

Prädiktion in der Präzisionsmedizin

Dominik Hofmann

Beitrag zur Ad-Hoc-Gruppe »Zukunft der Prädiktion. Gesellschaftliche Folgen algorithmischer Vorhersage«

Was ist Präzisionsmedizin?

Über die genaue Abgrenzung dessen, was „personalisierte“ oder „Präzisionsmedizin“ heißt, herrscht unter denen, die sie betreiben, aufschlussreiche Uneinigkeit. Um sich grob zu vergegenwärtigen, worum es geht, genügt aber zu wissen, dass mit den Begriffen ein um das Jahr 2000 entstandener und mittlerweile relativ breit institutionalisierter Komplex in der Medizin beschrieben wird, der mit Formen von Diagnostik, Prognostik und Therapie befasst ist, welche sich auf molekulare Daten stützen. Plakativ dargestellt lautet die Versprechung, mit der man in den zurückliegenden Jahrzehnten enorme Summen an Fördergeldern akquirieren konnte: Die Identifizierung von Variationen im genetischen Material von Patient:innen, hauptsächlich in der DNA, in die die jüngere Moderne den Hort der Individualität zu imaginieren neigt, gibt Aufschluss über die „ganz persönliche“ Krankheit, bzw. das ganz persönliche Krankheitsrisiko, sowie die organismusspezifische Reaktion auf einzelne Behandlungsregime, und informiert entsprechend individuell zugeschnittene Therapieentscheidungen.

Die Aufgaben, die dabei an digitale Algorithmen übertragen werden, weisen eine etwas größere Variationsbreite auf als das im Kontext der beiden anderen in der Ad-Hoc-Gruppe diskutierten Anwendungsfelder – Versicherung (Cevolini 2023) und Polizei (Egbert und Heimstädt 2023) – der Fall ist. Im Allgemeinen bestehen sie in der (divers operationalisierten) Herstellung von Korrelationen und Assoziationen zwischen Entitäten der folgenden Typen (auch unter solchen gleichen Typs):

- *variants* (genotypische Veränderungen im sequenzierten DNA-Material)
- *biomarkers* (molekulare Indikatoren)
- *targets* (Zielproteine für die Therapie)
- *agents/drugs* (pharmakogenetische Mittel)

Gerade wo der prädiktive Aspekt der genbiologisch basierten Medizin im Fokus steht, mögen einem, entsprechend der lange geläufigen Aufmerksamkeitszuteilung populärwissenschaftlicher Darstellungen, zunächst Anwendungen wie pränatale Diagnostik und populationsübergreifende Gentests vor Augen stehen. Über deren Zukunft mag man zwar spekulieren (diesgerichtet etwa Khoury und Galea 2016), in der gegenwärtigen Praxis aber haben sich die relevanten Anwendungsfelder sehr stark weg von der Risikoeermittlung für breite Bevölkerungsteile in den klinischen Bereich, also hin zur Behandlung von Personen, verschoben, deren Kranksein schon vor dem Einsatz präzisionsmedizinischen Instrumentariums als Tatsache statuiert wurde.

Das ist in mindestens zweifacher Hinsicht relevant: zum einen widerspricht es empirisch dem gerade bei Einsetzen des Hypes um die Präzisionsmedizin gehegten Verdacht, diese würde einen endgültigen Dammbbruch im Prozess der *medicalization of society* (Conrad 2007; sowie zum Konzept der „geneticization“ ten Have 2001) bedeuten. Ohne eine generelle Entwicklung in Richtung der Universalisierung des medizinischen Positivwerts Krankheit bezweifeln zu müssen, als welche man die Medikalisierungshypothese in alternativer Theoriebegrifflichkeit auch reformulieren kann, lässt sich konstatieren, dass die Präzisionsmedizin den entsprechenden Trend aktuell nicht vorantreibt, sondern seinen (sozial-organisatorischen, finanziellen und ethischen) Implikationen eher auszuweichen versucht, insofern ihre Anwendung sich größtenteils auf unzweifelhaft kranke Patient:innen beschränkt. Wir mögen heute alle in irgendeiner Hinsicht krank sein, aber es ist derzeit nicht die Präzisionsmedizin, mit der uns diese Auffassung biopolitisch andoktriniert würde.

Eine zweite Konsequenz der Fokussierung auf den klinischen Bereich, die im Kontext der Ad-Hoc-Gruppe besondere Relevanz besitzt, liegt in der Tatsache, dass es, im Gegensatz zu den anderen Teilprojekten, trotz der temporal selbstbezüglichen Veranlagung einer Disziplin, für die Prognostik und Prädiktion traditionell fundamentale Bedeutung haben, kaum zu „Performativität“ (vgl. Esposito 2023) im Sinne von *reflexive predictions*¹ kommt: wenn es zu spät ist, als dass eine Verhaltensänderung der Patientin noch einen Unterschied machen könnte², fallen selbsterfüllende oder -zerstörende Prophezeiungen nicht auf ihrer Seite an, sondern allenfalls auf der der ärztlichen Intervention.

Diese beiden Anmerkungen sollen kein Plädoyer dafür darstellen, das Nachdenken über eine mögliche Zukunft, in der weitgreifende Prädiagnostik auch für alle „noch“ (aber damit dann schon nicht mehr?) Gesunden üblich geworden sein wird, ad acta zu legen. Man befindet sich hier am Anfang einer Entwicklung und es ist anzunehmen, dass sich die Präzisionsmedizin künftig über ihren derzeit relativ exklusiven Empfängerkreis hinweg ausweitet. Sagen lässt sich aber, dass die vergangenen Zukunftsprognosen zum Thema erwartbarerweise beständig andere Aspekte in den Blick gefasst hatten, als dann in den aktualisierten Gegenwart relevant werden sollten.

Was ist neu?

Wenn die Innovation also zunächst nicht an dieser Stelle zu suchen ist, worin besteht sie dann? Sieht man sich in der umfangreichen Literatur zur Präzisionsmedizin um, dann stößt man tatsächlich auch in den dort angestellten Reflexionsbemühungen vor allem auf die beständig wiederholten Grundfragen, was an ihr nun eigentlich präzise und was eigentlich neu sei.

Beobachter aus unterschiedlichen Disziplinen geben unterschiedliche Antworten, von denen die soziologischen – und auch sie gibt es mittlerweile in nicht geringer Anzahl – immer wieder ein bestimmtes Motiv bedienen: Präzisionsmedizin lasse die Unterscheidung zwischen verschiedenen, bisher getrennten Domänen der medizinischen Doktrin verschwimmen. Man tut der Realität der Debatte keinen übermäßigen Zwang an, wenn man drei Bereiche hervorhebt, hinsichtlich derer diese Vorstellung hauptsächlich geäußert wird (wenngleich sich die Liste darüber hinaus fortsetzen ließe):

- (1) *Diagnose/Prognose/Therapie*: Als Informationsform, die hauptsächlich die Therapieentscheidungen anleitet, werde die Diagnose vermehrt durch Voraussagen hinsichtlich der Krankheitsentwicklung, in Abhängigkeit von den selegierten Behandlungsalternativen, ergänzt (vgl. Cambrosio 2021; Giroux 2022). Die Beantwortung der Frage, was wirkt, überspringt vermehrt den Umweg über die

¹ Um den von Buck (1963) eingeführten Oberbegriff für das zu verwenden, was in der Soziologie seit Merton unter den Namen *self-fulfilling* und *self-defeating prophecies* bekannt ist.

² Zur Vorstellung der Determiniertheit von Krankheit, vgl. Wulff 1999.

Frage, was die Patientin (nosologisch gesehen) hat. Wenn der Schlüssel zum Verständnis sowohl der Pathogenese als auch der individuellen Reaktion auf Behandlung in den Genen liegt, mag es für die soziale Umwelt der Medizin relevant sein, wie man die Krankheit klassifiziert, die medizinische Konditionalprogrammierung funktioniert aber mit prädiktiven Daten ebenso gut wie mit nosologisch-ätiologischen.

- (2) *Population/Individuum*: Die „Personalisierung“ der personalisierten Medizin setzt probabilistische Verfahrensaspekte voraus³. Aus statistischen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Zusammenhänge, die sich aus der Vorhandenheit oder Abwesenheit bestimmter genetischer Marker ergeben, wird ein persönliches Profil der wahrscheinlichen Reaktion auf bestimmte Eingriffe erstellt. Man wird zwar einer statistischen Gruppe an Patient:innen mit bestimmten genetischen Merkmalen zugeordnet, mit immer größeren Datensätzen und immer leistungsfähigeren Algorithmen wird die Anzahl der Gruppenmitglieder aber schrittweise eingeengt – letztendlich, so zumindest die Werbekommunikation, bis aufs ganz individuelle Profil an Merkmalskombinationen (vgl. etwa Maglo 2012). Die in der Medizin lange gehegte Ablehnung gegenüber Wahrscheinlichkeits- und Durchschnittswerten, die sich auf die Verpflichtung gegenüber dem je Einzelnen beruft, dessen Fall sehr weit vom statistischen Mittel entfernt liegen kann, wird so nun doch mit Personalisierung kompatibel gemacht.
- (3) *Forschung/Klinik*: Der Eindruck des Verschwimmens medizinischer Forschung mit klinischer Anwendung (Abettan 2016; Boniolo 2017; Cambrosio et al. 2018) verdankt sich wohl größtenteils einer neuen Gleichzeitigkeit im Zugriff und in der Aktualisierung der geteilten Daten, deren Ablageform – nämlich in Datenbanken⁴ – sich zunehmend vereinheitlicht (z.B. ist Voraussetzung für die Aufnahme in ein präzisionsmedizinisches Behandlungsprogramm meist die Einschreibung in eine wissenschaftliche Studie). Dazu kommen außerdem vermehrte organisationale Überlappungen (auch Spitzenforschungszentren sind eng an die klinische Praxis angebunden).

Dass gerade diesen drei Unterscheidungen in der Debatte besondere Prominenz zukommt, ist – so die Vermutung – nicht ganz zufällig. Die strukturellen Prämissen herauszuarbeiten, welche sie dafür prädisponieren, würde allerdings vom Thema wegführen, so dass an dieser Stelle der Hinweis genügen soll, dass es sich bei allen drei Unterscheidungen um Produkte der Moderne und der systemischen Ausdifferenzierung der Medizin handelt:

- (1) Obwohl das, was heute Diagnostik heißt, über die gesamte, mehr oder weniger globale Medizingeschichte hinweg mindestens als Mittel zum prognostischen Zweck der Antizipation von Krankheitsentwicklung und -ausgang diente, wurde beides praktisch erst voneinander unterschieden als die Diagnose begann, neben der ätiologischen Bestimmung auch der Synchronisation medizinischer Befunde mit anderen Funktionssystemen zu dienen. Entsprechend kommt auch der Diagnosebegriff erst im 18. Jahrhundert als Komplementärbegriff zum hippokratischen der Prognostik auf (Hess 1997; Coste 2015).
- (2) Obwohl das, beispielsweise in die Tradition der Diskussion um den Bedeutungsumfang der techné (Heinimann 1961; Wieland 1993) eingelassene, Interesse an der partikularen Form des Schließens von der Erfahrung aus generalisierter Beobachtung auf die dann immer doch nichtreduzierbaren Spezifika des Einzelfalls dem Nachdenken über Medizin seit dessen Anfängen seine

³ So schreibt etwa Guchet (2014, S. 47): „Personnaliser un diagnostic, un pronostic ou un traitement implique dans le contexte actuel de disposer d'une masse de données qui sont traitées au moyen d'outils de biostatistique et de bioinformatique. L'association entre des variants génétiques et des processus pathologiques et/ou des réponses à des médicaments est probabiliste. La situation apparemment paradoxale est alors la suivante : plus on entend descendre vers l'individuel, plus l'on va aller vers le probabiliste et le statistique“.

⁴ Zur Geschichte und sich wandelnden Rolle der Datenbank für die Biologie und letztendlich auch die Biomedizin, vgl. Stras-ser 2019.

charakteristische Tonalität verleiht (Fagot-Largeault 2010), kommt erst mit der Ausdifferenzierung der Epidemiologie die Arbeitsteilung in klinische Einzelbehandlung und Bevölkerungsgesundheit auf.

- (3) Und obwohl der über den Galenismus in die Scholastik getragene Streit um den Status der Medizin als (und zwischen) *ars* und *scientia* (García Ballester 1982; McVaugh 1990) Zeugnis von der Schwierigkeit ablegt, sie klar als eine der beiden zu definieren, spielt sich erst mit der Moderne die Lösung ein, die Unterscheidung medizinintern in Form der Differenz von Forschung und Klinik zu spiegeln (vgl. Stichweh 1994, S. 324–239 unter dem Schlagwort der „sekundären Disziplinbildung“).

Das Grundschema, das sich hier ausdrückt, ist also das folgende: Die moderne Medizin ist gekennzeichnet durch ein Primat konditionalprogrammierter gegenüber den Krankheitsverlauf antizipierenden Therapieentscheidungen (Primat der Diagnose gegenüber der Prognose), durch ein Primat des praktischen Anwendungsinteresses gegenüber dem wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse bzw. der Dogmatik (Primat der Klinik gegenüber der Forschung) und durch ein Primat der einzelfallbezogenen Krankenbehandlung gegenüber der bevölkerungsgerichteten Gesundheitsvorsorge (Primat des Individuums gegenüber der Population). Die Unterscheidungen selbst stellen ein Produkt der strukturellen Ausdifferenzierung der Medizin dar, nicht aber die Komponenten der jeweiligen Unterscheidungen. Die Vermischungen selbst sind also nicht das Neue, sondern allenfalls die Vermischungen bei Aufrechterhaltung der Unterscheidung des Vermischten, vor deren Hintergrund es erst als solches erscheint.

Individualisierte, algorithmische Prädiktion

Um die Betrachtung der Figur verwischender Grenzen näher an die Grundannahmen des Forschungsprojekts heranzuführen, lohnt es, zunächst besonderes Augenmerk auf die Unterscheidung zwischen Statistischem und Individuellem zu legen. Wenn auch selbstverständlich nicht ganz auf sie reduzierbar, lassen sich doch die beiden anderen Unterscheidungen, also die nach Wissenschaft/Praxis und Diagnose/Prognose bzw. Diagnose/Therapie, weitgehend in entsprechenden Begriffen von Generalisierung der Regel und Spezifizierung des Falls fassen.

Entscheidend ist, dass es nicht schlicht um die Gegenüberstellung statistischer und individueller Daten geht, sondern um statistische und individualisierte *Vorhersage*. Dies ist zugleich der Punkt, an dem die hier geäußerten Gedanken über die durchaus standardmäßige Erfassung der Zentralität einer Unterscheidung zwischen Statistischem und Individuellem hinausgehen. Die Grundüberlegung ist dabei die, dass mit der sogenannten „statistischen Revolution“ (Hacking 1987) in verschiedenen Bereichen des sozialen Lebens, besonders aber in Wissenschaft und Technik, die Einsicht Einzug gehalten hat, dass man das Verhalten von aus diskreten Elementen zusammengesetzten Mengen probabilistisch vorherzusagen kann, nicht *obwohl*, sondern gerade *indem* man dabei von Einzelfallkausalität absieht (z.B. der Geschwindigkeit der Atome in einem Gas in der Thermodynamik oder dem Verhalten der Individuen einer Spezies in der darwinschen Evolutionstheorie; vgl. etwa Jacob 1970, S. 210–220). Ihre Verpflichtung gegenüber der einzelnen Patientin hochhaltend, vertritt die Medizin historisch die Überzeugung, die besagte Einsicht sei in ihrem Handlungsbereich nicht anwendbar (vgl. Gigerenzer et al. 1989, S. 141–162). Daher etwa auch die Externalisierung von Pierre Louis' „numerischer Methode“ an die Epidemiologie.

Dass eine dieser Rationalität entstammende Vorstellung von „Prädiktion“ dennoch zentral für die Epistemologie der Präzisionsmedizin ist, lässt sich auch mit Blick auf einen semantischen Zusammenfluss dreier Bedeutungsdimensionen des Prädiktionsbegriffs plausibilisieren (die sich wiederum an die vorgestellte Trias der verschwimmenden Domänen knüpfen lassen): insofern erstens die Unterscheidung Individuum/Population disziplinär besonders mit der Biostatistik verbunden ist, bringt diese ein Begriffsverständnis ein, im Rahmen dessen Prädiktion die statistische Operation der probabilistischen

Errechnung eines Funktionswerts bezeichnet. Der intuitiv assoziierte Zukunftsbezug des Vorhersagebegriffs spielt hier nur begriffsgeschichtlich eine Rolle (insofern die Verwendung des Terminus *prediction* sich in diesem Umfeld auf die Arbeiten von Neumanns und Kolmogorovs zu Extrapolation von Daten in Differenzialräumen zurückverfolgen lässt). In der Medizin ist der Begriff, zweitens, offensichtlicherweise eng an den der Prognose geknüpft, differenziert sich gegen diesen aber zunehmend aus⁵. Wissenschaftsgeschichtlich schließlich, besteht eine enge Verbindung zur vor allem im kritischen Rationalismus gepflegten Diskussion um die Symmetrie von Erklärungen und Vorhersagen und eng damit verbunden zur Frage nach der Rolle von Kausalität in der Medizin.

Man beachte nun die Konvergenz mit den drei Unterscheidungen, von denen oben konstatiert wurde, dass ihr Verlust an Schärfe häufig als ein Charakteristikum der Präzisionsmedizin angegeben wird. Die drei soeben angegebenen Quellen des Prädiktionsbegriffs sind die jeweiligen Außenseiten dieser Unterscheidungen (Population, Prognose, Wissenschaft). Über den Prädiktionsbegriff treten vormals aus der Medizin externalisierte Bereiche wieder in diese ein.

Die Komponente, die das ermöglicht, ist die des Algorithmischen. In den Selbstbeschreibungen der Präzisionsmedizin wird deren eigene Innovationsleistung ebenso wie der Präzisionsaspekt zumeist an den Genen festgemacht und nicht an den technologischen Werkzeugen, die zu deren Analyse zum Einsatz kommen. Vor dem Hintergrund der Beobachtung, dass immer akkuratere individualisierte Vorhersage eine sich in den verschiedensten sozialen Bereichen abzeichnende Tendenz darstellt, die generell von computer-algorithmischer Technologie hervorgebracht wird (Esposito 2022, S. 89f.), lässt sich hier die vermutete Begründungsrichtung umkehren. Präzisionsmedizin wäre dann deshalb in Form von Molekularmedizin erfolgreich, weil sich mit dem Genmaterial ein geeigneter Anwendungsbereich für neuartige Algorithmen gefunden hat (statt dem Narrativ, demzufolge die Algorithmen eingesetzt werden, weil sie sich besonders eignen, Gensequenzen auszulesen und zu analysieren).

Das lässt sich abschließend anhand dreier für die Präzisionsmedizin paradigmatisch gewordener Konzepte – und weiterhin mit Bezug auf die drei „verwischenden Grenzen“ – plausibilisieren und mit dem Argument verbinden, dass diese scheinbar verwischenden Grenzen plausibler als Wiedereintritt der einen Unterscheidungsseite in die andere beschrieben werden können.

Drei paradigmatische Figuren

Das erste dieser Konzepte ist das des *Biomarkers*. Wie oben schon bemerkt, handelt es sich dabei um eine Form von – zumeist, aber nicht notwendigerweise, genetischen – Indikatoren für Krankheiten, wahrscheinliche Krankheitsentwicklung und wahrscheinliche Reaktionen auf spezifische Therapien. Sie werden durch algorithmisch gestützte Analysen identifiziert. In gewisser Weise laufen in ihnen die Traditionslinien der Figuren medizinischer Symptome und epidemiologischer „Risikofaktoren“ zusammen. Biomarker werden durch statistische Analyse gefunden und auf Grundlage der Auswertung ihrer fall-spezifischen Kombination soll eine individuelle Behandlung gewählt werden. In die Epistemologie der Algorithmen eingeschrieben sind sie, insofern der Biomarker die Reduktion der Information auf ein reines Muster darstellt, unsichtbar für das ärztliche Auge und nur durch maschinelle Mustererkennung aufgedeckt⁶.

Aufgrund seiner ontologischen Entkleidung kann ein Biomarker auch je nach Kontext diagnostischen, prognostischen oder „prädiktiven Wert“ haben. Die Unterscheidung zwischen den beiden

⁵ Entsprechende Differenzierungstendenzen lassen sich bis zur vermehrten Integration iatromathematischer Beobachtungen in die ärztliche Praxis in der zweiten Hälfte des 13. Jhd. zurückverfolgen, vgl. Demaitre 2021. Zur ganz anders gelagerten modernen Unterscheidung *prognosis/prediction*, siehe unten.

⁶ Vor dem Hintergrund der gleichen Beobachtung analysiert Guchet (2016, S. 376–387) den Biomarker als *trace* im Sinne Derridas.

letztgenannten Qualifikationen, „prognostisch“ und „prädiktiv“, wird im Feld verwendet, um den Übergang zwischen der reinen Vorhersage statistischer Zusammenhänge (beispielsweise zwischen einer Genvariante und der Reaktion auf ein Medikament) und ihrer konkreten Auswirkung im Fall individueller Therapie abzubilden. Prognostisch heißen Vorhersagen, die unabhängig vom Einfluss der Behandlung sind, und prädiktiv solche, die auf entsprechende Unterschiede abstellen. Sie repräsentieren in diesem Sinn den Wiedereintritt der Intervention in die Vorhersage.

Das zweite paradigmatische Konzept ist das der *actionability*. Ihm liegt die Tatsache zugrunde, dass es beinahe keine „monogenetischen“ Krankheiten gibt, sondern das Zusammenspiel verschiedener Mutationen das Krankheitsprofil bestimmt. Die im Kontext der Medikalierungsdebatte behandelte Frage „wen behandeln, wenn alle (potentiell) krank sind?“ wird hier dann ersetzt durch die auf der molekularen Ebene angesetzte, „welche Genveränderungen behandeln, wenn alle Zellen unzählige beherbergen?“. Man antwortet: diejenigen, die als *actionable* ausgegeben werden. Entscheidungen werden aufgrund der Unterscheidung *actionable/nicht actionable* zweitkonditioniert (vgl. etwa Nelson et al. 2013) – von Algorithmen errechnet. Das Konzept der *actionability* steht dabei nicht nur für die Individualisierung der Präzisionsmedizin, insofern es statistische Werte in Dichotomien (oder zumindest: Skalen) für Entscheidungen übersetzt, sondern es steht auch paradigmatisch für den Wiedereintritt zwischen Diagnose, Prognose und Behandlung: Die *actionability* ist Diagnose auf der Grundlage einer statistisch ungünstigen Prognose, die therapeutische Entscheidungen vorselegt.

Zuletzt spielt die Genetik selbst eine Rolle, näherhin bezüglich der im vorangegangenen Abschnitt bereits tangierten Frage, weshalb gerade sie in den Rang der Theoriegrundlage par excellence für die Verkoppelung von Wissenschaft und Medizin gelangen konnte. Die medizin- und wissenschaftsphilosophische Diskussion zu diesem Thema ist ausufernd. Eine gewisse Plausibilität besitzt die technikdeterministische Erklärung, dass DNA-Basen sich schlicht unübertrefflich gut als geteilte Letzteinheit eignen, weil ihnen – anders beispielsweise als Geweben, Tumoren und Zellen – nach wie vor zulässigerweise Homogenität zugeschrieben werden kann (während man mittlerweile von „Tumorheterogenität“ spricht, um die präzisionsmedizinisch relevanter werdende Tatsache zu bezeichnen, dass sich in den Zelllinien eines einzelnen Tumors unterschiedliche Mutationsevolutionen ausdifferenzieren, ist die Annahme zulässig, dass die vier DNA-Basenpaare sich stets gleich verhalten).

Beachtenswert ist dabei, dass die Mustererkennungsleistung von Algorithmen auf ein solches Maß an Homogenität gar nicht angewiesen wäre (wenngleich die Integration verschiedener präzisionsmedizinischer Datentypen zweifellos in extreme computationale Komplexität führt; das Stichwort hierzu lautet „multi-omics“). Algorithmen können auch mit epigenetischen und anderen Patientendaten arbeiten. Bis zu einem gewissen Grad wird insofern den, durch theorieferne Anwendung ausgezeichneten, Algorithmen eine Theoriebasis untergeschoben, derer sie gar nicht bedürfen. Ein soziologischer Erklärungsansatz kann angesichts dessen den technischen mit einem gesellschaftstheoretischen Aspekt verbinden: technisch ist die Datenhomogenität nicht hinsichtlich der Funktionalität der Algorithmen angezeigt, sondern hinsichtlich der multiperspektivischen Nutzbarkeit der Datenbanken. Das erklärt sich vor dem Hintergrund der Tatsache, dass das Funktionssystem Medizin nie ein eigenes Reflexionssystem hervorgebracht hat. Die medizinische Interpretation der biochemischen Gentheorie fungiert in gewissem Grad als Reflexionstheorie, wo das Wegrücken von der Interaktion nicht allein durch die Studiendesigns der *evidence-based medicine* ersetzt werden kann. Der Bruch zwischen den Systemen durchzieht versteckt das Plausibilitätskontinuum eines Gendeterminismus, der zwar wissenschaftlich in der praktizierten Form nicht haltbar ist⁷, medizinisch aber als Handlungsgrundlage dient.

⁷ Sogar in Hinblick auf das Paradebeispiel einer „genetischen Krankheit“, Krebs, gäbe es theoretisch Alternativen zum vorherrschenden Paradigma: vgl. Soto und Sonnenschein 2011; Bizzarri und Cucina 2016.

Das ist zuletzt auch relevant für den Einsatz algorithmischer Vorhersage in der Medizin. Klinische Entscheidungsfindung auf Grundlage von Daten, die unter eingestandenem Black-Box-Bedingungen zustande gekommen sind, wären ethisch und rechtlich nicht vertretbar. Neben die methodischen Vorgehensweisen zur Verschleierung der Entscheidungskontingenz (Studiendesigns) tritt ein impliziter theoretischer Gendeterminismus, hinter dem die Leistungsfähigkeit algorithmischer Vorhersage, die man anderswo propagiert, auf die Errechnung in den Daten aufgezeichneter Kausalitäten reduziert wird, wenn das nötig ist, um die bekannten *accountability*-Probleme zu umgehen.

Literatur

- Abettan, Camille. 2016: Between hype and hope: What is really at stake with personalized medicine? *Medicine, Health Care and Philosophy* 19(3):423–430.
- Bizzarri, Mariano, und Alessandra Cucina. 2016. SMT and TOFT: Why and how they are opposite and incompatible paradigms. *Acta Biotheoretica* 64(3):221–239.
- Boniolo, Giovanni. 2017. Molecular medicine: The clinical method enters the lab. In *Philosophy of Molecular Medicine. Foundational Issues in Research and Practice*, Hrsg. ders. und Marco J. Nathan, 15–34. New York: Routledge.
- Buck, Roger C. 1963. Reflexive predictions. *Philosophy of Science* 30(4):359–369.
- Cambrosio, Alberto, Jonah Campbell und Pascale Bourret. 2021. Beyond nosology? Molecular tumor boards, singularization, and the conflation of diagnosis and therapy. *New Genetics and Society* 40(1):95–111.
- Cambrosio, Alberto, Peter Keating, Etienne Vignola-Gagné, Sylvain Besle und Pascale Bourret. 2018. Extending experimentation: Oncology's fading boundary between research and care. *New Genetics and Society* 37(3):207–226.
- Cevolini, Alberto. 2023. Personalisierte Versicherung. In *Polarisierte Welten. Verhandlungen des 41. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie 2022*, Hrsg. Paula-Irene Villa Braslavsky. https://publikationen.sozioogie.de/index.php/kongressband_2022
- Conrad, Peter. 2007. *The Medicalization of Society. On the Transformation of Human Conditions into Treatable Disorders*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Coste, Joël. 2015. Causal and probabilistic inferences in diagnostic reasoning: Historical insight into the contemporary debate. In *Classification, Disease and Evidence. New Essays in the Philosophy of Medicine*, Hrsg. Philippe Huneman, Gérard Lambert und Marc Silberstein, 165–178. Dordrecht u.a.: Springer.
- Demaitre, Luke. 2021. Traditions and Practices in the Medieval Western Christian World. In *Prognostication in the Medieval World. A Handbook, Vol. 1*, Hrsg. Matthias Heiduk, Klaus Herbers und Hans-Christian Lehner, 551–566. Berlin/Boston: de Gruyter.
- Egbert, Simon, und Maximilian Heimstädt. 2023. Predictive Policing. In *Polarisierte Welten. Verhandlungen des 41. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie 2022*, Hrsg. Paula-Irene Villa Braslavsky. https://publikationen.sozioogie.de/index.php/kongressband_2022
- Esposito, Elena. 2022. *Artificial Communication: How Algorithms Produce Social Intelligence*. Cambridge, Mass./London: MIT Press.
- Esposito, Elena. 2023. Die Zukunft der Prädiktion. Einführung. In *Polarisierte Welten. Verhandlungen des 41. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie 2022*, Hrsg. Paula-Irene Villa Braslavsky. https://publikationen.sozioogie.de/index.php/kongressband_2022
- Fagot-Largeault, Anne. 2010. Calcul des chances et diagnostic médical. In *Médecine et philosophie*, dies. 35–62. Paris: Presses Universitaires de France.
- García Ballester, Luis. 1982. Arnau de Vilanova (c. 1240–1311) y la reforma de los estudios médicos en Montpellier (1309): El Hipócrates latino y la introducción del nuevo Galeno. *Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam* 2:97–158.

- Gigerenzer, Gerd, Zeno Swijtink, Theodore Porter, Lorraine Daston, John Beatty und Lorenz Krüger. 1989. *The Empire of Chance. How probability changed science and everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Giroux, Élodie. 2022. Risque et maladie: confusion ou alternative? In *Le normale et le pathologique: des catégories périmées? Textes réunis en hommage à Jean Gayon*, Hrsg. Mathieu Arminjon, Céline Cherici und Pierre-Olivier Méthot, 57–76. Paris: Éditions Matériologiques.
- Guchet, Xavier. 2014. Le patient "actionnable" de la médecine personnalisée. *Socio-anthropologie* 29:37–51.
- Guchet, Xavier. 2016. *La médecine personnalisée. Un essai philosophique*. Paris: Les Belles Lettres.
- Hacking, Ian. 1987. Was there a probabilistic revolution 1800–1930? In *The Probabilistic Revolution, Vol. 1*, Hrsg. Lorenz Krüger, Lorrain J. Daston und Michael Heidelberger, 45–55. Cambridge, Mass./London: The MIT Press.
- Heinimann, Felix. 1961. Eine vorplatonische Theorie der τέχνη. *Museum Helveticum* 18(3):105–130.
- Hess, Volker. 1997. Die Krankheit als Parasit: Die Entdeckung der Zeit in der theoretischen Pathologie. *Acta medico-historica Rigensia* 3:19–37.
- Jacob, François. 1970. *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*. Paris: Gallimard.
- Khoury, Muin J., und Sandro Galea. 2016. Will precision medicine improve population health? *JAMA* 316(13):1357–1358.
- Maglo, Koffi N. 2012. Group-based and personalized care in an age of genomic and evidence-based medicine: A reappraisal. *Perspectives in Biology and Medicine* 55(1):137–154.
- McVaugh, Michael R. 1990. The nature and limits of medical certitude at early fourteenth-century Montpellier. *Osiris* 6:62–84.
- Nelson, Nicole C., Peter Keating und Alberto Cambrosio. 2013. On being "actionable": clinical sequencing and the emerging contours of a regime of genomic medicine in oncology. *New Genetics and Society* 32(4):405–428.
- Soto, Ana M., und Carlos Sonnenschein. 2011. The tissue organization field theory of cancer: A testable replacement for the somatic mutation theory. *BioEssays* 33(5):332–340.
- Stichweh, Rudolf. 1994. Professionen und Disziplinen. Formen der Differenzierung zweier Systeme beruflichen Handelns in modernen Gesellschaften. In *Wissenschaft, Universität, Professionen. Soziologische Analysen*, ders. 278–336. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Strasser, Bruno J. 2019. *Collecting Experiments. Making Big Data Biology*. Chicago/London: The University of Chicago Press.
- ten Have, Henk A.M.J. 2001. Genetics and culture: The geneticization thesis. *Medicine, Health Care and Philosophy* 4(3):295–304.
- Wieland, Wolfgang. 1993. The concept of the art of medicine. In *Science, Technology, and the Art of Medicine. European-American Dialogues*, Hrsg. Corinna Delkeskamp-Hayes und Mary Ann Gardell Cutter, 165–181. Dordrecht/Boston/London: Kluwer.
- Wulff, Henrik R. 1999. The concept of disease: from Newton back to Aristotle. *The Lancet* 354 (Supplement 4):SIV50.