehen diesem Ansatz jedoch skeptisch gegenüber, da sie Angst davor haben, ihre individuellen Parameter täglich zu überwachen, was zu Gesundheitsproblemen führen könnte. Sie schwören auf G-Coaches und den damit verbundenen menschlichen Kontakt, während andere die KI-gestützte Medizin sogar komplett ablehnen. Es bleibt also umstritten, inwieweit sich die medizinische Versorgung an die datengesteuerte Medizin anpassen muss.

3.2 Wie es funktionieren könnte

Carmen lehnt sich entspannt zurück. Sie hat gerade ihren letzten «Kant» beendet; eine Überprüfung einer Therapieempfehlung für Pia, die an erblichem Brustkrebs erkrankt ist – einer jener Fälle, die zwar leicht zu erkennen sind, bei denen aber präventive Massnahmen wie eine vorsorgliche Brustentfernung (Mastektomie) eine sehr schwierige und lebensverändernde persönliche Entscheidung darstellen. Besonders gut gefallen Carmen die Gespräche mit Florian, Pias G-Coach mit viel Lebenserfahrung. Carmen erfährt einmal, dass er selbst einmal schwer depressiv war (siehe Fallbeispiel «Mittelallokation»). Nach einer soliden Informatik-Ausbildung hatte er sich zum Coach weitergebildet, der die Vorlieben der Patienten manchmal besser kennt als sie selbst, schmunzelt sie vor sich hin. «Florian ist einfach ein Naturtalent darin, die Persönlichkeit eines Menschen zu erfassen», meint sie.

In solchen Momenten erinnert sie sich an ihre damals bahnbrechende Studie. Angeregt durch die Erfahrung mit einem ihrer ersten Patienten in der Klinik – Sebastian war sein Name, erinnert sie sich – hatte sie daran gearbeitet, wie man die Wünsche von Menschen in eine für die KI verständliche Form bringen kann, so dass diese Therapieempfehlungen nicht nur auf der Basis von (individuellen) klinischen Daten, sondern auch unter Berücksichtigung dieser Wünsche geben kann. Damals hatte sie in vielen Nachtschichten den klinischen Datensatz von Sebastian und allen anderen Patienten selbst erfasst und in den CanCon-Datensatz für Melanome integriert. Die von ihr damit trainierte KI war dann in der Lage, den Therapieprozess des Patienten unter Berücksichtigung seiner wechselnden Wünsche optimal zu gestalten. Ihre Studie revolutionierte den Einsatz von KI in der Onkologie, da sie erstmals zeigte, wie man solche Persönlichkeitsaspekte und die Vorhersage ihrer Wechselwirkung mit dem Therapieprozess in die Individualisierung einer Krebstherapie einbeziehen kann.

Einige Wochen später meldet sich Pia erneut bei Carmen. Pia hält sich derzeit an den KI-Therapieplan, der vor einigen Wochen beim «Kant» bestätigt wurde, aber sie möchte etwas mit Carmen besprechen: Vor einigen Tagen erhielt sie eine Anfrage von Pineapple Health, einem der weltweit grössten Unternehmen für Gesundheitstechnologie: Sie wurde eingeladen, an einer Studie für eine neue



Technologie zur dynamischen Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen teilzunehmen, die es auch ermöglichen würde, dass ihre Persönlichkeit mit dem Therapiefortschritt interagiert. Pia fühlt sich immer noch unwohl bei dem Gedanken, dass eine Komponente des therapeutischen Ansatzes das Einfrieren von Eizellen in Verbindung mit einer pränatalen Diagnostik ist, um sicherzustellen, dass nur Eizellen verwendet werden, die das Brustkrebsgen nicht enthalten – die Therapie wird also nicht nur sie, sondern auch ihre Nachkommen betreffen. Diese Konstellation hatte unbeabsichtigte Folgen für ihre Ehe, da sie dieses Thema auch mit ihrem G-Coach bespricht – ihr Mann wollte aber bei den Gesprächen mit ihrem G-Coach nicht dabei sein; sie vermutet hier eine latente Eifersucht. Mit Hilfe der neuen Technologie könnte sie jedoch nicht nur ihre Präferenzen besser verstehen, sondern diese auch direkt mit ihrem Mann besprechen, ohne den G-Coach einzubeziehen, was diese unbeabsichtigte Folge lösen könnte. Dennoch ist sie sich nicht sicher, ob eine solche Anpassung des therapeutischen Vorgehens – insbesondere ein längerfristiger Ersatz der Gespräche mit ihrem G-Coach durch die neue Pineapple-Technologie – wirklich zu ihr passt. Auch Carmen ist unsicher, wie sie Pia in Bezug auf diese Konstellation beraten soll.

3.3 Mögliche Fragen für Diskussionen

Was gefällt Ihnen an der Kombination von KI und G-Coaches, was gefällt Ihnen nicht? Würden Sie ein Problem darin sehen, wenn die derzeitige Gatekeeping-Funktion des Arztes reduziert wird, um die Coaching-Funktion zu stärken? Würden Sie sich in einem solchen therapeutischen Umfeld wohl fühlen? Würden Sie es vorziehen, auf die neue Technologie von Pineapple Health umzusteigen, um einen direkten Einblick in das therapeutische Geschehen zu erhalten, ohne den G-Coach einzubeziehen?

4 Fallstudie – «Ferne Zukunft»

4.1 Situierung des Szenarios

Wieder einmal sind viele Jahre vergangen. Die Medizin hat sich zu einer Informationswissenschaft entwickelt, und grosse Technologieunternehmen bieten Infrastruktur, Wissen (Daten) und Verarbeitungsleistung, die kein Krankenhaus oder Arzt allein bereitstellen kann. Das Arsenal der Medizin wurde um neue und leistungsfähige Instrumente erweitert. Ein solches Werkzeug sind digitale Zwillinge: umfassende Simulationen des Körpers einer Person von der Zell- bis zur Organebene. Der digitale Zwilling wird über Sensoren, von denen einige bei der Geburt eines Menschen implantiert werden, kontinuierlich mit Daten des «Originals» versorgt. Die Menschen haben direkten Zugang zu ihrem digitalen Zwilling sowie zu einem personalisierten KI-Coach, der die bisherigen G-Coaches ersetzt hat. Der KI-Coach steht in ständiger Interaktion mit der Sensorausgabe und dem digitalen Zwilling des Patienten und kann so erkennen, wenn ein medizinisches Problem auftritt. Es gibt sogar eine biologische Erweiterung des digitalen Zwillings: geklontes Gewebe des realen Zwillings wächst in Nährflüssigkeit, zum Beispiel in Form von Organoiden (vereinfachte Organsysteme). So kann der KI-Coach präklinische Medikamententests im Gewebe des Betroffenen durchführen, ohne ihn zu gefährden – was zum Beispiel im Falle von Krebs Informationen über die optimale Krebstherapie liefert.

Dieser Technologiesprung hat die Beziehung zwischen Patient und medizinischem Personal innerhalb weniger Jahrzehnte grundlegend verändert. Nach und nach haben KI-Systeme bei Behandlungsentscheidungen an Autonomie gewonnen. Zunächst geschah dies nur in einfachen Fällen – etwa wenn es um die Frage ging, ob ein Patient ein Medikament gegen Übelkeit einnehmen sollte, wenn eine Krebstherapie Nebenwirkungen hatte. Es folgte eine Phase, in der unabhängig ausgebildete



KI-Systeme bei komplexeren medizinischen Problemen eine Entscheidung trafen und autonom einen Konsens erzielen, den menschliche Experten nur noch überprüfen mussten. Es wurde allmählich zur Normalität, dass Patienten auch bei der Interaktion mit einer medizinischen Fachkraft KI-Zweitmeinungen einholten. Dies veränderte auch die Finanzierung des Gesundheitssystems: Es wurden immer weniger «traditionelle» Ärzte ausgebildet und die entsprechenden Personalkosten sanken deutlich. Das Geld floss zunehmend an die Technologieunternehmen, die die KI-Coaches zur Verfügung stellten. Dabei sorgte der Gesetzgeber dafür, dass keine Monopolstellung entstehen konnte – für jede medizinische Problemgruppe musste es Systeme von mindestens drei verschiedenen Anbietern geben. Überhöhte Unternehmensgewinne wurden konsequent abgeschöpft, um die Gesundheitskosten zu kontrollieren.

Im voll digitalisierten Gesundheitssystem ist der digitale Zwilling zu einem Grundrecht geworden: Jeder Mensch hat Anspruch auf einen solchen Zwilling mit bestimmten Grundfunktionen – analog etwa zur früheren Idee der Grundversicherung. Der digitale Zwilling ist Teil der kostenlosen «Grundversorgung», auf die jeder Bürger und jede Bürgerin Anspruch hat und die vom Staat finanziert wird. In diesem Setting treffen die Patienten in der Regel selbst therapeutische Entscheidungen in Zusammenarbeit mit ihrem KI-Coach. Die Versorgung hat sich zunehmend nach Hause verlagert, nur für invasive Eingriffe kommen die Patienten in ein Gesundheitszentrum.

Auch die Rolle des Arztes hat sich weitgehend verändert. Es gibt nur noch private Ausbildungszentren, die eine klassische Ausbildung für Ärzte anbieten, die vor allem für die wenigen verbliebenen Digitalskeptiker arbeiten. Ärzte sind nach wie vor in einem engen, aber abnehmenden Advanced-Care-Setting tätig – und übernehmen zunehmend die Rolle der ehemaligen G-Coaches als Übersetzer zwischen Prognosen des digitalen Zwillings und den Patienten. Dementsprechend tauschen sich Ärzte in erster Linie mit digitalen Zwillingen aus und nehmen nur dann Kontakt zu realen Menschen auf, wenn es deutliche Hinweise darauf gibt, dass eine Person mit ihrem digitalen Zwilling nicht zurechtkommt. Die staatlichen Universitäten bilden Fachärzte als eine Art Informationswissenschaftler aus, deren Aufgabe es ist, dafür zu sorgen, dass digitale Zwillinge reale Menschen so gut wie möglich repräsentieren. Insbesondere kann es vorkommen, dass die Vorhersage des digitalen Zwillings nicht mit dem tatsächlichen Gesundheitsverlauf eines Patienten übereinstimmt. In solchen Fällen versuchen die Spezialisten, das Modell eines Zwillings mit mehr geeigneten Daten zu trainieren oder neue biomedizinische Sensoren hinzuzufügen.

4.2 Wie es funktionieren könnte

Viele Jahre sind vergangen. Die Technologie hat sich beträchtlich weiterentwickelt, mit neuen Sensortechnologien, die biologische Prozesse auf Zell-, Organ- und System- oder Körperebene kontinuierlich überwachen können, weit über die vor einigen Jahrzehnten übliche Einzelsensortechnologie (wie Insulinsensoren) hinaus. Diese Sensoren werden meist implantiert, können aber auch die Form von genom-editierten Zellen annehmen. Ebenso sind die Rechenressourcen stetig gewachsen und ermöglichen die Modellierung komplexer biomedizinischer Prozesse. Die Herausforderung besteht nicht mehr darin, Daten über möglichst viele Patienten zu sammeln, um robuste KI-Algorithmen zu trainieren, wie es noch vor einigen Jahrzehnten der Fall war, sondern in der Echtzeit-Integration persönlicher Datenströme in einem so genannten digitalen Zwillingssystem. Digitale Zwillingssysteme bestehen aus zwei Hauptkomponenten: Die erste ist eine massstabsgetreue digitale Nachbildung oder ein Modell eines einzelnen Patienten, das in der Lage ist, zukünftige Gesundheitszustände und Verhaltensweisen vorherzusagen. Das Modell wird mit Hilfe eines vortrainierten Basismodells (ein Durchschnittsmodell aus bestehenden digitalen Zwillingen) initialisiert, das anschließend anhand kontinuierlich gesammelter individueller Datensätze feinabgestimmt wird.



Der digitale Zwilling optimiert ständig seine eigene Vorhersagefähigkeit, indem er seine Vorhersagen mit tatsächlichen (zukünftigen) biologischen Zuständen oder medizinischen Ereignissen vergleicht.

Die Vorhersagen werden auch dadurch verfeinert, dass die Ergebnisse von Arzneimittel-Experimenten mit Organoiden mit den Ergebnissen der medikamentösen Behandlung eines Patienten abgeglichen werden. Zu diesem Zweck hat der digitale Zwilling Zugang zu organoiden Arzneimittelscreenings und kann diese bei Bedarf anfordern. Die zweite Komponente des digitalen Zwillings sind Schnittstellen für die Beantwortung von Gesundheitsfragen und die Übermittlung von Gesundheitsvorhersagen, die auf die verschiedenen Interessengruppen (Patienten, Ärzte, Forscher) zugeschnitten sind. Ärzte können mit dem Zwilling interagieren, indem sie unterschiedliche zukünftige Zwillingsversionen untersuchen, die auf verschiedenen Behandlungsentscheidungen basieren. Die Patienten interagieren über die KI-Coaches, virtuelle Maschinen, die selbst Zugang zu den Prognosefähigkeiten des digitalen Zwillings haben und Gesundheitsfragen in sinnvolle Behandlungsempfehlungen für den Patienten umsetzen. Schliesslich können Forscher mit einem Zwilling oder einer Gruppe von Zwillingen interagieren, indem sie neue Medikamente in virtuellen klinischen Studien testen.

Carmen ist mit 75 Jahren in den Ruhestand gegangen, verfolgt aber weiterhin mit Interesse den Wandel der Medizin zu einer Informationswissenschaft. Statistisch gesehen hat sie noch 25 Lebensjahre vor sich und genug Freude und Energie, um als Gast an den virtuellen Fortbildungsveranstaltungen ihres Sohnes Kilian teilzunehmen. Kilian ist ein angesehenes Mitglied von DigMed, dem weltweiten Zusammenschluss der besten digitalen Mediziner. Seine Arbeit zur Differentialdiagnose digitaler Zwillinge ist bahnbrechend und hat die Methoden der Fast-Forward-Simulation entscheidend weiterentwickelt. Es ist möglich geworden, subtil unterschiedliche Varianten von digitalen Zwillingen schnell zu modellieren und darauf aufbauend eine prädiktive Therapie anzubieten: Die biologischen Zwillinge erhalten Verhaltensvorschläge, die mehrere Monate in die Zukunft reichen und können so die Entstehung von Krankheiten verhindern. Doch in der Praxis klappt das nicht ganz so gut, denn der Eigensinn der Menschen konterkariert manchmal die gut gemeinten Ratschläge. «Es ist einfacher, den digitalen Zwilling gesund zu halten als den biologischen Zwilling», sagt Kilian.

Manchmal spricht Kilian mit seiner (echten) Mutter über die Medizin der Vergangenheit, die in Parallelgesellschaften immer noch lebendig gehalten wird. Er ist stolz, dass Carmen eine Pionierin war, lächelt aber manchmal auch über ihre nostalgischen Erinnerungen an die G-Coaches, diesen «menschlichen Übersetzer», der heute in dieser Form nicht mehr gebraucht wird. Die Menschen haben sich einfach weiterentwickelt, sagt er: So wie die Menschen früher die Kleidung als Teil ihrer selbst betrachteten, ist es heute die Mischung aus biologischem Original, digitalem Zwilling und KI-Coach, die sozusagen einen Menschen ausmacht. Als Arzt muss man sich in diesen verschiedenen Sphären – real und virtuell – bewegen, um ein effektiver Gesundheitsdienstleister zu sein.

In diesen Diskussionen kontert Carmen dann aber immer, was zu tun sei, wenn sich der biologische und der digitale Zwilling in unterschiedliche Richtungen entwickeln. Schliesslich durchläuft jeder Mensch in seiner Schulzeit ein Autonomietraining (siehe Fallstudie «Mittelallokation»), um sich gegebenenfalls von seinem digitalen Zwilling emanzipieren zu können. Allerdings sagt Kilian dann, dass ein solcher Widerspruch eigentlich nicht möglich sein kann, schliesslich lebt der digitale Zwilling vom Dateninput seines biologischen Gegenstücks. Natürlich erkennt er das Problem, dass seine Forschung zur präventiven Therapie manchmal mit der Sturheit der Menschen kollidiert. «Wahrscheinlich», denkt er, «muss man den Lehrplan für das Autonomietraining anpassen...»



4.3 Mögliche Fragen für Diskussionen

Was gefällt Ihnen an einem solchen vollständig digitalisierten Gesundheitssystem, was gefällt Ihnen nicht? Welche Rolle sehen Sie für medizinische Fachkräfte in einem solchen System? Würden Sie in einer solchen Welt leben wollen? Wenn nein, warum nicht?

5 Literaturhinweise / Links

- [1] <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.assetdetail.19305696.html>
- [2] <https://www.usz.ch/individualisierte-krebstherapien-nach-langem-kampf-vom-krebs-befreit/>
- [3] <https://www.krebsliga.ch/ueber-krebs/therapien/immuntherapien-und-zielgerichtete-therapien>