

Zu viel Gewissheit? Herausforderungen künstlich-intelligenter Gesundheitsprädiktionen für die öffentliche Gesundheitsversorgung

Ulrich Freiherr von Ulmenstein, Max Tretter, Christina Lauppert von Peharnik, David Ehrlich

Einleitung

Künstliche Intelligenz (KI) dringt kontinuierlich in immer mehr Lebensbereiche vor und löst dort umfassende Transformationen aus. Gerade auf epistemischer Ebene bergen KI-Systeme ein enormes Potenzial, signifikante Veränderungen zu bewirken (Schmidt 2022). Die ersten Vorboten dieser Veränderungen werden schon sichtbar in der Art und Weise, wie große Sprachmodelle und intelligente Suchmaschinen unseren Umgang mit Informationen beeinflussen und dabei unsere Vorstellungen von Wissen selbst neu prägen (Dabrock 2023). Doch die Potenziale der KI beschränken sich nicht auf den Alltagsgebrauch. Im Gesundheitswesen beispielsweise werden fortschrittliche KI-Anwendungen zur Analyse von Daten genutzt, um die Gesundheitsentwicklung von Einzelpersonen zu prognostizieren (Chaari 2019; Topol 2020). Im politischen Kontext werden KI-Systeme eingesetzt, um die möglichen Auswirkungen verschiedener Entscheidungen auf die Gesellschaft abzuschätzen (Valle-Cruz und Sandoval-Almazan 2018; Valle-Cruz et al. 2019).

Es ist unbestritten, dass KI-gestützte Prognosen zum aktuellen Zeitpunkt nicht vollständig zuverlässig sind. Die Möglichkeit, dass KI-Systeme Fehleinschätzungen treffen und prognostizierte Ereignisse nicht oder anders als erwartet eintreten, ist stets präsent. Im Endeffekt sind die Prognosen von KI-Systemen immer nur bedingt verlässlich. Doch auch die Gewissheiten, die sich aus solchen KI-Prädiktionen gewinnen lassen, können sich als äußerst hilfreich erweisen. Selbst wenn eine medizinische KI lediglich eine grobe Tendenz abgeben kann, wie sich die Gesundheit einer Person in den kommenden

Jahren voraussichtlich entwickeln wird, sind diese Vorhersagen oftmals nützlicher als ein komplettes Informationsvakuum – und trotz der Gefahr einer Fehleinschätzung – häufig verlässlicher als menschliche Schätzungen. So sehr KI-basierte Prognosen einerseits mit Vorsicht zu genießen und als grobe Annäherungen zu betrachten sind, deren Eintritt zwar nicht unwahrscheinlich ist, die aber dennoch nicht als absolut verlässlich eingestuft werden sollten, so wertvoll können sich derlei KI-getriebene Gewissheitsergebnisse andererseits doch erweisen (Tretter 2023).

In diesem Beitrag werden wir die Überlegungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen KI und Gewissheit weiterführen. Anhand eines gedanklichen Experiments wollen wir untersuchen, welche potenziellen Herausforderungen auf das öffentliche Gesundheitssystem zukommen könnten, sollten KI-Anwendungen in der Lage sein, die Gesundheitsentwicklung von Einzelpersonen mit außerordentlicher Präzision vorherzusagen. Dabei gehen wir von einer Vorhersagegenauigkeit aus, die so hoch ist, dass eventuelle Fehlprognosen als vernachlässigbar gelten können.

Obwohl KI-basierte Gesundheitsprädiktionen auf der einen Seite enorme Chancen bergen, besteht auf der anderen Seite die Befürchtung, dass der Einsatz von KI zur Gewissheitsschaffung in Gesundheitskontexten bestehende Finanzierungsprobleme in dualen öffentlich-privaten Gesundheitssystemen verschärfen könnte (Corea 2019). Dieser Aspekt wird im Folgenden tiefergehend behandelt, indem wir aufzeigen, wie der Einsatz von prädiktiver und gewissheitsschaffender KI im Gesundheitswesen adverse Selektionsdynamiken verstärken kann.

Um diese These zu untermauern, klären wir zunächst relevante konzeptionelle Begriffe und erläutern dann, welche epistemischen Verschiebungen von Ungewissheit und Gewissheit der Einsatz von KI im Gesundheitsbereich bereits jetzt und umso mehr in der Zukunft befördern kann. Am Beispiel des deutschen Gesundheitssystems analysieren wir dann die komplexen Auswirkungen neugewonnener Gesundheitsgewissheiten unter den systemischen Bedingungen des deutschen Gesundheitssystems (insbesondere den Wahlmöglichkeiten der Versicherungsformen) auf die Zusammensetzung der Versichertengemeinschaften. Dabei wird deutlich, dass Personen mit positiven Gesundheitsprognosen einen starken Anreiz haben könnten, von der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) in die private Krankenversicherung (PKV) zu wechseln. Eine solche Dynamik könnte die Finanzierung der GKV bedrohen. Nach einer Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse geben wir einen kurzen Ausblick darauf, wie man diesem Problem begegnen könnte.

Konzeptions- und Begriffsklärungen

Den anzustellenden Untersuchungen seien einige begriffskonzeptionelle Erläuterungen zu *Gewissheit* und *Ungewissheit* sowie *KI* und *Gesundheitssystem* vorangestellt. Sie dienen der Bereitstellung eines einheitlichen Betrachtungsrahmens.

Wir legen dem Beitrag ein pragmatisches Verständnis von *Ungewissheit* und *Gewissheit* zu Grunde. Dieses wird am besten deutlich, wenn man es vom Zentralkonzept des Pragmatismus, dem Handlungsbegriff, her versteht. Um das eigene Handeln vernünftig planen und informierte Handlungsentscheidungen treffen zu können, brauchen Personen erstens eine Kenntnis ihrer gegenwärtigen Situation. Das bedeutet, sie brauchen eine Kenntnis ihrer gegenwärtigen Lage und Verfassung sowie eine gewisse Ahnung davon, was demnächst auf sie zukommen wird. Zweitens müssen Personen ihre Handlungsoptionen kennen und abschätzen können. D.h. sie müssen wissen, welche Handlungen sie gegenwärtig durchführen können und abschätzen können, welche Konsequenzen ihr Handeln nach sich ziehen wird.

Eine Situation, in der es Personen schwerfällt, ihre gegenwärtige Lage ein- und die Folgen ihrer Handlungsoptionen abschätzen zu können, bezeichnen wir als *ungewiss*. Diese *Ungewissheit* kann zustande kommen, weil es der Person an Informationen über ihre Situation fehlt oder weil sie den vorliegenden Informationen misstraut, sie als verzerrt, ungenau oder schlichtweg falsch einschätzt (Smithson 1989). Eine gegenteilige Situation hingegen, in der einer Person Informationen zur Verfügung stehen, die sie als ausreichend und verlässlich genug einstuft, um ihre aktuelle Lage einschätzen und antizipieren zu können, was auf sie zukommen wird, und um ihre Handlungsoptionen inklusive deren möglicher Folgen abschätzen zu können, beschreiben wir als *gewiss* (Dewey 2001).

Wir nutzen die Begriffe *Ungewissheit* und *Gewissheit* demnach nicht, um die objektive Qualität von Informationen zu beschreiben und Aussagen darüber zu treffen, wie richtig und verlässlich Informationen sind. Um Aussagen dieser Art zu treffen, etwa ob eine physikalische Theorie die Welt beschreibt oder eine errechnete Prognose eintrifft, greifen wir auf die Begriffe der Richtigkeit und Verlässlichkeit zurück. Dagegen nutzen wir die Begriffe *Ungewissheit* und *Gewissheit*, um das subjektive Überzeugt-sein von Informationen bzw. subjektive Überzeugungen zu beschreiben, die Personen zum Ausgangspunkt ihres Entscheidens und Handelns machen. Vor diesem Hintergrund beschreibt *Ungewissheit* einen subjektiven Mangel an Informationen, der das Treffen vernünf-

tiger Handlungsentscheidungen erschwert oder verunmöglicht (Wittgenstein 2020) – *Gewissheit* hingegen das Vorliegen von Informationen, die als verlässlich eingestuft werden und die Grundlage des eigenen Handelns und Entscheidens bilden (Dewey 2001). Diese strikte Differenzierung zwischen einer objektiven Qualität von Informationen und einem subjektiven Überzeugt-sein von Informationen bedeutet jedoch nicht, dass die Richtigkeit bzw. Verlässlichkeit einer Information für subjektive Überzeugungen bzw. Gewissheit irrelevant seien. Denn als je »richtiger« und verlässlicher sich Informationen erweisen, desto eher eignen sich Personen diese Informationen als Gewissheiten an und gründen ihre Handlungsentscheidungen auf diesen.¹

An diesem pragmatischen Zugang ist hervorzuheben, dass es weder absolute Ungewissheit noch totale Gewissheit gibt. Denn selbst dann, wenn eine Person sich ganz unsicher ist, ihre Situation kaum einschätzen und ihre Handlungen und deren Folgen schlecht abwägen kann, besitzt sie immer noch ein Mindestmaß an Situationsbewusstsein. Sie ist, vereinfacht ausgedrückt, niemals absolut unwissend und kann immer auf einen Mindestbestand an Kenntnissen oder Intuitionen zurückgreifen, um sich und ihre Handlungen zu orientieren (Wittgenstein 2020). Umgekehrt ist es, zumindest im Regelfall, auch so, dass jede Person um die Fehlbarkeit ihrer eigenen Überzeugungen weiß. Sie weiß, dass selbst, wenn sie sich einer Sache momentan wirklich sicher ist, zukünftige Informationen ihr gegenwärtiges Wissen als defizitär, verzerrt oder fehlgeleitet erweisen können und dass zumindest die Möglichkeit besteht, dass andere Informationen zutreffender sind und eine verlässlichere Grundlage für das eigene Handeln liefern (Johnson 2022). Jede Ungewissheit und jede Gewissheit ist demnach vorläufig und relativ.

Da es uns in unserem Beitrag weniger darum geht, die gegenwärtigen Potentiale spezifischer KI-Technologien zu bewerten denn eher darum, zu erkunden, wohin die Reise gehen könnte und welche Gewissheiten mithilfe

1 Unsere Präferenz für diese pragmatischen Begriffsdefinition resultiert primär aus der Beobachtung, dass individuelle Entscheidungen in sozialen Kontexten häufig auf eingeschränkt verlässlichen Informationen basieren. Dennoch können solche Entscheidungen gleichzeitig als von Gewissheit getragen wahrgenommen werden. Ein exemplarisches Paradigma hierfür sind juristische Prozesse, insbesondere im Kontext der Beweisführung und richterlichen Urteilsfindung. Im Rahmen einer Beweiswürdigung können Richter*innen in ihrem Urteil eine Tatsache (z.B., dass das Fahrzeug A auf das Fahrzeug B aufgefahren ist) als mit Gewissheit gegeben aussprechen, auch wenn die dafür beweisgebende Zeug*innenaussage längst nicht alle Zweifel ausgeräumt hat (z.B., weil die Wahrnehmung der Zeug*innen schlicht zu lange zurückliegt).

von KI in Zukunft produziert werden könnten, greifen wir auf ein alltags sprachliches Verständnis von KI zurück. Unter KI verstehen wir sämtliche Algorithmen, die gegenwärtig unter dem Begriff KI subsummiert und dazu genutzt werden, große Datenmengen hochgradig selbstständig zu analysieren und Schlüsse aus ihnen zu ziehen (Boden 2018). Diskussionen darüber, ob es sich bei Algorithmen, die als KI betitelt werden, tatsächlich um KI handelt oder nur um komplexe Wenn-Dann-Schleifen, sowie feingliedrige Differenzierungen in verschiedene Arten von KI klammern wir an dieser Stelle bewusst aus.

Unter dem Begriff *Gesundheitssystem* fassen wir sämtliche Institutionen, die innerhalb eines meist nationalen Kontextes an der medizinischen Behandlung oder gesundheitlichen Pflege von Personen, der Organisation dieser Tätigkeiten oder ihrer Finanzierung beteiligt sind (Schölkopf und Grimmeisen 2021). Viele dieser Gesundheitssysteme weisen eine duale öffentlich-private Struktur auf. Der öffentliche Teil des Gesundheitssystems, dem zumeist alle Bürger*innen obligatorisch angehören, bietet ihnen eine medizinische Grundversorgung. Um über dieses Grundmaß hinaus medizinisch versorgt zu sein, können die Bürger*innen substitutive oder zusätzliche Versicherungen abschließen (Rice 2021). Dies bezeichnen wir als den privaten Teil des Gesundheitssystems. Im deutschen Gesundheitssystem entspricht die GKV dem öffentlichen Teil des Gesundheitssystems, während die PKV das Äquivalent zum privaten Gesundheitssystem bildet.

Kann KI dazu beitragen, gesundheitliche Gewissheiten zu schaffen?

Ehe wir der Frage nachgehen können, welche Auswirkungen es auf das öffentliche Gesundheitssystem hat, wenn KI gesundheitliche Ungewissheiten reduziert und gesundheitliche Gewissheiten produziert, müssen wir erst der Frage nachgehen, ob und wie KI überhaupt in der Lage ist bzw. sein wird, dies zu tun. Unser erster Schritt wird sein, die Begriffe *gesundheitliche Unsicherheiten* und *gesundheitliche Gewissheiten* genauer zu definieren. Danach werden wir aufzeigen, wie aktuelle KI-Anwendungen bereits gegenwärtig dazu beitragen, Unsicherheiten im Gesundheitsbereich zu mindern und bedingte Gesundheitsgewissheiten zu schaffen. Zum Schluss werden wir einen Blick in die Zukunft werfen und erwägen, wie sich das Potential von KI zur Schaffung gesundheitlicher Gewissheiten in den kommenden Jahren entwickeln könnte.

Ungewissheit haben wir als den Status bezeichnet, in dem einer Person nicht ausreichend verlässliche Informationen zur Verfügung stehen, um ihre gegenwärtige Situation einzuschätzen, zukünftige Entwicklungen zu antizipieren und auf dieser Grundlage informierte Handlungsentscheidungen zu treffen. Insbesondere in gesundheitlichen Kontexten ist diese Art von Ungewissheit äußerst präsent (Hatch 2016). Denn im Regelfall besitzen Personen nicht die nötigen Informationen über ihren Körper, um ihre gegenwärtige gesundheitliche Verfasstheit präzise einzuschätzen, geschweige denn die Entwicklung ihrer Gesundheit in den nächsten Jahren vorherzusagen. Selbst wenn sie umfangreiche Informationen haben, erschwert die hohe Komplexität des menschlichen Körpers das Ziehen klarer Schlüsse über ihre aktuelle und zukünftige Gesundheit. Diese *gesundheitliche Ungewissheit*² hat praktische Konsequenzen. Etwa, dass viele Menschen einen gesundheitsfördernden Lebensstil führen, um eventuellen Krankheiten vorzubeugen, oder Versicherungen abschließen, um im Falle, dass doch eine Krankheit eintritt, finanziell abgesichert zu sein. Gesundheitliche Gewissheit hingegen existiert dort, wo Personen davon überzeugt sind, ihren gegenwärtigen Gesundheitszustand und zukünftige Gesundheitsentwicklungen gut einschätzen zu können (Aronowitz 2015). Die Quellen solch gesundheitlicher Gewissheit können vielfältig sein. Häufig sind es Informationen über den eigenen Körper oder computergestützte Vorhersagen, die von den Personen als verlässlich eingestuft werden, die einer solchen Gesundheitsgewissheit zugrunde liegen.³ Auch eine solche Gesundheitsgewissheit kann praktische Konsequenzen zeitigen. Auf einige davon werden wir im folgenden Kapitel genauer eingehen.

Wie Dewey in seinem Werk *Streben nach Gewißheit* herausarbeitet, bemühen sich Menschen seit je her, herrschende Ungewissheiten in handlungsorientierende Gewissheiten zu überführen – und nutzen dazu sämtliche wissenschaftliche und technische Möglichkeiten (Dewey 2001). Dies gilt insbesondere auch für den Gesundheitsbereich, wo die aktuellsten wissenschaftlichen sowie

2 Wenn wir von *gesundheitlicher Ungewissheit* oder *gesundheitlicher Gewissheit* sprechen, beziehen wir uns stets auf die individuelle Ungewissheit bzw. Gewissheit einer Person hinsichtlich ihrer Gesundheit.

3 An dieser Stelle ist wichtig, erneut zu betonen, dass Gewissheit nicht Richtigkeit bedeutet. Nur weil eine Person davon überzeugt ist, dass sie gesund ist und dies in Zukunft bleiben wird, d.h. ein hohes Maß an gesundheitlicher Gewissheit besitzt, muss dies nicht zutreffen. Es kann auch vorkommen, dass Personen fest vom Gegenteil dessen überzeugt sind, was »wirklich der Fall« ist – auch was ihre Gesundheit angeht.

technischen Herangehensweisen genutzt werden, um zusätzliche Informationen zu erlangen, diese auswerten zu können und dadurch einen Eindruck über die gesundheitliche Lage und Zukunft einer Person zu erlangen (Aronowitz 2015). In jüngster Zeit werden hierfür insbesondere KI-Anwendungen herangezogen (Tretter et al. 2023).

Ein eindrückliches Beispiel hierfür sind sogenannte »Digitale Zwillinge«, d.h. KI-generierte virtuelle Abbilder realer Personen. Diese basieren auf den biomedizinischen (z.B. Herzfrequenz, Sauerstoffsättigung im Blut, Blutdruck) und Lebensstildaten (z.B. Bewegung, körperliche Aktivität, Schlafzyklen, Konsummuster, Ernährung) der Repräsentierten. Diese Daten werden von Sensoren in Echtzeit aktualisiert und von einer KI modelliert, um dynamische *in-silico*-Simulationen von Personen zu erstellen. Obwohl diese Technik derzeit vor allem zu Forschungszwecken eingesetzt wird, gibt es doch eine Vielzahl von Studien, die ihren Nutzen in der medizinischen Praxis testen (Ahmadi-Assalemi u.a. 2020). So werden digitale Zwillinge verwendet, um in virtuellen Simulationen zu testen, wie gut ein*e Patient*in auf verschiedene Medikamente reagiert und welches die beste Wirksamkeit hat (Björnsson u.a. 2020); oder um virtuelle Operationen an einer Person durchzuführen und zu simulieren, ob und wie sie diese verträgt und welchen Nutzen die Operationen für sie haben (Ahmed und Devoto 2021).

Darüber hinaus versprechen digitale Zwillinge, auf Grundlage der ihnen zur Verfügung stehenden Daten und der Extrapolation vergangener und gegenwärtiger Gesundheitstrends, personalisierte und hochpräzise Einschätzungen der gesundheitlichen Entwicklung einer Person geben zu können – etwa wie hoch deren individuelles Risiko ist, binnen eines bestimmten Zeitraums bestimmte Krankheiten zu erleiden (Hafez 2020; Huang, Kim, und Schermer 2022). Sind die Prognosefähigkeiten von digitalen Zwillingen aktuell noch auf wenige Krankheiten und einen vergleichsweise kurzen Zeitraum begrenzt, ist davon auszugehen, dass schon die nächsten Generationen digitale Zwillinge ein breites Krankheitsspektrum und einen langen Zeitraum abdecken und in naher Zukunft bereits ein vollständiges Gesundheitsprofil von Einzelpersonen, inklusive all ihrer individuellen Krankheitsrisiken, erstellen werden können.

Natürlich ist nicht davon auszugehen, dass digitale Zwillinge oder vergleichbare KI-Systeme den Gesundheitsverlauf einer Person jemals mit *absoluter* Präzision prognostizieren oder ihre Krankheitsrisiken *zweifelsfrei* bestimmen können. Bereits das Vorliegen unvollständiger oder verzerrter Datensätze limitiert die Genauigkeit, die KI-Prognosen erreichen können,

maßgeblich. Doch liefern derartige KI-Systeme Erwartungswerte, die auf präzisen Daten und hochfunktionalen Modellen basieren, folglich eine große Plausibilität besitzen und den Personen, die mit ihnen interagieren – in erster Linie den Patient*innen und dem ärztlichen Personal – gesundheitliche Gewissheit verschaffen.

Wie stellen neue Gesundheitsgewissheiten die Gesundheitssysteme vor Herausforderungen?

Selbst wenn KI-Prognosen niemals unfehlbar und die entstehenden Gesundheitsgewissheiten niemals unanfechtbar sind, bergen sie doch große Chancen.⁴ Wo etwa Patient*innen davon überzeugt sind, in naher Zukunft an einer Krankheit zu erkranken, wenn sie ihren gegenwärtigen Lebensstil beibehalten, kann diese Gewissheit – unabhängig davon, wie richtig oder falsch sie ist – sie zu einem gesünderen Lebenswandel motivieren und dazu beitragen, einer eventuellen Krankheit tatsächlich präventiv entgegenzuwirken. Im Idealfall können Krankheiten durch solch vorausschauende Interventionen vollständig verhindert und Personen eine Menge Leid erspart werden (Vaishya u.a. 2020). Auch für die leitenden Institutionen der Gesundheitssysteme stellen präzise KI-Prognosen eine große Chance dar. Denn wo sie sich auf Prognosen verlassen und präzise einschätzen können, wie viele Personen in Zukunft erkranken werden und medizinisch behandelt werden müssen, wird es Gesundheitssystemen besser denn zuvor möglich, weitsichtiger und sicherer zu planen (Panch, Szolovits, und Atun 2018; Schwalbe und Wahl 2020). Sie können notwendige Behandlungskapazitäten und finanzielle Ressourcen freisetzen oder schaffen und dort abziehen, wo sie nicht benötigt werden. So kann der medizinische Einsatz von KI den vorherrschenden Kostendruck abmildern und die Gesundheitssysteme unterstützen (Knorre, Müller-Peters, und Wagner 2020).⁵

-
- 4 Es ist zu erwarten, dass selbst Prognosen, die »nur« zu 80 Prozent verlässlich sind, oder »nur« 75 % präzise sind, Patient*innen helfen, Entscheidungen zu treffen und zu handeln. Dies gilt umso mehr, wenn man davon ausgeht, dass die Forschung zu KI in der Medizin in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiter so voranschreiten wird wie in den letzten Jahren (Pouly u.a. 2020) und immer noch präzisere Prädiktionen erlauben wird.
 - 5 Zugegebenermaßen erweisen sich die Auswirkungen dieser neuen KI-Prädiktionen auf Ebene der Gesundheitssysteme nicht so einschneidend wie auf der Ebene der in-

So positiv sich das KI-gestützte Schaffen gesundheitlicher Gewissheiten auf den Gesundheitsbereich auswirken kann, so schwerwiegende Bedenken weckt es auf der anderen Seite (de Boer 2020; Tretter et al. 2021; Margetts und Dorobantu 2019; Coeckelbergh 2022). Eine sich besonders aufdrängende Frage lautet: Wie wirken sich wachsende gesundheitliche Gewissheiten auf Gesundheitssysteme und insbesondere deren finanzielle Stabilität aus?

Wir werden diese Frage am Beispiel des dualen Gesundheitssystems in Deutschland untersuchen, das sich aus der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) und der privaten Krankenversicherung (PKV) zusammensetzt und die Möglichkeit bietet, zwischen beiden zu wechseln. Während beide Versicherungssysteme ihren Versicherten prinzipiell eine ähnliche Absicherung gegen Krankheitsrisiken bieten, unterscheiden sie sich vor allem in der Art und Weise, wie sie ihre Prämien bzw. Beiträge berechnen. Nachdem wir diesen Unterschied erläutert und erörtert haben, welche Versicherungsform für bestimmte Personengruppen attraktiv sein könnte, werden wir darlegen, wie neu erlangte Gesundheitsgewissheiten das Phänomen der adversen Selektion verstärken können und welche Risiken dies für die Finanzierung der gesetzlichen Krankenversicherungen darstellt.

Deutschlands duales Gesundheitssystem – GKV und PKV

Die Gesundheitssysteme nahezu aller westlichen Länder sind solidarisch finanziert (Rice 2021; Schölkopf und Grimmeisen 2021), d.h. ihre Mitglieder zahlen eine regelmäßige Prämie in einen gemeinsamen Versicherungspool ein. Bei Erkrankung einer Person werden die anfallenden Kosten für Behandlung, Rehabilitation und sonstige Ausgaben aus diesem gemeinsamen Topf beglichen. Die Mitglieder unterstützen sich also durch ihre regelmäßigen Prämien solidarisch.

Das deutsche Gesundheitssystem stützt sich hauptsächlich auf die gesetzliche Krankenversicherung (GKV) und die (substitutive) private Krankenversicherung (PKV). Diese unterscheiden sich grundlegend in der Berechnung

dividuellen Gesundheit von Einzelpersonen. Denn gerade die Institutionen des Gesundheitswesens haben Zugriff auf umfassende statistische Gesundheits- und Krankheitsdaten. Und da auf institutioneller Ebene weniger interessiert, wer genau woran erkrankt wird, sondern eher, wie viele Personen insgesamt woran erkranken werden, reichen statistische Gesundheitsdaten schon sehr weit. Nichtsdestotrotz können die durch KI präzisierten Informationsgewinne auch auf der institutionellen Ebene des Gesundheitssystems nochmal neue Planungssicherheit ermöglichen.

der individuellen Prämien. Bei der PKV richtet sich die Prämienhöhe typischerweise nach dem Krankheitsrisiko des Versicherten (Müller-Peters und Wagner 2017). Ist das Risiko hoch, steigen auch die Prämien, und umgekehrt. Dieses individuelle Krankheitsrisiko ermitteln private Krankenversicherungen anhand spezifischer statistischer und verhaltensbezogener Daten, wie beispielsweise chronische Vorerkrankungen, das Alter und ob die versicherte Person raucht (Albrecht 2018; Hoffmann 2021).

Im Gegensatz dazu folgt die Prämienberechnung in der GKV zwei Umverteilungs- oder Subventionsmechanismen. Erstens orientiert sich die Prämienhöhe nicht am individuellen Krankheitsrisiko. Das bedeutet, dass Personen mit einem hohen Risiko nicht notwendigerweise höhere Prämien zahlen als solche mit einem geringeren Krankheitsrisiko. Dieses Prinzip der »subventionierenden Risikosolidarität« (Lehtonen und Liukko 2011) soll verhindern, dass Personen mit einem hohen Krankheitsrisiko durch hohe Versicherungsprämien zusätzlich belastet werden. Zweitens richten sich die Prämien nach dem individuellen Einkommen. Personen mit einem hohen Einkommen zahlen höhere Prämien als Personen mit einem niedrigen Einkommen. Mit dieser »subventionierenden Einkommenssolidarität« (Lehtonen und Liukko 2011) wird angestrebt, dass Personen mit einem niedrigen Einkommen nicht einen überproportional hohen Teil ihres Einkommens für ihre Gesundheitsvorsorge aufwenden müssen, während Personen mit einem hohen Einkommen dafür nur einen verhältnismäßig kleinen Teil ihres Einkommens benötigen. Aktuell müssen die meisten Versicherten in der GKV mindestens 14,6 % ihres beitragspflichtigen Einkommens abführen (§ 241 SGB V). Dabei wird die Berechnungsgrundlage durch die sogenannte Beitragsbemessungsgrenze – aktuell 59.850 Euro (Bundesregierung 2023) – nach oben begrenzt (§ 223 Abs. 3 SGB V). Die Beiträge werden in Gesundheitsfonds gesammelt und anschließend nach bestimmten Risikostrukturen an die gesetzlichen Krankenkassen verteilt (§ 266 SGB V). Erhält eine Krankenkasse dabei nicht genügend Mittel, etwa weil sie Personen mit sehr hohen Krankheitsrisiken versichert, muss sie einen eigenen Zusatzbeitrag erheben (§ 242 SGB V). Es gibt jedoch keinen Regelungsrahmen, der die Höhe des Krankheitsrisikos und den einkommensabhängigen Beitrag miteinander verknüpft.

In den meisten westlichen Ländern, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, gibt es obligatorische öffentliche Gesundheitssysteme (Rice 2021; Schölkopf und Grimmeisen 2021). In fast allen diesen Ländern haben die Bürger*innen die Möglichkeit, *zusätzliche* private Krankenversicherungen für Leistungen abzuschließen, die nicht oder nicht vollständig durch die öffentliche Ge-

sundheitsversorgung abgedeckt werden. In einigen Ländern, darunter auch Deutschland, können Bürger*innen auch vollständig in die private Krankenversicherung wechseln. Aktuell sind in Deutschland jedoch 88,2 % der Bürger*innen in der GKV versichert und nur 5,2 % ausschließlich privat (GKV-Spitzenverband 2021).

Interessen der Versicherten

Die Teilnahme an Gesundheitssystemen bietet Versicherten den erheblichen Vorteil, im Krankheitsfall finanziell abgesichert zu sein und nicht unmittelbar für anfallende Behandlungskosten aufkommen zu müssen. Im Gegenzug entstehen den Versicherten durch regelmäßige Beitragszahlungen Kosten. Bei der Auswahl ihrer Versicherungsform nehmen viele Menschen eine Abwägung der anfallenden Kosten und der zu erwartenden Leistungen vor (Schmitz 2017; Richter, Ruß und Schelling 2019; Zerth 2020), um die Option zu wählen, die ihnen den größtmöglichen Gesamtnutzen bietet (Corea 2019). Da die Leistungen in GKV und PKV im Grunde gleich sind – beide bieten eine Grundabsicherung; die PKV bietet einige Zusatzleistungen (vgl. § 11 SGB V, § 192 VVG, § 152 VAG) (Becker und Kingreen 2022) –, sind es primär die Kosten, die die Entscheidung zwischen beiden Versicherungsformen beeinflussen (Schmitz 2017; Zerth 2020; Lünich und Starke 2021; Schmitz 2017; Zerth 2020).

Solange es nicht möglich ist, den Gesundheitsverlauf einer Einzelperson präzise zu prognostizieren und somit eine gesundheitliche Ungewissheit besteht, gleicht die Wahl zwischen GKV und PKV einer »Lotterie«. Weder die Einzelpersonen noch die Versicherungen können errahnen, wie sich die Gesundheit einer Person entwickeln wird und wie hoch die Prämien sein müssen, um diese Kosten zu decken (Jong 2021). Ein hypothetisches Szenario, in dem KI in der Lage ist, den Gesundheitsverlauf von Einzelpersonen präzise vorherzusagen und gesundheitliche Gewissheit zu schaffen, würde diese Situation drastisch verändern. Denn für die Person, der die KI einen ungünstigen Gesundheitsverlauf prognostiziert, läge es dann nahe, über die GKV versichert zu sein. Hingegen wäre es für Personen, denen eine günstige Gesundheitsentwicklung und damit ein sehr geringes Krankheitsrisiko prognostiziert wird, vorteilhaft, sich privat zu versichern und eine stärker individualisierte Prämie zu zahlen.

Adverse Selektion und Finanzierungsprobleme für öffentliche Gesundheitssysteme

Wo Einzelpersonen Gewissheit über ihre gesundheitliche Entwicklung besitzen, ermöglicht ihnen dies eine genauere Kosten-Nutzen-Bewertung bei ihrer Versicherungswahl als bisher. Diese Möglichkeit kann für Personen mit günstigen Gesundheitsprognosen und »geringem Risiko« von Vorteil sein. Für sie könnte ein Anreiz bestehen, in die PKV zu wechseln, in der die Offenlegung ihres prognostizierten Gesundheitsverlaufs bzw. ihrer geringen Krankheitsrisiken möglicherweise zu niedrigeren Prämienzahlungen führen kann. Für Personen mit ungünstigen Gesundheitsprognosen und deutlich erhöhtem Krankheitsrisiko, die bereits in der PKV sind, könnte die neue gesundheitliche Gewissheit dagegen ein Problem darstellen. Sie müssen mit einem erheblichen Anstieg ihrer individuellen Prämien rechnen, wenn auch die PKV Zugang zu ihren Gesundheitsprädiktionen erhält – selbst unter den engeren Voraussetzungen für die Prämienanpassung in der PKV nach § 203 Abs. 2 VVG.⁶

Diese (gegenwärtigen, aber vor allem zukünftigen) Möglichkeiten, den eigenen Gesundheitsverlauf präzise zu prognostizieren, können auch eine große Herausforderung für die finanzielle Stabilität der öffentlichen Gesundheitssysteme als Ganzes darstellen (van Kleef, Eijkenaar, und van Vliet 2020). Dies gilt besonders für duale Systeme wie das Deutschlands, in denen die Bürger*innen die Möglichkeit haben, aus der öffentlichen GKV auszusteigen und stattdessen eine private Krankenversicherung abzuschließen. Ein erheblicher Teil der Personen mit günstigen Gesundheitsprognosen hätte einen Anreiz, von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen und sich privat zu versichern, um Geld zu sparen. Umgekehrt haben Personen, denen ein negativer Gesundheitsverlauf vorausgesagt wird, in der PKV ein Interesse daran, in die GKV zu wechseln. Dieser Effekt löst eine spaltende Entwicklung aus: Personen mit schlechteren gesundheitlichen Prognosen verbleiben in der GKV oder wechseln dorthin, während Personen mit günstigen Gesundheitsprognosen in die PKV wechseln oder privat versichert bleiben, wenn sie es bereits sind.

6 Danach ist eine einseitige Prämienanpassung durch private Versicherungsunternehmen, die besonders an die Versicherungsverträge gebunden sind – was bei der substitutiven PKV regelmäßig der Fall ist –, nur möglich, wenn die wesentlichen Rechnungsgrundlagen der Sterbewahrscheinlichkeit und der Versicherungsleistungen sich nachhaltig verändern und dies durch einen unabhängigen Treuhänder bestätigt wurde.

Dieses Phänomen ist ein Fall von »adverser Selektion« (Bitter und Uphues 2017).

Im Fall der GVK ist adverse Selektion ein Problem, da sie die Allokation zwischen Personen mit positiven Gesundheitsprognosen und »geringem Risiko« und Personen mit negativen gesundheitlichen Prognosen und »hohem Risiko« allmählich in Richtung eines höheren Durchschnittsrisikos verschieben könnte, während Personen mit geringeren Risiken in die PKV abwandern. Wenn das durchschnittliche Risiko (pro versicherter Person) steigt, steigen analog die durchschnittlich erwarteten Kosten (pro versicherter Person). Da das Versicherungssystem seine Einnahmen und Ausgaben langfristig ausgeglichen halten muss (vgl. § 220 Abs. 1 SGB V), führt dies zu steigenden Beiträgen – wenn am bestehenden Leistungsumfang festgehalten werden soll. Wenn die Beiträge steigen, kann dies eine negative Abwärtsspirale in Gang setzen, da die höheren Beiträge bedeuten würden, dass nun noch mehr Personen einen Anreiz haben, aus der Versicherung auszutreten – der Kreislauf beginnt von neuem (Cutler und Reber 1998; Cutler und Zeckhauser 1998).

Im Hinblick auf die Finanzierung der GKV (Bitter und Uphues 2017) ist es außerdem wichtig zu bedenken, dass »gesündere« Personen im Durchschnitt mehr in die gesetzliche Krankenversicherung einzahlen, als sie persönlich an gedeckten Krankenbehandlungskosten zurückerhalten. Somit erhält die Krankenkasse einen Nettoeinnahmegewinn von Personen mit günstigem Gesundheitsverlauf, der es ihr ermöglicht, Personen mit negativem Gesundheitsverlauf zu subventionieren, die mehr Kosten als Einnahmen verursachen (da ihr Risiko höher ist als das, für das sie zahlen). Der Wettbewerb zwischen GKV und PKV konzentriert sich entsprechend typischerweise auf junge, alleinstehende Personen mit hohem Einkommen (Viellehner 2017). Um Einnahmeverluste aufgrund von adverser Selektion auszugleichen, muss die GKV daher die Beiträge anheben, was bereits dem Grundsatz der Beitragsstabilität (§ 71 Abs. 1 SGB V) widerspricht und außerdem den Zweck der GKV gefährdet, den allgemeinen Zugang zu medizinischer Behandlung insbesondere für arme oder schutzbedürftige Personen sicherzustellen (Prasuhn und Wilke 2021). Lässt man diese Eskalationsdynamik ungehindert fortlaufen, birgt dies die Gefahr, die Finanzierung des Gesundheitssystems substanziell zu gefährden, da die Prämien in ungeahnte Höhen steigen könnten und die Gruppe derer, die sie bezahlen können, kontinuierlich schrumpfen würde.⁷ Dieser

7 Zwar existieren regulatorische Konzepte, welche die Ausrichtung von Versicherungsentscheidungen anhand von medizinischen Gewissheiten begrenzen, z.B. durch allge-

Effekt könnte schließlich den Gesetzgeber zum Eingreifen veranlassen, da die finanzielle Stabilität der GKV auch nach der Rechtsprechung des BVerfG ein erhebliches Interesse von Verfassungsrang darstellt (BVerfG, Beschl. v. 31.10.1984 – 1 BvR 35/82, 1 BvR 356/82, 1 BvR 794/82) (Schaks 2007).

Fazit

Basierend auf der Beobachtung, dass KI immer besser darin wird, detaillierte Prognosen über die gesundheitliche Entwicklung von Individuen zu erstellen, untersucht dieser Beitrag die möglichen Auswirkungen solcher Prädiktionsfortschritte auf die finanzielle Stabilität von Gesundheitssystemen. Denn in einem zukünftigen Szenario, in dem KI hochpräzise und äußerst verlässliche Vorhersagen über den individuellen Gesundheitsverlauf treffen kann, erlangen Einzelne eine Art subjektive Gewissheit über ihren Gesundheitszustand. Diese Gewissheit können sie verwenden, um ihre Wahl zwischen GKV und PKV so optimal und kosteneffizient wie möglich zu gestalten. Für Teilnehmer*innen an öffentlichen Gesundheitssystemen spielen beitragsentscheidende Faktoren schon jetzt eine erhebliche Rolle (Schmitz 2017; Zerth 2020).

Der Unterschied in der Konzeption der PKV, die sich auf risikobasierte Versicherungsprämien stützt, und der GKV, welche einkommensbasierte Prämien verwendet, könnte klare Anreize schaffen, dass Personen mit günstigen Gesundheitsprognosen und niedrigen Krankheitsrisiken von der GKV zur PKV wechseln. Entscheidend für diesen Wechsel ist der Vergleich der Kosten, die diese Personen für die Absicherung ihres geringen Krankheitsrisikos in der GKV und PKV aufbringen müssten. Bei den einkommensabhängigen GKV-Prämien würde die Person einen Betrag x zahlen (14,6 % des beitragspflichtigen Einkommens bis maximal zur Beitragsbemessungsgrenze von 59.850 Euro pro Jahr für 2023, zzgl. kassenindividueller Zusatzbeiträge), bei den risikobasierten PKV-Prämien einen Betrag y (bemessen anhand definierter Risikobemessungsgrundlagen). Solange y geringer als x ist, besteht zumindest ein klarer finanzieller Anreiz zum Wechsel. Tendenziell könnten daher Personen mit hohem Einkommen und günstigen Gesundheitsprognosen dazu nei-

meine Begrenzung der Wahlmöglichkeit zwischen GKV und PKV über Versicherungsfreiheit oder durch die Beschränkung der Prämienberechnung in der PKV auf spezifische Rechengrößen (Brömmelmeyer 2017). Diese können den Effekt einer adversen Selektion jedoch nicht nachhaltig eingrenzen.

gen, die GKV zu verlassen und sich in der PKV zu versichern. Im Gegensatz dazu hätten Personen mit negativen Gesundheitsprognosen, bei denen x geringer als y ist, einen Anreiz, die einkommensabhängigen Prämien der GKV zu zahlen. Insgesamt könnte dies dazu führen, dass das Beitragsaufkommen der GKV erheblich sinkt, während die Ausgaben steigen, da sich hohe Krankheitsrisiken in der GKV ansammeln. Dieses Phänomen der adversen Selektion könnte die finanzielle Stabilität der GKV nachhaltig bedrohen.

Finanzierung

Dieser Beitrag wurde durch Zuschüsse des Bundesministeriums für Forschung und Bildung finanziert (Förderkennzeichen: 01GP1905A, 01GP1905B, 01GP1905C, 01GP2202B).

Literatur

- Ahmadi-Assalemi, Gabriela, Haider Al-Khateeb, Carsten Maple, Gregory Epiphaniou, Zhraa A. Alhaboby, Sultan Alkaabi, und Doaa Alhaboby. 2020. »Digital Twins for Precision Healthcare«. In *Cyber Defence in the Age of AI, Smart Societies and Augmented Humanity*, herausgegeben von Hamid Jahankhani, Stefan Kendzierskyj, Nishan Chelvachandran, und Jaime Ibarra, 133–158. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35746-7_8.
- Ahmed, Hanad, und Laurence Devoto. 2021. »The Potential of a Digital Twin in Surgery«. *Surgical Innovation* 28 (4): 509–510. <https://doi.org/10.1177/1553350620975896>.
- Albrecht, Peter. 2018. »Tarifizierung in der Privatversicherung: Big Data, Risikoadäquanz, Solidarität«. *Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft* 107 (5): 449–467. <https://doi.org/10.1007/s12297-018-0409-2>.
- Aronowitz, Robert. 2015. *Risky Medicine: Our Quest to Cure Fear and Uncertainty*. Chicago: University of Chicago Press.
- Becker, Ulrich, und Thorsten Kingreen. 2022. »§ 11 SGB V – Leistungsarten, Rn. 19–21«. In *SGB V – Gesetzliche Krankenversicherung*, herausgegeben von Ulrich Becker und Thorsten Kingreen, 8. Aufl. München: C.H. Beck.

- Bitter, Philip, und Steffen Uphues. 2017. »Big Data und die Versichertengemeinschaft – »Entsolidarisierung« durch Digitalisierung?« Zuletzt zugegriffen am 31. Juli 2023. <https://www.abida.de/sites/default/files/13%20Entsolidarisierung.pdf>.
- Björnsson, Bergthor, Carl Borrebaeck, Nils Elander, Thomas Gasslander, Danută R. Gawel, Mika Gustafsson, Rebecka Jörnsten, et al. 2020. »Digital Twins to Personalize Medicine«. *Genome Medicine* 12 (1): 4. <https://doi.org/10.1186/s13073-019-0701-3>.
- Boden, Margaret A. 2018. *Artificial Intelligence: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Boer, Bas de. 2020. »Experiencing Objectified Health: Turning the Body into an Object of Attention«. *Medicine, Health Care and Philosophy* 23 (3): 401–411. <https://doi.org/10.1007/s11019-020-09949-0>.
- Brömmelmeyer, Christoph. 2017. »Belohnungen für gesundheitsbewusstes Verhalten in der Lebens- und Berufsunfähigkeitsversicherung? Rechtliche Rahmenbedingungen für Vitalitäts-Tarife.« *recht und schaden* 5: 225–232.
- Bundesregierung. 2023. »Änderungen der Beitragsbemessungsgrenzen 2023«. *Die Bundesregierung informiert*. Zuletzt zugegriffen am 31. Juli 2023. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/beitragsbemessungsgrenzen-2023-2133570>.
- Chaaari, Lotfi. 2019. *Digital Health Approach for Predictive, Preventive, Personalised and Participatory Medicine*. Cham: Springer Nature.
- Coeckelbergh, Mark. 2022. *The political philosophy of AI: an introduction*. Cambridge: Polity.
- Corea, Francesco. 2019. *Applied Artificial Intelligence: Where AI can be used in Business*. Cham: Springer.
- Cutler, David M., und S. J. Reber. 1998. »Paying for Health Insurance: The Trade-Off between Competition and Adverse Selection«. *The Quarterly Journal of Economics* 113 (2): 433–466. <https://doi.org/10.1162/003355398555649>.
- Cutler, David M., und Richard J. Zeckhauser. 1998. »Adverse Selection in Health Insurance«. *Forum for Health Economics & Policy* 1 (1). <https://doi.org/10.2202/1558-9544.1056>.
- Dabrock, Peter. »So Lässt Sich ChatGPT Verantworten.« *Spiegel*, 30. Januar 2023. <https://www.spiegel.de/netzwelt/chatgpt-so-laesst-sich-kuenstliche-intelligenz-verantworten-gastbeitrag-a-d89746ff-a263-4a70-a6d2-7029bb45b7ac>.

- Dewey, John. 2001. *Die Suche nach Gewißheit. Eine Untersuchung des Verhältnisses von Erkenntnis und Handeln*. Übersetzt von Martin Suhr. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- GKV-Spitzenverband. 2021. »Zahlen und Grafiken – GKV-Spitzenverband«. GKV-Spitzenverband. 2021. Zuletzt zugegriffen am 31. Juli 2023. https://www.gkv-spitzenverband.de/service/zahlen_und_grafiken/zahlen_und_grafiken.jsp.
- Hafez, Wael. 2020. »Human Digital Twin: Enabling Human-Multi Smart Machines Collaboration«. In *Intelligent Systems and Applications*, herausgegeben von Yaxin Bi, Rahul Bhatia, und Supriya Kapoor, 981–993. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29513-4_72.
- Hatch, Steven. 2016. *Snowball in a Blizzard. A Physician's Notes on Uncertainty in Medicine*. New York: Basic Books.
- Hoffmann, Patricia. 2021. *Telematik-Tarife in der privaten Krankenversicherung: Möglichkeiten der vitaldatenbasierten Tarif-, Prämien- und Vertragsgestaltung*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft.
- Huang, Pei-hua, Ki-hun Kim, und Maartje Schermer. 2022. »Ethical Issues of Digital Twins for Personalized Health Care Service: Preliminary Mapping Study«. *Journal of Medical Internet Research* 24 (1): e33081. <https://doi.org/10.2196/33081>.
- Johnson, L. Syd M. 2022. *The Ethics of Uncertainty. Entangled Ethical and Epistemic Risks in Disorders of Consciousness*. New York: Oxford University Press.
- Jong, Casper H. 2021. »Risk Classification and the Balance of Information in Insurance; an Alternative Interpretation of the Evidence«. *Risk Management and Insurance Review* 24 (4): 445–461. <https://doi.org/10.1111/rmir.12198>.
- Kleef, Richard C. van, Frank Eijkenaar, und René C. J. A. van Vliet. 2020. »Selection Incentives for Health Insurers in the Presence of Sophisticated Risk Adjustment«. *Medical Care Research and Review* 77 (6): 584–595. <https://doi.org/10.1177/1077558719825982>.
- Knorke, Susanne, Horst Müller-Peters, und Fred Wagner. 2020. *Die Big-Data-Debatte: Chancen und Risiken der digital vernetzten Gesellschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Lehtonen, Turo-Kimmo, und Jyri Liukko. 2011. »The Forms and Limits of Insurance Solidarity«. *Journal of Business Ethics* 103 (1): 33–44. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1221-x>.
- Lünich, Marco, und Christopher Starke. 2021. »Big Data = Big Trouble for Universal Healthcare? The Effects of Individualized Health Insurance on Solidarity«. *Preprint. SocArXiv*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/3f2xs>.

- Margetts, Helen, und Cosmina Dorobantu. 2019. »Rethink Government with AI«. *Nature* 568 (7751): 163–165. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01099-5>.
- Müller-Peters, Horst, und Fred Wagner. 2017. *Geschäft oder Gewissen? vom Auszug der Versicherung aus der Solidargemeinschaft*. Goslar: Goslar Institut.
- Panch, Trishan, Peter Szolovits, und Rifat Atun. 2018. »Artificial Intelligence, Machine Learning and Health Systems«. *Journal of Global Health* 8 (2): 020303. <https://doi.org/10.7189/jogh.08.020303>.
- Pouly, Marc, Thomas Koller, Philippe Gottfrois, und Simone Lionetti. 2020. »Künstliche Intelligenz in der Bildanalyse – Grundlagen und neue Entwicklungen«. *Der Hautarzt* 71 (9): 660–668. <https://doi.org/10.1007/s00105-020-04663-7>.
- Prasuhn, Armin Marek, und Christina Benita Wilke. 2021. *Reformoption Bürgerversicherung? eine Nutzwertanalyse vor dem Hintergrund aktueller und künftiger Herausforderungen des deutschen Krankenversicherungssystems*. Zuletzt zugegriffen am 31. Juli 2023. <https://www.fom.de/fileadmin/fom/forschung/KCV/FOM-KCV-Schriftenreihe-Band-2-Prasuhn-Wilke-Reformoption-Buergerversicherung-2021.pdf>.
- Rice, Thomas. 2021. *Health insurance systems: an international comparison*. London: Academic Press.
- Richter, Andreas, Jochen Ruß, und Stefan Schelling. 2019. »Insurance Customer Behavior: Lessons from Behavioral Economics«. *Risk Management and Insurance Review* 22 (2): 183–205. <https://doi.org/10.1111/rmir.12121>.
- Schaks, Nils. 2007. *Der Grundsatz der finanziellen Stabilität der gesetzlichen Krankenversicherung: eine verfassungs- und sozialrechtliche Untersuchung*. Schriften zum Gesundheitsrecht, Bd. 7. Berlin: Duncker & Humblot.
- Schmidt, Jan C. 2022. »Wandel Und Kontinuität Von Wissenschaft Durch Ki. Zur Aktuellen Veränderung Des Wissenschafts- Und Technikverständnisses.« In *Künstliche Intelligenz in der Forschung: Neue Möglichkeiten und Herausforderungen für die Wissenschaft*, herausgegeben von Carl Friedrich Gethmann, Peter Buxmann, Julia Distelrath, et al., 79–125. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schmitz, Hendrik. 2017. »Preis, Service oder Leistungen: Was beeinflusst besonders die Krankenkassenwahl von gesetzlich Versicherten?« In *Krankenversicherung im Rating*, herausgegeben von Thomas Adolph, Oliver Everling, und Marco Metzler, 279–295. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Schölkopf, Martin, und Simone Grimmeisen. 2021. *Das Gesundheitswesen im internationalen Vergleich Gesundheitssystemvergleich, Länderberichte und europäi-*

- sche Gesundheitspolitik. 4. Aufl. Berlin: Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Schwalbe, Nina, und Brian Wahl. 2020. »Artificial Intelligence and the Future of Global Health«. *The Lancet* 395 (10236): 1579–1586. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30226-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30226-9).
- Smithson, Michael. 1989. *Ignorance and Uncertainty: Emerging Paradigms*. New York: Springer New York.
- Topol, Eric J. 2020. *Deep Medicine. Künstliche Intelligenz in der Medizin. Wie KI das Gesundheitswesen menschlicher macht*. Übersetzt von Guido Lenz. Frechen: mitp.
- Tretter, Max. 2021. »Perspectives on Digital Twins and the (Im)Possibilities of Control«. *Journal of Medical Ethics* 47 (6): 410–411. <https://doi.org/10.1136/me-dethics-2021-107460>.
- Tretter, Max. 2023a. »Ambivalenzen gegenwärtiger Gewissheitsbestrebungen – Menschliche Entscheidungsfreiheit in einer gewisserwerdenden Welt«. In *Alexa, wie hast du's mit der Religion? Interreligiöse Zugänge zu Technik und künstlicher Intelligenz*, herausgegeben von Anna Puzio, Nicole Kunkel, und Hendrik Klinge. 135–157. Darmstadt: wbg.
- Tretter, Max, Tabea Ott, und Peter Dabrock. 2023. »AI-produced certainties in health care: current and future challenges«. *AI and Ethics*. <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00374-6>.
- Valle-Cruz, David, und Rodrigo Sandoval-Almazan. »Towards an Understanding of Artificial Intelligence in Government.« *19th Annual International Conference on Digital Government Research: Governance in the Data Age*, Delft, Association for Computing Machinery, 2018.
- Valle-Cruz, David, Edgar Alejandro Ruvalcaba-Gomez, Rodrigo Sandoval-Almazan, und J. Ignacio Criado. »A Review of Artificial Intelligence in Government and Its Potential from a Public Policy Perspective.« *20th Annual International Conference on Digital Government Research, Dubai, Association for Computing Machinery*, 2019.
- Vaishya, Raju, Mohd Javaid, Ibrahim Haleem Khan, und Abid Haleem. 2020. »Artificial Intelligence (AI) Applications for COVID-19 Pandemic«. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* 14 (4): 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.012>.
- Viellehner, Simone. 2017. *Das Finanzierungsrecht der Gesetzlichen und Privaten Krankenversicherung: Herausforderung für die Zusammenführung in ein einheitliches System*. Baden-Baden: Nomos.

- Wittgenstein, Ludwig. 2020. *Über Gewißheit*. Herausgegeben von G. E. M. Anscombe und Georg Henrik von Wright. 15. Aufl. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Zerth, Jürgen. 2020. »Krankenversicherungen als Agenten und Akteure in einem Gesundheitssystem der Zukunft: Eine Rollenbetrachtung zwischen Wettbewerb und Regulierung«. In *Handbuch Gesundheitssoziologie*, herausgegeben von Peter Kriwy und Monika Jungbauer-Gans, 701–722. Wiesbaden: Springer Fachmedien.