ALBERT



ISSN 2365-4066

Das Journal der Einstein Stiftung Berlin **Nr. 11**

Wie geht's?

Die Frage hören wir, so oder ähnlich, nahezu jeden Tag. Gut, danke. Muss ja. Danke, und Ihnen? Oft bleibt es bei einem Austausch von Höflichkeiten. Denn würden wir wirklich antworten, wo würden wir ansetzen?

Das Robert Koch-Institut hat erhoben, dass 64,2 Prozent der Deutschen sich 2024 bei guter oder sehr guter Gesundheit wähnten (↗S. 15). Das ist die subjektive Einschätzung. Doch was bedeutet aus wissenschaftlicher Sicht, gesund zu sein? Fragt man Forschende des Berliner Exzellenzclusters ImmunoPreCept, dann laufen im menschlichen Organismus kontinuierlich molekulare und zelluläre Prozesse ab, die Krankheit befördern oder ausbremsen und im besten Fall ein inneres Gleichgewicht schaffen. Die Grenze zwischen gesund und krank ist demnach gar nicht klar zu ziehen. Der Schriftsteller und Wissenschaftsautor Matthias Eckoldt beschreibt diese Fokussierung auf das Gleichgewicht des gesunden Organismus in seinem Essay (↗S. 6) als eine Rückbesinnung der modernen Medizin, die sich bisher vor allem als Reparateur der organischen Körpermaschine verstand.

Diese **ALBERT**-Ausgabe schaut auf die vielen Fragen und Antworten, die die Berliner Wissenschaft zum Spannungsfeld zwischen gesund sein und krank sein erarbeitet hat. **ALBERT** fragt danach, wie sich körpereigene Heilungsprozesse aktivieren lassen (↗S. 16), ob Tierversuche in der Biomedizin unersetzbar sind (↗S. 86), wie gute Stadtplanung die Stressbelastung reduzieren kann (↗S. 60) und wie Künstliche Intelligenz die medizinische Forschung auf Trab bringt (↗S. 36).

Neueste Technologien zum Durchleuchten biologischer Proben – etwa die hochpräzise Kryoelektronenmikroskopie (↗S. 92) – beflügeln den biomedizinischen Fortschritt. Der Begriff des Durchbruchs wird jedoch allzu oft überstrapaziert. Berlins wachsende biomedizinische Community hat in den letzten Jahren allerdings viele Erfolge vorzuweisen, die als wichtige Puzzleteile auf dem Weg zu echten Durchbrüchen in der Medizin gelten können – unter anderem im Zusammenhang mit der Heilung zweier HIV-Patienten (↗S. 24). Damit knüpft die Hauptstadt an eine reiche Tradition medizinischen Erkenntnisstrebens an, die man mindestens bis zur Gründung des Collegium medicum im Jahr 1685 zurückführen kann (↗S. 78).

Ein wichtiger Bestandteil dieser Tradition war immer schon die suchende Grundlagenforschung, die das Basiswissen für die Therapien der Zukunft schafft. Wenn man beispielsweise analysiert, wie sich das Erbgut im Zellkern organisiert – wie die Biochemikerin und Leibniz-Preisträgerin Ana Pombo (↗S. 66) –, lassen sich auch die Ursachen komplexer Krankheiten wie Epilepsie oder Krebs besser verstehen. Und womöglich irgendwann heilen.

Dass man Gesundheitsfragen meist nicht isoliert betrachten kann, sondern mit ihrer Beantwortung eine globale Verantwortung einhergeht, betonen Einstein-Professorin Beate Kampmann und der Präsident des World Health Summit, Axel Pries, im Interview zur Global-Health-Forschung (↗S. 44), die in Berlin unter anderem mit einer Einstein Research Unit stark verankert ist.

Gesundheitsforschung ist Forschung für die Menschen. Deswegen muss sie sich den Menschen erklären. Das **ALBERT**-Journal will mit dieser Ausgabe zeigen, was engagierte Gesundheitsforschung leisten kann. Blättern Sie rein, nehmen Sie etwas mit, vor allem aber: Bleiben Sie gesund!

Martin Rennert
Vorstandsvorsitzender Einstein Stiftung Berlin

4 Gesundheit braucht Forschung, weil …

Was sagen eine Hausärztin, eine Nobelpreisträgerin oder ein Ökonom zum Sinn der Gesundheitsforschung? 13 Perspektiven

KONTINUUM

6 Klar trennen lässt sich krank sein von gesund sein nicht. Die Forschung beobachtet ein ständiges Ringen molekularer Prozesse, die das Gleichgewicht im Körper beeinflussen. Ein Essay über den Anspruch einer neuen Präventivmedizin, Gesundheit auf molekularer Ebene zu erhalten

14 Auffällige Befunde

Echt jetzt? 2,17 Milliarden Euro kostet die Entwicklung eines neuen Medikaments. Eine Dosis ausgesuchter Zahlen

16 Selbstreparatur

Die körpereigenen Heilungsprozesse verblüffen die Forschung immer wieder aufs Neue. In Berlin entstehen Ansätze für regenerative Therapien, die sie nutzen, etwa um Knochen zu heilen oder geschädigtes Lebergewebe zu ersetzen



22 Wo forschen sie denn?

Die Kraftzentren der biomedizinischen Forschung in Berlin liegen nah beieinander. Eine Karte des geballten Fachwissens

24 Durchbruchspotenzial

Wer braucht schon Durchbrüche? Auf soliden Erkenntnisgewinn kommt es an! **ALBERT** präsentiert 10 Erfolge der biomedizinischen Forschung in Berlin

34 Neue Nieren

Organtransplantation hautnah? Die DDR-Lehrfilme aus dem Charité-Studio klären schonungslos auf



Vitale Daten

36 Revolutioniert Künstliche Intelligenz die medizinische Forschung? Berliner Forschende setzen im großen Stil KI-Tools ein, um Epidemien und Krankheitsrisiken zu berechnen oder personalisierte Krebstherapien zu entwickeln. Über eine neue Superkraft in der Medizin

44 Grenzenlos gesund

In einer vernetzten Welt ist Gesundheit ein globales Thema. Denn Pandemien oder Erreger kennen keine Grenzen. In der Hauptstadt ist ein Global-Health-Schwerpunkt entstanden, der sich diesen Herausforderungen stellt. Ein Interview mit Beate Kampmann und Axel Pries

52 Gute Gründe

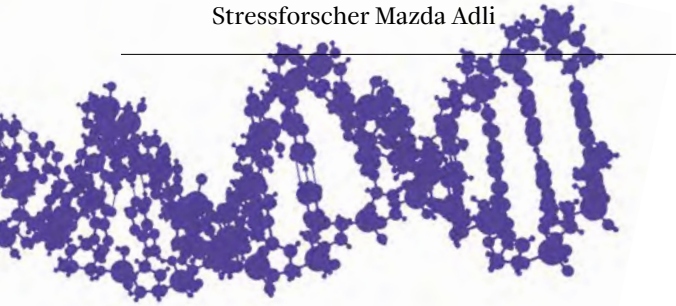
Sie entwickeln mitwachsende Herzklappen und Implantate, die Knochenheilung anregen. Drei Erfolgsbeispiele aus der Berliner Start-up-Szene

56 Mission Qualität

Viele klinische Studien weisen Mängel auf. Das zehrt am Vertrauen in die Wissenschaft. Es braucht eine Qualitätsoffensive. Ein Plädoyer von Jess Rohmann und Ulrich Dirnagl

60 Stress-stadt

Verkehrslärm, Gedränge, Luftverschmutzung – die Neurourbanistik beobachtet, wie sich städtischer Stress aufs Gehirn auswirkt und was dagegen helfen würde. Ein Interview mit dem Stressforscher Mazda Adli



66 Die Anatomin des Genoms

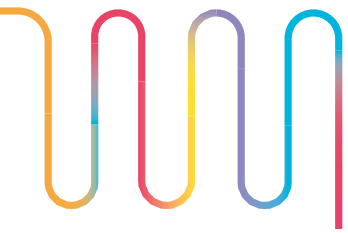
Im Zellkern geschehen wahre Wunder: Wie etwa werden Gene immer zur rechten Zeit eingeschaltet? Die Leibniz-Preisträgerin Ana Pombo sucht nach Antworten auf die großen Fragen zum Erbgut

70 Versäumtes Bild

Rosalind Franklin bekam den Nobelpreis. Oder etwa nicht? Über ein nie aufgenommenes Porträt

72 Die Causa Horn

Drehstuhl, Eiswasser, „Märtyrersalbe" – in der Irrenabteilung der Berliner Charité wurden Geisteskranke um 1800 mit brutalen Methoden behandelt. Ein Gerichtsprozess gegen Anstaltsleiter Ernst Horn löste eine Debatte über Angemessenheit und ärztliche Kunstfehler aus





78 Zeitreise

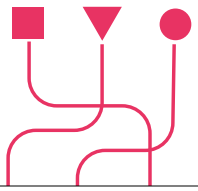
Eine (unvollständige) Chronik der Berliner Gesundheitsforschung – von 1685 bis heute

84 Sensible Gehirne

Jugendliche sind besonders anfällig für psychische Störungen, behandelt werden sie aber oft erst im Erwachsenenalter – das muss sich ändern. Ein Plädoyer von Peter J. Ulhaas

86 „Wir sollten damit aufhören, Tierversuche gegen andere Modelle auszuspielen"

Man kann sie ersetzen, wenn man in gute Alternativen wie Organoide investiert. Und doch sind sie unersetzlich. Ein Interview mit Stefan Hippenstiel zur Zukunft von Tierversuchen in der medizinischen Forschung



91 Impressum und Bildnachweise



92 Eiskalter Blick

Bei minus 196 Grad entfaltet das Kryoelektronenmikroskop auf dem Campus Berlin-Buch seine volle Präzision – und durchleutet die kleinsten Strukturen des Lebens

96 What I experience …

Wer krank ist, erlebt die Medizin von einer existenziellen Seite – die Illustratorin Fie Bystrup hat ihren Weg in einer Graphic Novel verarbeitet

Albert fragt:

13 Ist RNA-Technologie der Schlüssel zu einer neuen Medizin?

33 Wie leistungsfähig ist das deutsche Gesundheitssystem?

43 Wie können die Heilkräfte der Natur die konventionelle Medizin bereichern?

51 Bestimmt die innere Uhr, wie gesund wir sind?

59 Warum erkranken viele Menschen an mehreren Krankheiten gleichzeitig?

65 Lassen sich mentale Krankheiten durch Prävention vermeiden?

83 Warum galt die Philosophie in der Antike als heilsam?

95 Wird Long COVID heilbar sein?

Gesundheit braucht Forschung, weil…

Gesundheit – Definition = Zustand oder bestimmtes Maß körperlichen, psychischen oder geistigen Wohlbefindens; Nichtbeeinträchtigung durch Krankheit; [veraltend] Trinkspruch auf jemandes Wohl. Adjektiv gesund in gegensätzlicher Bedeutung zu krank: a) frei von Krankheiten, in körperlichem und geistigem Wohlbefinden; b) voll leistungsfähig, nicht durch Krankheit geschädigt; c) frisch, blühend; d) im übertragenen Sinne natürlich, normal.[1]

Gesundheit – Wortherkunft = mittelhochdeutsch *gesuntheit;* althochdeutsch *gisuntī* für „Unverletztheit" (8. Jh.). Adjektiv gesund für „nicht krank, wohlauf, heilsam", althochdeutsch *gisunt(i)* für „stark, nicht krank, unverletzt" (8. Jh.), mittelhochdeutsch und mitteldeutsch *gesunt,* altsächsisch *gisund,* mittelniederländisch *ghesont,* niederländisch *gezond,* altenglisch *gesund.*[2]

1 www.duden.de/rechtschreibung/Gesundheit, www.dwds.de/wb/Gesundheit
2 www.dwds.de/wb/gesund

„… alle Menschen spüren, dass in Krisenzeiten die Ausgangsbedingungen für das körperliche und psychische Wohlbefinden schwieriger werden. Besonders die gesundheitliche Lage der jungen Generation hat sich innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte sehr schnell verschlechtert und gibt Anlass zur Sorge. Der Bedarf an neuen Strategien zur Sicherung der öffentlichen Gesundheit und zur Entwicklung von Gesundheitskompetenz ist nicht zu übersehen."

Klaus Hurrelmann, Soziologe mit den Schwerpunkten Bildungs- und Gesundheitsforschung

„… sie die Gesellschaft in ihrer Diversität in Wissenschaft und Forschung gerecht abbilden kann. Dabei wirkt Gendermedizin als zentraler Baustein einer geschlechtergerechten und individualisierten Medizin, die Menschen ganzheitlich behandelt und Gesundheit fördert. Diese individualisierte Medizin wird die Zukunft der Gesundheitsversorgung maßgeblich bestimmen."

Mandy Mangler, Chefärztin bei Vivantes für Gynäkologie und „Gyncast"-Podcasterin

„… diese für die Konzeption und Etablierung effektiver Gesundheitssysteme, in deren Zentrum die Bedürfnisse von Patient:innen und Communities stehen, von grundlegender Bedeutung ist. Die Medizinanthropologie schärft den Blick auf die Ideen und Praktiken, die Menschen weltweit in Bezug auf körperliches und seelisches Wohlbefinden entwickelt haben, betrachtet Machtdynamiken und Ungleichheiten, die den Zugang zu Gesundheitsversorgung ermöglichen oder verhindern."

Hansjörg Dilger, Professor für Sozial- und Kulturanthropologie an der Freien Universität Berlin

„… diese als kollektives Streben nach Wissen aller Disziplinen durch neugiergetriebene Forschung Innovationen wie die CRISPR-Cas-Genom-Editierungstechnologie hervorbringt, die die Möglichkeiten der Humanmedizin neu definieren."

Emmanuelle Charpentier, Nobelpreisträgerin für Chemie für die Mitentwicklung der Genschere CRISPR/Cas9

„... sie in ihrer interdisziplinären Breite nicht nur nach biologischen Ursachen und therapeutischen Möglichkeiten von Krankheit sucht, sondern auch historische, soziale und kulturelle Bedingungen von Gesundheit, Krankheit und Heilung interdisziplinär reflektiert. Im Kontext der Psychiatriegeschichte bedeutet Gesundheitsforschung, die sich wandelnden Vorstellungen von Normalität, Krankheit und Behandlung kritisch zu untersuchen, um gegenwärtige Strukturen besser zu verstehen und die zukünftige Versorgung sensibler zu gestalten."

Monika Ankele, Professorin für Medizingeschichte und Medizinische Museologie sowie Direktorin des Berliner Medizinhistorischen Museums der Charité – Universitätsmedizin Berlin

„... so gesundheitliche Probleme, die im Zusammenhang mit Pflegebedürftigkeit stehen, aus der Perspektive der klinischen Pflegewissenschaft systematisch analysiert werden können. Auf dieser Grundlage lassen sich evidenzbasierte Verbesserungen für den Versorgungsalltag ableiten und praxisnahe Lösungsansätze entwickeln."

Katja Boguth, Professorin für klinische Pflegewissenschaft an der Alice Salomon Hochschule Berlin

„... die systematische Analyse der Determinanten von Gesundheit – insbesondere der sozialen Determinanten, also der Lebensverhältnisse und Lebenswelten der Menschen – aufzeigt, wie diese durch Gesundheitsförderung und Verhältnisprävention zumindest teilweise verbessert werden können. Da gerade sozial Benachteiligte die größten Krankheitsprobleme und die meisten verlorenen Lebensjahre aufweisen, lassen sich durch gezielte Maßnahmen in diesen Gruppen auch die größten Gesundheitsgewinne (Health Gains) erzielen."

Raimund Geene, Professor für Gesundheitsförderung und Prävention an der Berlin School of Public Health

„... wir nur so Krankheiten wirksam vorbeugen und heilen, Lebensqualität nachhaltig verbessern und unsere Gesundheitssysteme zukunftsfest, steuerbar und resilient aufstellen können."

Ina Czyborra, Senatorin für Wissenschaft, Gesundheit und Pflege des Landes Berlin

„... diese sich mit existenziellen Fragen von Leben und Tod beschäftigt. Die Gesundheitsökonomie untersucht dabei nicht nur die Kosten und Anreize in Gesundheitssystemen, sondern auch die Wechselwirkungen der persönlichen Lebensverhältnisse und der gesamtgesellschaftlichen Rahmenbedingungen mit der Chance auf ein langes und gesundes Leben in Würde."

Martin Siegel, Juniorprofessor für Empirische Gesundheitsökonomie an der Technischen Universität Berlin

„... sie als Kompass des öffentlichen Gesundheitswesens aufzeigt, welche Ansätze tatsächlich wirken und wie Erkrankungen bestmöglich verhindert werden können. So erhält die Politik evidenzbasierte Empfehlungen, die sie für kluge und wirksame Entscheidungen benötigt."

Johannes Nießen, Kommissarischer Leiter des Bundesinstituts für Öffentliche Gesundheit

„... nur mit robuster Evidenz effektive und effiziente Impfstrategien zur Krankheitsvermeidung entwickelt werden können."

Stefan Flasche, Professor für Infektionsdynamik und Globale Gesundheit an der Charité Berlin

„... wir ohne die Forschung weder für die meisten neurologischen Erkrankungen, Krebserkrankungen oder Immunkrankheiten noch für viele andere Krankheiten eine Heilung haben werden."

Karl Lauterbach, ehemaliger Bundesminister für Gesundheit

„... ein Das-haben-wir-immer-schon-so-gemacht manchmal nicht mehr ist als ein wiederkehrender Fehler. In der hausärztlichen Praxis fragen wir zunehmend nach der Evidenz unseres Handelns – doch dafür braucht es als Basis eine qualitativ hochwertige, unabhängige und praxisnahe Forschung!"

Sandra Blumenthal, niedergelassene Hausärztin und Co-Vorsitzende des Hausärzteverbands Berlin und Brandenburg e. V.


KONTINUUM

Wo endet Gesundheit? Für die moderne Medizin war die Grenze zum Kranksein lange klar. Biomedizinische Forschung zeigt jedoch, dass im menschlichen Organismus stetig widerstreitende Prozesse ablaufen, die Krankheiten auslösen und hemmen. Eine neue Präventionsmedizin will das molekulare Gleichgewicht stabil halten und Gesundheit erhalten, statt Krankheiten zu reparieren

Text Matthias Eckoldt
Fotos Herlinde Koelbl

Dass es keine gesunden, sondern nur „nicht lange genug untersuchte" Menschen gibt, ist ein gern bemühter Running Gag unter Internistinnen und Internisten. In der Tat verfügen Diagnostiklabore mittlerweile über unfassbar viele Subkategorien für Blutwerte, mit deren Hilfe sie prinzipiell jedem Patientenblut irgendeinen Normverstoß nachweisen könnten. Aber ist man denn gleich krank, wenn ein paar Werte ausbrechen? Und steht ein Normalbefund für Gesundheit? Lebensklüger wäre es vielleicht, nicht auf das Messprotokoll zu setzen, sondern einzig das subjektive Befinden zum Maßstab zu nehmen. Denn man spürt es ja recht genau, wenn man gesund ist. Doch leider nicht immer, wenn man krank ist. Verschiedene Tumore entwickeln sich sehr langsam und beeinträchtigen das allgemeine Wohlbefinden lange Zeit nicht. Und sobald man merkt, dass etwas nicht stimmt, kann es schon viel zu spät sein.

Auch ein erhöhter Blutzuckerwert trübt das subjektive Wohlbefinden über einen langen Zeitraum nicht. Ähnlich liegt der Fall bei Herz-Kreislauf- oder Gefäßerkrankungen, die zwar mit einem Knalleffekt auftreten, aber doch einen vieljährigen Vorlauf haben. Und die – wenn nicht sogar zu heilen – deutlich hinauszuzögern gewesen wären, hätte man die entsprechenden Informationen gehabt. Und was ist mit Infektionskrankheiten? Hat man sie überstanden, wenn man sich schon wieder wohlfühlt, obwohl noch Entzündungsvorgänge im Körper ablaufen?

In diesem Lichte besehen klingt die Definition ein wenig idealistisch, die die Weltgesundheitsorganisation (WHO) mit dem Rückenwind der Gründungseuphorie 1948 verkündete: „Gesundheit ist ein Zustand völligen psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit und Gebrechen." Die Latte für Gesundheit wurde damit so hoch gelegt, dass in der Regel jede und jeder drunter durchspringt. Denn wer erfreut sich schon völligen Wohlbefindens auf allen drei Ebenen und wird weder jemals von Spannungskopfschmerzen noch von gelegentlichen Schwächezuständen, nicht von beruflichen Sorgen oder privaten Ängsten heimgesucht?

Die WHO-Definition schießt in bester Absicht über die Realität hinaus, die sicher treffender mit dem unsterblichen Rilke-Wort zu beschreiben wäre: „Wer spricht von Siegen? Überstehn ist alles." Aber die internationalen Gesundheitswächter setzen einen Idealzustand als Richtmaß ihrer globalen Aktivitäten, um vor der Staatengemeinschaft legitimieren zu können, wo ihr Engagement besonders erforderlich ist.

Eine Wiederbelebung der historischen Homöostase-Konzepte

Gesundheitsforschende können hingegen weniger mit der Definition eines wünschenswerten Idealzustands anfangen. Sie sehen Gesundheit viel mehr als Ergebnis aktiver, teils wiederstreitender molekularer Prozesse. „Wir erleben jeden Tag Krankheit im Kleinen und müssen uns gewissermaßen mit ständigem Terror gegen unseren Organismus auseinandersetzen. Das gelingt, indem wir uns täglich an die Einflüsse der Umwelt adaptieren", sagt Einstein-Professor Andreas Diefenbach, Direktor des Instituts für Mikrobiologie und Infektionsimmunologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin.

Folge dieser Betrachtungsweise ist eine Wiederbelebung der Homöostase-Konzepte, die es bereits in der Antike gab. Der Arzt und Universalgelehrte Galenos von Pergamon sah vier Säfte (Blut, Schleim, gelbe und schwarze Galle) im menschlichen Organismus wirken. Sobald das dynamische Gleichgewicht dieser Säfte gestört sei, erkranke der Körper und der Arzt müsse

dafür Sorge tragen, die Homöostase wiederherzustellen. Während des gesamten Mittelalters blieb diese – auch Humoralpathologie genannte – Lehre der Körpersäfte verbindlich und wurde durch astrologische Deutungen angereichert. So stand Blut für den sanguinischen Charaktertypen, den die Sternzeichen Waage, Wassermann und Zwilling repräsentierten, während der Choleriker, dem die gelbe Galle zugeordnet wurde, von den Sternzeichen Löwe, Widder und Schütze bestimmt schien. Dem Melancholiker, dem ein Zuviel an schwarzer Galle aufs Gemüt schlug, gaben Jungfrau, Steinbock und Stier den Takt und der Phlegmatiker, der mit dem Schleim in Verbindung stand, wurde den Sternzeichen Krebs, Fische und Skorpion zugeordnet. Als Allheilmittel galt in jener Zeit der Aderlass.

Unter dem Paradigma der Krankheitsbekämpfung entwickelte sich die abendländische Heilkunst zur Symptom- und Notfallmedizin.

Für die islamische Medizin entwickelte Avicenna auf der Grundlage antiker Schriften bereits um 1000 n. Chr. ein fortschrittliches Standardwerk, das Anatomie, Krankheitskunde, Pharmakologie und Therapievorschläge vereinte – seinen „Kanon der Medizin". Im Abendland dauerte es noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts, bevor Rudolf Virchow mit seiner Zellenlehre die Medizin von Berlin aus auf eine ganz neue Grundlage stellte. Krankheiten waren von nun an auf zelluläre Störungen zurückzuführen. In diesem Sinne erarbeitete der französische Physiologe Claude Bernard zur gleichen Zeit in Paris das Konzept des *milieu intérieur,* das im Gleichgewicht gehalten werden müsse, damit die Zellen in einer relativ konstanten Umgebung agieren können und der Gesamtorganismus gesund erhalten wird.

Obwohl sich mit der Blutdruckregulation, dem Säure-Basen-Haushalt oder dem konstant gehaltenen Blutzuckerspiegel auch in der Neuzeit immer mehr Beispiele für die Homöostase fanden, verblasste das Konzept mit der schulbildenden Ära Robert Kochs. Als Bazillenjäger Nummer eins nordete er die Medizin auf die Detektion und Bekämpfung einzelner Krankheitserreger ein. Dieser Fokus bescherte enorme Erfolge und – nicht zuletzt dank Impfkampagnen und der Erfindung des Antibiotikums – eine wahre Heerschar Genesener sowie die Ausrottung verschiedener todbringender Krankheiten.

Unter dem Paradigma der Krankheitsbekämpfung entwickelte sich die abendländische Heilkunst zur Symptom- und Notfallmedizin. Der Arzt kommt – anders etwa als im Alten China, wo die Ärzte ihr Honorar nur erhielten, solange der Patient gesund war – erst dann ins Spiel, wenn der Nachweis einer Krankheit gelingt. Er tritt als Reparateur auf. Als Körperingenieur, der die organische Maschine wieder zum Laufen bringt.

Hallmarks of health als Gütesiegel für eine ungestörte Homöostase

Andreas Diefenbach schlägt vor, einen Schritt zurück und dann zwei nach vorn zu gehen, um die Homöostase des gesunden Organismus wieder stärker in den Blick zu bekommen: „Indem wir die gesamte Bandbreite der unterdessen hoch entwickelten molekularen Werkzeuge nicht auf krankes, sondern auf gesundes Gewebe anwenden, wollen wir mehr über die gesunderhaltenden Muster herausbekommen." Zu diesem tieferen Verständnis von Gesundheit dienen die sogenannten *hallmarks of health,* die als Signalnetzwerke auf molekularer Ebene so etwas wie Gütesiegel für eine ungestörte Homöostase darstellen. Steigt zum Beispiel die Konzentration eines „mTor" genannten Signalproteins im Körper, das unter anderem durch Insulin aktiviert wird, gilt das als Frühwarnhinweis für die Störung der Energiehomöostase, die etwa beim Typ-2-Diabetes aus dem Gleichgewicht gerät.

Auf der Grundlage der *hallmarks of health* wird im Berliner Exzellenzcluster ImmunoPreCept ab Anfang 2026 eine neue Seite im Buch der Gesundheitsforschung aufgeschlagen (↗ S. 26). Neben Andreas Diefenbach sind hier Britta Siegmund und Nikolaus Rajewsky federführend. Letzterer interessiert sich als Direktor des Berliner Instituts für Medizinische Systembiologie besonders für die Steuerungs- und Kommunikationsvorgänge im Gewebe im Wechselspiel mit der Umwelt – von der zellulären über die Organebene bis hin zum Gesamtsystem Organismus. Britta Siegmund verantwortet als Direktorin der Medizinischen Klinik für Gastroenterologie, Infektiologie und Rheumatologie der Charité die Anwendung brandneuer Erkenntnisse in der Klinik. Die Beteiligung des





Immunsystems an chronisch-entzündlichen Erkrankungen wie Rheumatoide Arthritis und Morbus Crohn steht dabei im Vordergrund. Zur Clustergründung zeigte sich Siegmund selbstbewusst und sagte: „Wir werden die Medizin umkrempeln."

Dafür ist der Name des Clusters Programm: „Immuno" steht für die Beteiligung des Immunsystems an vielen Erkrankungen, aber eben auch an der Homöostase von Organismen. „Pre" ist das Kürzel für *prevention,* zu deutsch Prävention, die im Zusammenspiel mit „Cept" für *interception* im Sinne von „abfangen" eine völlig neue Zielrichtung bekommen soll.

Vielleicht geht man in absehbarer Zeit nicht mehr zum Arzt, der repariert, sondern zur Präventerin, deren Aufgabe es dann ist, die Vorgänge im Gesamtorganismus im Bereich der homöostatischen Adaption zu halten.

Wurde die Prävention von der Medizin bislang stiefmütterlich behandelt und beschränkte sich auf Tipps zur Raucherentwöhnung, zu Bewegung im Freien und gesunder Ernährung, soll sie durch die Forschungsaktivitäten des Clusters nun zur Königsdisziplin werden, die es ermöglicht, Krankheiten zu erkennen, bevor sie auftreten. Zudem sind Zellen und ihre Signalsysteme heute in einer Auflösung darstellbar, „die wir vor zehn Jahren noch gar nicht kannten", sagt Rajewsky und reißt den Horizont der interdisziplinären Forschungsarbeit auf: „Wir wollen mit KI-Modellen den Verlauf vorhersagen und so präzise Eingriffe ermöglichen." Für diese Herkulesaufgabe ist das Cluster institutionell gut aufgestellt. Mit einer Fördersumme von insgesamt 70 Millionen Euro ist das Projekt mit 25 Principal Investigators an acht Berliner Universitäten und außeruniversitären Instituten verankert.

Der Erfolgsfall würde die gesamte Medizin tatsächlich von Grund auf umkrempeln. Symptome bekämen vom Curriculum des Medizinstudiums bis zur Hausarztpraxis eine völlig neue Bedeutung. Sie würden an der Universität zunächst kursorisch, später dann vielleicht nur noch in einer fakultativen Vorlesung zur „Geschichte der Medizin" ohne Creditpoints gelehrt. In der Klinik hätten Symptome im klassischen Sinne ihren Wert als Anzeichen für eine Krankheit verloren und würden nicht mehr den Arzt auf den Plan rufen, sondern gleichsam sein Unvermögen anzeigen, mit den avancierten molekulardiagnostischen Methoden umzugehen.

Unter der neuen Medizin, die ImmunoPreCept vorschwebt, würde die Symptom- und Notfallmedizin auf einen weiterhin wichtigen, aber randständigen Bereich schrumpfen, der sich schwerpunktmäßig mit Unfällen aller Art beschäftigt. Medizinerinnen und Mediziner wären in dieser Zukunftsvision nicht arbeitslos, aber das Portfolio ihrer Fähigkeiten und Kenntnisse würde sich so drastisch ändern, dass sich eine neue Berufsbezeichnung durchsetzen könnte. Vielleicht geht man in absehbarer Zeit nicht mehr zum Arzt, der repariert, sondern zur Präventerin, deren Aufgabe es dann ist, die Vorgänge im Gesamtorganismus im Bereich der homöostatischen Adaption zu halten.

Diese im besten Sinne ganzheitliche Konzeption richtet ihr Augenmerk auf die Stabilität des Organismus inmitten sich ändernder Einfluss- und Stressfaktoren. Andreas Diefenbach verwendet dafür den Begriff der Resilienz, da Gesundheit nicht einfach etwas Gegebenes ist, sondern sich durch das molekulare Mikroskop eben als Prozess darstellt, in dem krankheitsinduzierende und krankheitshemmende Faktoren fortwährend miteinander ringen.

Eine neue Präventionskultur – auch zur Gesunderhaltung des Gesundheitssystems

Mit Blick auf den demografischen Wandel in Deutschland wird ein Neudenken der Medizin schon in naher Zukunft bitter nötig. Denn die Verformungen der Bevölkerungspyramide sind eklatant. Mittlerweile steht sie auf viel zu kleinem Fuße und beult in den Jahrgängen 1955 bis 1965 mächtig aus. 2030 wird mehr als ein Drittel der Menschen in Deutschland über 60 Jahre alt sein. Das Durchschnittsalter der deutschen Bevölkerung steigt dramatisch an. Proportional zu ihrem Wachstum sorgt die alternde Bevölkerung für die Zunahme chronischer Krankheiten und Multimorbidität (↗ S. 59). Geradezu reziprok dazu wird sich jedoch der Anteil der Erwerbstätigen entwickeln. Schon jetzt ist der Fachkräftemangel beträchtlich und macht sich im Gesundheitswesen besonders schmerzlich bemerkbar (zum Forschungsfeld der Sozialdemografie in Berlin siehe **ALBERT** Nr. 10). Würde die Medizin alten Schlages fortgeführt, gehörte die Triage schon

bald zum täglichen Geschäft. Eine Chance, dem Notstand vorzubeugen, besteht im radikalen Neudenken. Die Gesunderhaltung der Menschen durch die Prävention neuen Typus' könnte auch für die Gesunderhaltung des Systems sorgen.

Einen weiteren Booster bekommt das „Neudenken der Gesundheit", wie der Slogan für die Strategie der Charité 2030 lautet, durch das in Planung befindliche Haus der Gesundheit. Dafür wird das ehemalige Institut für Hygiene und Mikrobiologie am Campus Benjamin Franklin kernsaniert und soll 2028 in Kooperation mit der Freien Universität Berlin als Berlin Center for the Biology of Health eröffnen. Auf über 3000 Quadratmetern stehen dann vor allem Systemerkrankungen im Fokus, deren Verursachung durch Entzündungsprozesse in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit klinischer Medizin, Systembiologie und Datenwissenschaften erforscht werden soll, um die Mechanismen besser zu begreifen. Eine enge Verzahnung mit dem ImmunoPreCept-Cluster steht auf der Tagesordnung. Berlin hat damit die Chance, zu einem internationalen Zentrum für molekulare Prävention zu avancieren.

Das Verständnis, das eine Epoche von Krankheit und Gesundheit pflegt, spiegelt zugleich auch ihr vorherrschendes Menschenbild.

Molekulare Prävention: Eine neue Form der Ganzheit

Das Verständnis, das eine Epoche von Krankheit und Gesundheit pflegt, spiegelt zugleich auch ihr vorherrschendes Menschenbild. In der Antike hatte sich der Mensch so zu verhalten, wie es seine Stellung in der Gesellschaft vorschrieb. Demgemäß bezeichnet Platon eine Gesellschaft als gerecht, in der jeder das Seine verrichten darf und muss. Die Gesundheitsvorstellung, wie sie in der Vier-Säfte-Lehre zum Ausdruck kommt, entspricht dem aufs Haar: Um Stabilität zu gewährleisten, müssen alle Bestandteile gemäß ihrer Bestimmung mittun. Das heißt umgekehrt: Gesellschaft und Gesundheit werden instabil, sobald das Gleichgewicht ihrer Teile gestört ist. Das fromme Mittelalter definierte Gesundheit über die Verbindung von Heil und Heilung. Wer nicht um Gnade rang, dem drohte Gottes Strafe. Als Krankheit, Schicksalsschlag und schließlich als Fegefeuer.

Die Neuzeit suchte sich einen neuen Gott in Form der Maschine. Daher ruht auch die Symptom- und Notfallmedizin noch auf diesem Paradigma, das der französische Arzt und Philosoph La Mettrie Mitte des 18. Jahrhunderts in seiner Kampfschrift „Der Mensch – eine Maschine" entwarf. Angereichert wurde dieses Menschenbild durch die technischen Entwicklungen der Moderne. So verstand der Physiologe Emil du Bois-Reymond die Nervenlaufbahnen nach dem Vorbild des Telegrafen, und für das menschliche Gehirn hat sich der Computer als Sinnbild ins kulturelle Bewusstsein eingeschrieben. Gesundheit war dementsprechend durch die Behandlung der Symptome herstellbar. Der Mensch läuft, ebenso wie der Computer, nach Eingriff der Sachverständigen wieder rund.

In der sehr nahen Zukunft muss die Menschheit angesichts der multiplen Krisen, die durch die Auswirkungen des Klimawandels katalysiert werden, näher zusammenrücken. In diesem Prozess könnte sich ein neues Menschenbild entwickeln, für das der Kulturphilosoph Jean Gebser mit dem Begriff „integrales Bewusstsein" bereits in den 1970er Jahren das passende Stichwort geliefert hat. Dieser Bewusstseinszustand soll sich durch die Befreiung des Denkens von linearen Gegensätzen auszeichnen, die eine neue Form der Ganzheit ermöglicht. Die Vielzahl einseitiger Perspektiven wird aufgehoben und so integriert.

In diesem Lichte gesehen stellen die selbstsüchtigen Extremismen unserer Tage ein letztes Aufbäumen gegen den überlebensnotwendigen Bewusstseinswandel dar, der in der Entwicklung der molekularen Präventionsmedizin ihr Pendant finden könnte. Die Zentralstellung der Homöostase und ihre multiperspektivische Verteidigung durch gesundheitsfördernde Signalnetzwerke innerhalb des Körpers wären geradezu beispielgebend für ein Leben in post-egoistischen Zeiten, in denen auch das im Zuge der Industrialisierung aus dem Lot geratene Gleichgewicht von Mensch und Natur neu gedacht und praktiziert werden könnte.

Mit der Fotoserie „Metamorphosen" richtet die Fotografin Herlinde Koelbl den Blick auf die Vergänglichkeit. Der gleichnamige Fotoband ist 2022 im Steidl Verlag erschienen.

Albert fragt: Ist RNA-Technologie der Schlüssel zu einer neuen Medizin?

Markus Landthaler ist Professor für RNA-Biologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und als Molekularbiologe am Berliner Institut für Medizinische Systembiologie des Max Delbrück Center (MDC-BIMSB) tätig. Er erforscht, wie die Genaktivität auf Ebene der mRNA reguliert wird und für neue therapeutische Ansätze genutzt werden kann.

mRNA (messenger RNA) dient im Körper als Bauanleitung für Proteine. Für therapeutische Zwecke wird sie künstlich hergestellt und in Zellen eingeschleust, wo sie bestimmte Proteine produzieren lässt, etwa Virusbestandteile zur Immunisierung oder Antikörper. Um in die Zellen zu gelangen, wird sie in winzige Fettkügelchen, sogenannte Lipid-Nanopartikel, verpackt. Die Grundlagen dieser Technologie, die durch die COVID-19-Pandemie bekannt wurde, reichen bis in die 1980er Jahre zurück. Heute gilt sie als gut erforscht, sicher und vielseitig einsetzbar.

Aktuell wird die mRNA-Technologie in zahlreichen Studien weiterentwickelt, insbesondere in der Krebsmedizin. Ziel ist es, das Immunsystem so zu trainieren, dass es Tumorzellen früh erkennt und effektiv bekämpft. Erste Studien bei Hautkrebs zeigen vielversprechende Ergebnisse. Auch Anwendungen gegen Infektionskrankheiten oder zur gezielten Herstellung von Antikörpern oder Wachstumsfaktoren, die Zellen „sagen", wann und wie sie sich erneuern sollen, werden derzeit erprobt. Perspektivisch könnten individuelle Tumorimpfstoffe sogar innerhalb weniger Tage hergestellt werden – ein deutlicher Fortschritt.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Optimierung der mRNA selbst, teils mithilfe von Künstlicher Intelligenz. So könnten künftig geringere Dosen genügen, was mögliche Nebenwirkungen reduziert. Die mRNA wird dabei im Körper wie natürliche RNA abgebaut und stellt keinen Fremdkörper dar.

Anders als viele klassische Medikamente, die krankhafte Prozesse hemmen, liefert mRNA eine Bauanleitung für heilende oder fehlende Proteine. Damit eröffnet sie ganz neue Wege – von der Therapie bis zur Prävention.

Wie viele Menschen sterben an der häufigsten Todesursache?
Was kostet die Markteinführung eines neuen Medikaments?
Nimmt Übergewicht zu?
Und wie viele Krebsstudien sind wirklich erfolgreich?
Eine Dosis ausgesuchter Zahlen

Auffällige

Für alle da Die Charité – Universitätsmedizin Berlin ist mit ihren **4 Campussen**, mehr als **100 Kliniken und Abteilungen**, **24.332 Mitarbeiter:innen** und **3.293 Betten** eines der größten Krankenhäuser in Europa. Allein im Jahr 2024 wurden hier **966.126 Patient:innen** versorgt.

Viel wert Die Bruttowertschöpfung der Gesundheitswirtschaft in der Hauptstadtregion betrug 2024 rund **21 Milliarden** Euro – ein Neuntel der Wirtschaftsleistung Deutschlands.

Frisch bezogen **2.282** der **20.257 verfügbaren Betten** in Berliner Krankenhäusern sind für Patient:innen im Bereich der allgemeinen Psychiatrie reserviert. Knapp dahinter folgt die Innere Medizin mit **2.265 Betten**.

Neu getaktet Jedes Jahr werden weltweit über **1 Million** Herzschrittmacher implantiert.

Verkalkt Die weltweit häufigste Todesursache ist die Koronare Herzerkrankung, sie ist für **13 %** aller Todesfälle verantwortlich.

Schutzlos Im Jahr 2024 lag die weltweite Durchimpfung mit dem Diphtherie-Tetanus-Pertussis-Impfstoff (DTP3) bei **85 %**. Rund **14,3 Millionen** Kinder blieben damit ungeimpft – **1,4 Millionen** mehr als 2019.

Kostbar Die Entwicklung eines neuen Medikaments bis zur Markteinführung kostet etwa **2,17 Milliarden** Euro.

Ungewiss Die Erfolgsquoten bei klinischen Studien zu neuen Arzneimitteln variieren stark je nach Anwendungsbereich. Medikamente in der Blutmedizin sind zu **25 %** erfolgreich, onkologische Medikamente dagegen nur bei **5 %** aller Studien.

Explosiv Der Umfang und die Komplexität der biomedizinischen Forschung nehmen explosionsartig zu – im Jahr 2021 wurden weltweit über **1,5 Millionen** Artikel veröffentlicht. **40 %** aller publizierten Studien sind Open Access.

Weniger allein Im Jahr 2020 hatte eine Publikation in der biomedizinischen Forschung durchschnittlich **6,25 Autor:innen**, 2000 waren es noch **3,99**.

Befunde

Falsch verstanden Obwohl rund **20 bis 30 %** der behandelten Krankheiten auf die Psychiatrie entfallen, liegt ihr Anteil an den Forschungsfinanzmitteln weltweit nur bei **4 bis 6 %**.

Dünn gesät Hausärzt:innen in Brandenburg müssen im Schnitt **1.436 Patient:innen** versorgen, deutlich mehr als in Berlin, wo es **1.185** sind.

Gut gealtert Etwa **20 %** der berufstätigen Ärztinnen und Ärzte in Deutschland sind **60 Jahre** oder älter – ein Grund, warum in naher Zukunft mit einem Ärzt:innenmangel zu rechnen ist.

Gewachsen spitze Berlin hat sich zu einem der führenden Standorte für biomedizinische Forschung in Deutschland entwickelt – **8.000 Wissenschaftler:innen** arbeiten allein an den großen Einrichtungen wie der Charité, dem BIH oder dem Max Delbrück Center.

Gefühlt gesund **64,2 %** der Erwachsenen ab 18 Jahren schätzten im Jahr 2024 ihre allgemeine Gesundheit als sehr gut oder gut ein. 2014 waren es noch **68,2 %**.

Großzügig Im Jahr 2022 wurden in der Schweiz im Schnitt **5.630 EUR** pro Person für die Gesundheit ausgegeben, gefolgt von Norwegen **(5.376 EUR)**. Unter den EU-Ländern führte Deutschland mit **5.317 EUR** pro Kopf.

Mehr geworden Adipositas stellt eine besondere Herausforderung für die öffentliche Gesundheit in Deutschland dar. Zwischen 2003 und 2023 stieg der Anteil stark übergewichtiger Menschen von **12,2** auf **19,7 %** über alle Alters-, Geschlechts- und Bildungsgruppen hinweg an.

Unvernünftig Die Zahl der UV-bedingten Hautkrebserkrankungen steigt weltweit seit Jahrzehnten an – in Deutschland resultierte das in einem Anstieg der stationären Krankenhausaufenthalte von 2002 bis 2022 um **75 %**.

Hochpräzise Die führenden robotergestützten chirurgischen Systeme wurden bisher bei mindestens **12 Millionen** Operationen weltweit eingesetzt.

Ungerecht Im westafrikanischen Sierra Leone kommen auf rund **8 Millionen** Einwohner:innen **3 Psychiater:innen** – ein Beispiel für die massive Ungleichheit in der globalen Gesundheitsversorgung, besonders im Bereich psychische Gesundheit.

Quellen: charite.de, statistik-berlin-brandenburg.de, bkgev.de, pmc.ncbi.nlm.nih.gov, who.int, data.unicef.org, sciencedirect.com, nature.com, arxiv.org, link.springer.com, mentalhealth.org.uk, destatis.de, aerzteblatt.de, oecd.de, ewi-psy.fuberlin.de, gbe.rki.de, klima-mensch-gesundheit.de, bihealth.org, facs.org, pih.org

Selbstreparatur

Berliner Forschende kommen den Mechanismen der körpereigenen Heilungsprozesse auf die Spur. Neue Ansätze für regenerative Therapien nutzen die Selbstheilungskräfte, etwa um Knochen und Muskeln zu heilen oder geschädigtes Lebergewebe zu ersetzen

Von Dietrich von Richthofen
Fotos Alina Simmelbauer



Dicht an dicht füllen sie die Regale: Knochenteile, Gelenkmodelle, mikroskopische Querschnitte. Einige wirken porös und filigran, andere wie kunstvoll geschaffene Skulpturen. Georg Duda nimmt ein kleines Knochenmodell vorsichtig in die Hand, dreht es zwischen den Fingern, als wolle er ihm ein letztes Geheimnis entlocken. „Knochen sind ein Meisterwerk der Evolution", sagt der Ingenieur und Biomechaniker. „So ein Material können wir bis heute nicht künstlich herstellen." Genau diese Strukturen stehen im Zentrum seiner Forschung. Als Sprecher des BIH Centers for Regenerative Therapies (BCRT) an der Charité – Universitätsmedizin Berlin sucht er mit seinem Team nach neuen Wegen, um Verletzungen und Defekte an Knochen und Muskeln zu heilen.

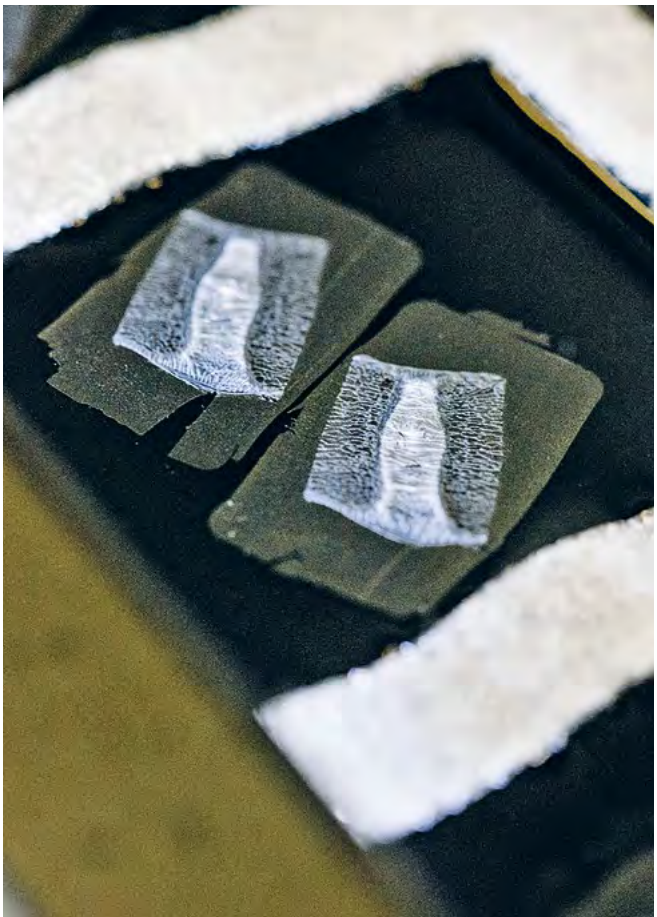
Knochen sind ein wahres Wundermaterial: Im Verhältnis zu ihrem Gewicht sind sie härter als Granit und zugfester als Stahl. Dabei ist das Skelett in einem ständigen Prozess der Erneuerung. Im Laufe eines Jahres werden bis zu 15 Prozent der Knochenmasse ab- und wieder aufgebaut, rein rechnerisch wird das Skelett somit alle sieben Jahre rundum erneuert. Georg Duda ist jedoch vor allem von einer weiteren Besonderheit fasziniert, die uns in den Knochen steckt: ihre Selbstheilungskraft. „Nach einem Bruch wachsen Knochen in wenigen Wochen wieder zusammen – spurlos, ohne Narben", erklärt Duda. „Kein anderes biologisches Gewebe kann das." Genau diese Selbstheilungskräfte sind es, die den Forscher seit Jahrzehnten umtreiben. Wie schaffen es die Knochen, in atemberaubender Geschwindigkeit zusammenzuwachsen? Und warum scheitert die Heilung manchmal oder verzögert sich?

Duda bewegt sich mit seiner Arbeit im wachsenden Forschungsgebiet der Regenerativen Therapien. Ziel dieses Ansatzes ist es, die Mechanismen hinter körpereigenen Heilungsprozessen zu verstehen – und neue Therapien zu entwickeln, die sich diese Selbstheilungskräfte zunutze machen. Die Forschung zur regenerativen Medizin läuft bereits seit Beginn der 2000er Jahre auf Hochtouren. Damals träumten Forschende davon, aus Stammzellen ganze Organe im Labor zu züchten. Kranke könnten so ein neues Herz oder eine Leber erhalten, ohne auf Spender:innen angewiesen zu sein – ethisch unbedenklich und in beliebiger Menge. Doch die Realität holte sie bald ein. Die Entwicklung dreidimensionaler Organe erwies sich als weitaus komplizierter als gedacht. Organe entstehen im komplexen Zusammenspiel von Zellen, anderen Organen und dem Immunsystem. Dieses System außerhalb des Körpers nachzubauen ist ein schwieriges Unterfangen. „Auch die Bedeutung der biomechanischen Kräfte auf Zellebene war damals noch nicht klar", sagt Duda.

Der Ingenieur weiß, wovon er spricht: Er ging nach seinem Studium an der Technischen Universität Berlin zuerst in die Forschung an Gelenkprothesen, wo er die Kräfte untersuchte, die auf Implantate, Knochen und Gelenke wirken. Die Frage, welchen Einfluss dieselben mechanischen Kräfte auf der Mikroebene – im Bereich von Zellen und Molekülen – haben, faszinierte ihn schon damals. Gemeinsam mit einer Reihe anderer Wissenschaftler:innen ging er diesem Forschungsgebiet auf den Grund. „Mechanische Einflüsse werden von den Zellen direkt wahrgenommen und lösen unterschiedlichste Reaktionen aus", weiß er heute. Zellen ziehen und zerren aneinander, üben

„Knochen sind ein Meisterwerk der Evolution. So ein Material können wir bis heute nicht künstlich herstellen."

Georg Duda



gegenseitigen Zug aus, halten sich an Strukturen fest und bewegen sich recht schnell innerhalb von Geweben. Mechanische Kräfte können von den Zellen auch in biochemische Reaktionen umgewandelt werden und so beispielsweise die Produktion von Botenstoffen oder die Ausbildung bestimmter Gewebetypen hervorrufen.

Auch bei der Heilung von Knochen und Organen spielen mechanische Kräfte eine Schlüsselrolle. Bewegungsreize und Muskelzug sind entscheidend, damit Knochen wieder zusammenwachsen. Ebenso wichtig ist das Immunsystem. „Anfangs dachte man noch, dass das Immunsystem ausschließlich der Abwehr von Krankheitserregern dient", erinnert sich Duda. Mittlerweile ist klar: Als Dreh- und Angelpunkt im Heilungsprozess leitet es zunächst eine sehr kontrollierte Entzündungsreaktion ein, um Erreger und beschädigtes Gewebe zu beseitigen. Danach muss es umschalten, damit andere Arten von Immunzellen die Regeneration starten können. „Wenn die Heilung ausbleibt, fragen wir: Was blockiert den Prozess? Und wie können wir das Hindernis beseitigen?", erklärt Duda. Ziel ist es, den Körper anzustoßen, damit er seine Selbstheilung wiederaufnimmt – eine sogenannte In-situ-Regeneration.



Georg Duda ist Professor für Biomechanik und muskuloskeletale Regeneration am BIH und an der Charite – Universitätsmedizin Berlin, wo er das Julius Wolff Institut leitet. Er ist Sprecher des BIH Centers for Regenerative Therapies (BCRT) und war Sprecher des Einstein Centers for Regenerative Therapies. Duda forscht zu Knochen- und Knorpelheilung sowie zur Regeneration des Bewegungsapparats.

Die Natur liefert beeindruckende Beispiele für Regeneration. Einige Echsen lassen abgetrennte Schwänze oder Gliedmaßen nachwachsen. Der Axolotl, ein mexikanischer Schwanzlurch, kann sogar Teile seines Herzens und Gehirns regenerieren. Beim Menschen ist die Selbstheilungskraft begrenzter, doch auch hier schlummern Potenziale. Um sie freizusetzen, steht den Forschenden eine Palette an Werkzeugen zur Verfügung: Wachstumsfaktoren können das Zellwachstum ankurbeln, Immunmodulatoren die Reaktion des Immunsystems lenken und so den Heilungsprozess starten. Stammzellen können beispielsweise im Labor zu bestimmten Zelltypen herangezogen und dann in den Körper eingebracht werden, um dort die Aufgaben defekter Organe zu übernehmen.

„Viele Krankheiten gelten heute als chronisch", sagt Duda. „Wir suchen nach Wegen, sie dauerhaft zu heilen." Das könnte nicht nur medizinische Abläufe verändern, sondern auch die Geschäftsmodelle der Pharmaindustrie, die sich vor allem auf den Markt der chronischen Erkrankungen und somit auf eine dauerhafte Medikation fokussiert.

Selbst bei Brüchen des Knochengewebes – eigentlich Musterbeispiele der Regeneration – versagt die Heilung oft. Bei fast jeder dritten Fraktur verzögert sich der Prozess oder bleibt aus. Statt zu heilen, bildet sich dann im Spalt zwischen den Knochenteilen Knorpelgewebe, das instabile Pseudogelenke entstehen lässt. Duda und sein Team konnten herausfinden, dass der Immunstatus des Patienten bei diesen Vorgängen eine entscheidende Rolle spielt.

Ein Ergebnis ihrer Forschung: Bei Menschen, die schon viele Infektionskrankheiten durchgemacht haben, verläuft die Knochenheilung mit größerer Wahrscheinlichkeit verzögert. Der Grund: Das Immunsystem ist durch die häufige Abwehr von Erregern hoch trainiert und erzeugt dadurch bei Verletzungen eine besonders starke Entzündungsreaktion, die schwer wieder durchbrochen werden kann. Diese ausgeprägte Immunreaktion kann dann körpereigenen Heilungsprozessen im Weg stehen – sowohl bei der Knochenheilung als auch bei anderen Verletzungen und Erkrankungen. Ein Ansatzpunkt für regenerative Therapien ist in diesem Fall, die Entzündungsreaktion zu unterbrechen und dadurch Heilungsprozesse

„Viele Krankheiten gelten heute als chronisch. Wir suchen nach Wegen, sie dauerhaft zu heilen."

Georg Duda



anzustoßen, wenn der Körper es nicht allein schafft – Hilfe zur Selbsthilfe sozusagen. Duda hat mit seinem Team sogar einen Biomarker entdeckt, der solche Probleme bei der Knochenheilung vorhersagen kann.

„Noch müssen wir die Mechanismen der Heilung genauer verstehen", sagt Duda. Die Grundlagenforschung bleibt deshalb eine tragende Säule des BCRT. Doch was einst nur an den Laborbänken entwickelt wurde, erreicht nun die Klinik. In Zukunft könnten Frakturpatient:innen bereits in der Notaufnahme immunologisch untersucht werden – und eine personalisierte Regenerationstherapie erhalten, falls die Wahrscheinlichkeit einer verzögerten Bruchheilung besteht. Und die Zukunftsvision reicht weit über Patient:innen mit Knochenbrüchen hinaus: Künftig könnten neuartige Wachstumsfaktoren Nervenzellen wieder nachwachsen lassen, wenn sie durch Unfälle oder degenerative Erkrankungen wie Alzheimer oder Parkinson geschädigt wurden. Signalmoleküle wie beispielsweise Zytokine könnten das Immunsystem gezielt für die Bekämpfung bestimmter Viren aktivieren. Bei einer Herzschwäche, bei der der Herzmuskel teilweise vernarbt und dadurch seine Funktion verliert, könnten künftig Pflaster mit im Labor hergestellten Herzzellen aufgebracht werden, die zur Neubildung von gesundem Herzgewebe führen.

Die Forschung an solchen Themen – und die Fortschritte der vergangenen Jahre – sorgen für Euphorie und Aufbruchsstimmung unter Wissenschaftler:innen. Und der Standort Berlin spielt sowohl in der Grundlagenforschung zum Thema Regeneration als auch in der Überführung der Ergebnisse in die Anwendung eine bedeutende Rolle. Allein im BCRT, das bis vor Kurzem als Einstein-Zentrum durch die Einstein Stiftung Berlin gefördert wurde, arbeiten mehr als 250 Mitarbeiter:innen in 23 Arbeitsgruppen an der Entwicklung neuer Wirkstoffe und Zelltherapien für unterschiedlichste Anwendungsgebiete – von Herzkrankheiten über Leberleiden bis zu Immuntherapien und Infektionskrankheiten.

In unmittelbarer Nachbarschaft zum BCRT gibt es eine Graduiertenschule, die den wissenschaftlichen Nachwuchs ausbildet. Und gleich daneben: Das neu gegründete Start-up Inkubator CLIC, das Gründer:innen im Bereich der Regenerationsmedizin Labor- und Büroräume sowie Mentoring-Programme bietet. Vor Kurzem legte die Charité mit dem Pharmaunternehmen Bayer AG zudem den Grundstein für das Berlin Center for Gene and Cell Therapies (BC GCT), ein Zentrum zur Entwicklung neuartiger Gen- und Zelltherapien, das Start-ups vom Konzept bis zur Therapieproduktion unterstützt.

Längst ist damit in Berlin ein Umfeld entstanden, das internationale Forschende im Bereich der Regenerativen Therapien anzieht. „Die hohe Zahl an herausragenden Arbeitsgruppen in der Charité und der Fokus auf translationale Forschungsansätze machen Berlin interessant“, lobt Ludovic Vallier den Wissenschaftsstandort. Der Stammzellforscher kam 2022 von der University of Cambridge ans BCRT, um seine Arbeiten an der Biologie der Leber mit Unterstützung einer Einstein-Professur zu verfolgen. Seine Labor- und Büroräume sind von einem vielsprachigen Stimmengewirr erfüllt. Mittendrin sitzt Vallier in einem halboffenen Büro mit Glaswänden und muss erst einmal ausholen, um seine Forschung zu erklären. „Vor über 30 Jahren wurden die ersten menschlichen pluripotenten Stammzellen gewonnen“, so Vallier, der bereits seit über zwei Jahrzehnten an Stammzellen forscht. „Jetzt sehen wir die ersten klinischen Anwendungen.“



Ludovic Vallier ist Einstein-Professor für Stammzellen bei regenerativen Therapien am BIH sowie Leiter der BIH-Arbeitsgruppe Regenerative Hepatologie. Er nutzt pluripotente Stammzellen und Organoide für die Erforschung der Entwicklung und Regeneration der Leber. Bis 2022 war er stellvertretender Direktor des Cambridge Stem Cell Institute.

Vallier hat eine Methode entwickelt, aus pluripotenten Stammzellen Leberzellen zu züchten. Die Leber, ein hochkomplexes Organ, erfüllt im Körper zahlreiche Aufgaben: Sie speichert Energie, filtert Giftstoffe und ist ein körpereigenes Chemielabor für Fette, Eiweiße, Verdauungsenzyme und andere wichtige Moleküle. Während Neugeborene Monate brauchen, bis ihre Leberzellen Schritt für Schritt für einzelne Aufgaben trainiert sind und das Organ voll funktionsfähig ist, reifen die Leberzellen in Valliers Labor in nur 20 Tagen.

Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig: vom akuten Leberversagen bis zu chronischen Erkrankungen wie Zirrhose, bei der die Leber zunehmend vernarbt. Vallier hat in einer Machbarkeitsstudie bereits eine zellbasierte Lebertherapie entwickelt. Sie basiert auf einem durchlässigen Beutel, der temporär in die Bauchhöhle nahe der Leber implantiert wird. Ein vollständiges, von Blutgefäßen durchzogenes Organ ist das noch nicht. Aber dem Traum, wichtige Körperfunktionen durch synthetische Organe mit Zellen aus dem Labor ausführen zu können, ist er damit einen ersten Schritt nähergekommen. In Zukunft könnten 3D-Strukturen, beispielsweise aus speziellen 3D-Druckern, diese Art des Tissue Engineering weiter ausbauen – viele Forschende im Bereich der Regenerativen Therapien arbeiten an solchen Methoden.

Valliers Implantat soll die Leberfunktion erst einmal nur temporär übernehmen, um dem Organ Zeit zu geben, sich nach akuten Verletzungen zu erholen. Denn die Fähigkeit der Leber, sich selbst zu regenerieren, ist legendär: Schon die griechische Mythologie erzählt, wie ein Adler täglich von der Leber der Sagengestalt Prometheus frisst und das Organ immer wieder nachwächst. Die Hoffnung ist groß, dass dies auch bei der regenerativen Therapie von Vallier funktionieren könnte – das künstliche Überbrückungsorgan soll die Leber vorübergehend entlasten, um ihre eigenen Selbstheilungskräfte zu aktivieren. „Wir haben jetzt ausreichend Grundlagenforschung gemacht, um erste klinische Studien anzugehen“, sagt Vallier. Doch die sind teuer: Rund 20 Millionen Euro könnte eine solche Studie kosten.

Die Investition könnte sich lohnen. Denn der Bedarf an neuen Therapien für Lebererkrankungen ist groß, da Spenderorgane fehlen und Lebererkrankungen zunehmen. Vallier arbeitet daher parallel schon an Techniken, mit denen er seine Zellen aus der Petrischale direkt in die Leber injizieren kann. Dort sollen sie sich ansiedeln, vermehren und neues, intaktes



„Vor über 30 Jahren wurden die ersten menschlichen pluripotenten Stammzellen gewonnen. Jetzt sehen wir die ersten klinischen Anwendungen."

Ludovic Vallier

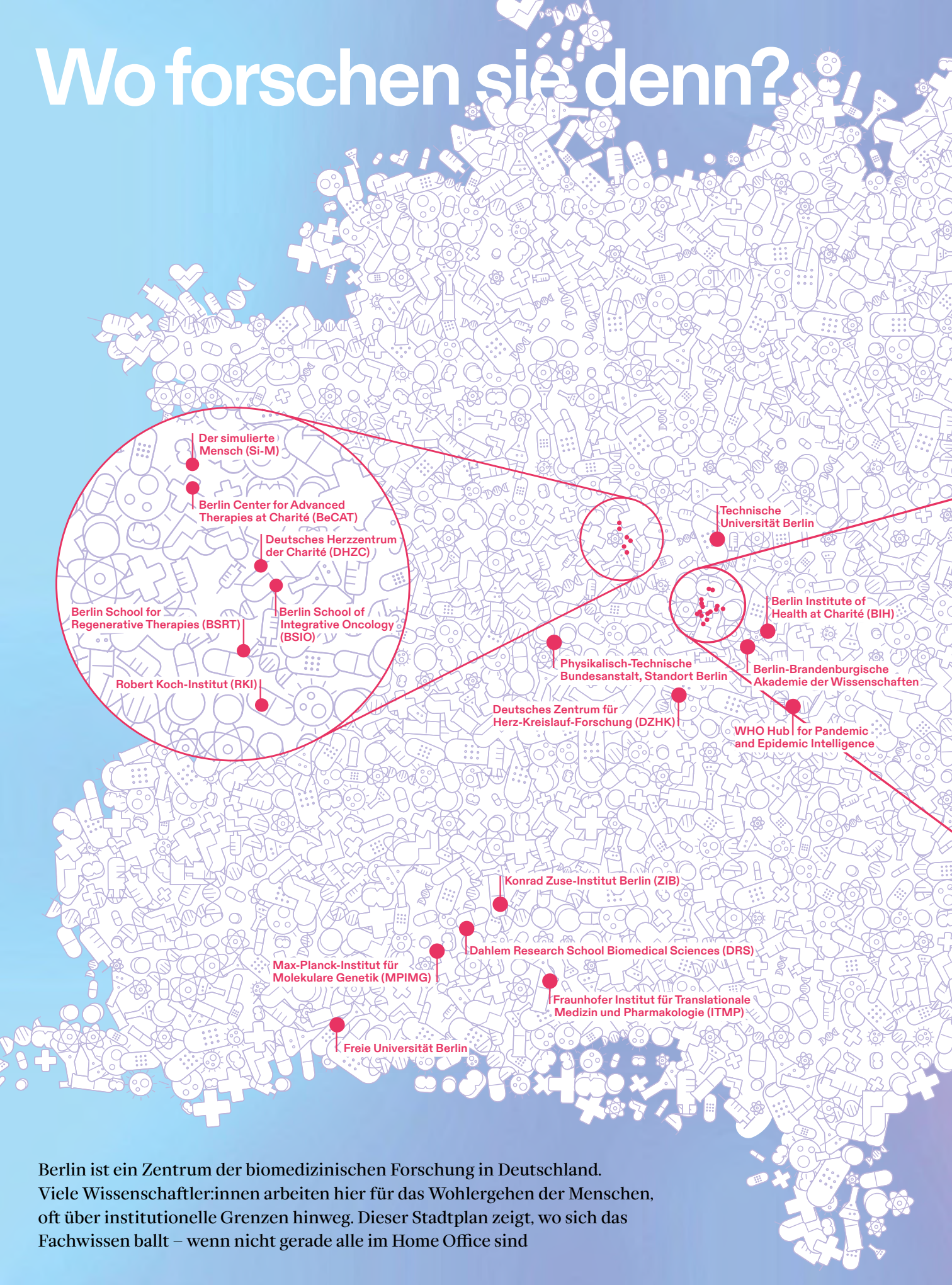
Lebergewebe bilden. Denkbar wäre sogar, die neuen Leberzellen so umzuprogrammieren, dass sie Fett besser verarbeiten können oder gegen bestimmte Krankheiten resistent sind – mit der möglichen Aussicht, bislang nur äußerst schwer behandelbare Lebererkrankungen nachhaltig heilen zu können. In den nächsten Jahren sollen diese Ansätze in die klinische Erprobung gehen. Auch Georg Duda hat seine Therapieansätze bereits in ersten klinischen Studien untersucht. In der Grundlagenforschung ist das Team auf einen potenziellen Wirkstoff gestoßen, um Entzündungsreaktionen drei bis vier Tage nach einem Knochenbruch gezielt zu unterbrechen und so den Weg für den natürlichen Heilungsprozess zu bahnen. Die Behandlung hat sich in den ersten Studien am Patienten als sicher herausgestellt. „Die Ergebnisse sehen vielversprechend aus", sagt Duda.

In einer weiteren Studie untersuchte Duda in Kooperation mit einem europäischen Forschungsnetzwerk die Heilung von verletzten Muskeln nach der operativen Versorgung von Schenkelhalsbrüchen. Patient:innen mit gebrochenem Schenkelhals werden entweder mit schraubenartigen Implantaten oder mit künstlichen Hüftgelenken versorgt. Meist sind ältere Menschen betroffen. Nach den belastenden Operationen ist ihre Knochenheilung häufig verzögert, zudem werden bei dem Eingriff auch die Oberschenkelmuskeln in Mitleidenschaft gezogen. All dies führt zu erheblichen Problemen, nach dem Eingriff wieder mobil zu werden. „Die Sterblichkeit ein Jahr nach solchen Operationen ist bis heute ähnlich hoch wie bei bösartigen Tumoren", sagt Duda.

Helfen soll nun eine regenerative Therapie. Dabei wird eine Lösung mit einer bestimmten Zellart in den verletzten Bereich gespritzt. Diese regenerativen Zellen reagieren auf chemische Notrufsignale von geschädigtem Gewebe, indem sie bestimmte körpereigene Moleküle freisetzen. Dadurch werden die körpereigenen Reparaturmechanismen aktiviert, die Geweberegeneration wird gefördert und das Gleichgewicht des Immunsystems wiederhergestellt. In Studien zeigte sich, dass die regenerative Therapie die Muskelkraft der geschädigten Muskeln deutlich verbessern konnte. Patient:innen, die nach einer Schenkelhalsfraktur operiert wurden, zeigten dank der besseren Heilung der durchtrennten Muskeln auch ein besseres Gangbild – gerade für ältere Patient:innen ein großer Zugewinn.

Bis zur Zulassung und breiten Anwendung dieser neuartigen Therapien werden noch einige Jahre vergehen. Die Forschung von Georg Duda hat aber bereits Erkenntnisse hervorgebracht, die in der Chirurgie durchaus praktische Anwendung finden könnten, zum Beispiel bezüglich optimierter Operationstechniken. „Nach einem Knochenbruch entfernen die Chirurgen häufig das im Bruch angesammelte Blut", sagt Duda. Ein Fehler, wie er meint. Denn dieses Blut ist die Ursuppe, aus der die Heilung erfolgt. Und die Kraft, sich selbst zu heilen, steckt in jedem Körper – man muss nur die richtigen Bedingungen schaffen, um sie freizusetzen.

Wo forschen sie denn?

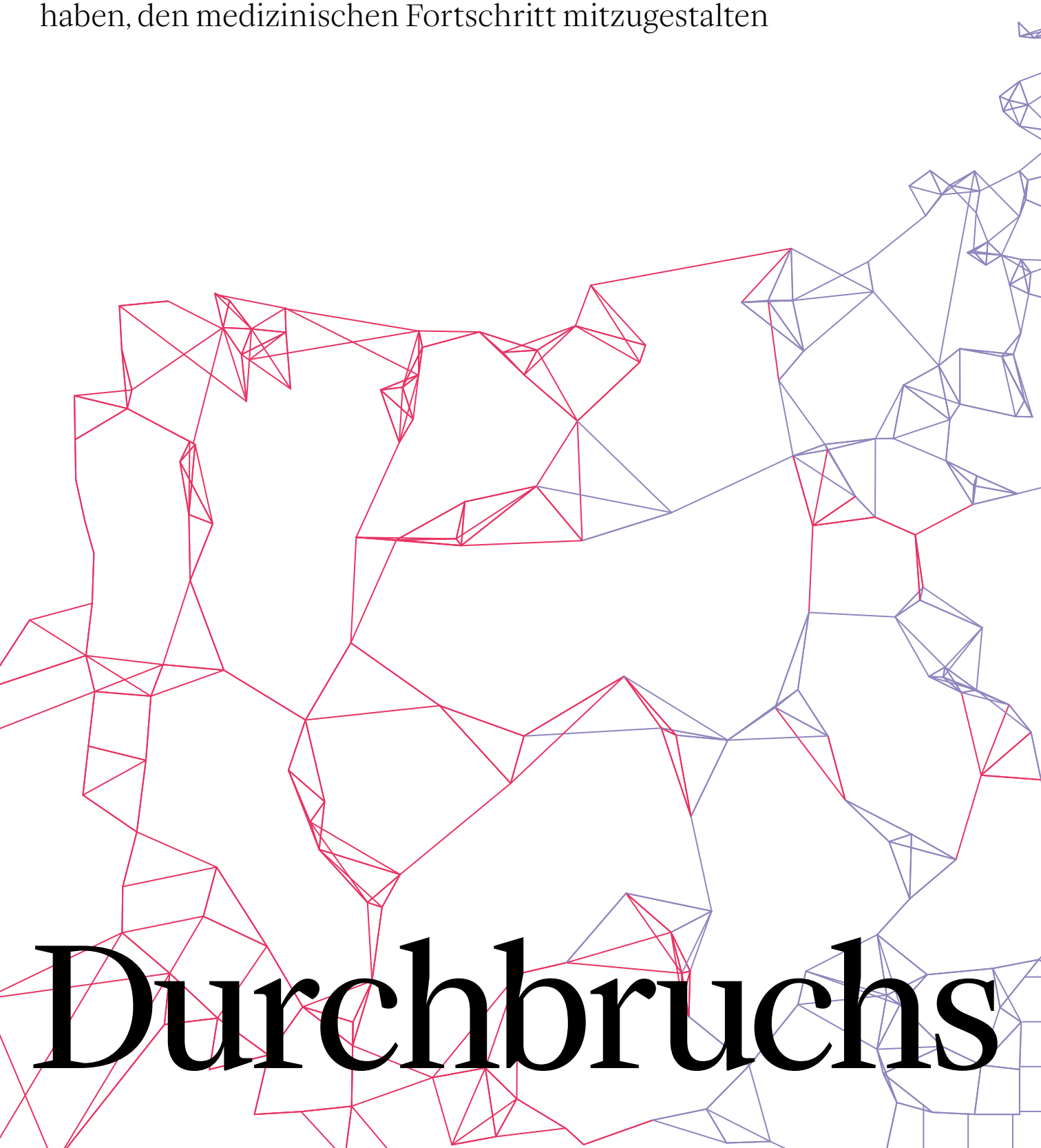


Berlin ist ein Zentrum der biomedizinischen Forschung in Deutschland. Viele Wissenschaftler:innen arbeiten hier für das Wohlergehen der Menschen, oft über institutionelle Grenzen hinweg. Dieser Stadtplan zeigt, wo sich das Fachwissen ballt – wenn nicht gerade alle im Home Office sind



Grafik Heimann + Schwantes

Durchbrüche in der Medizin sind selten – viel seltener als Rückschläge. Solide Forschung und neue Technologien bringen jedoch laufend Erkenntnisse zutage, die das Leben von Patient:innen und ihre Überlebenschancen erheblich verbessern. **ALBERT** präsentiert 10 Erfolge der biomedizinischen Forschung in Berlin, die das Zeug haben, den medizinischen Fortschritt mitzugestalten



Durchbruchs

Geliehene Immunität

Nach der weltweit ersten Heilung eines HIV-Patienten an der Charité 2008 ist es einem Charité-Team nun abermals gelungen, das HI-Virus offenbar vollständig aus dem Körper eines Patienten zu entfernen. Das Team nutzte dafür einen neuen Mechanismus, der das Virus dort angreift, wo es sich aufhält

Charité – Universitätsmedizin Berlin

Was ist neu?

Die bisher beschriebenen sechs Fälle von HIV-Heilungen gelangen mit einer Stammzelltransplantation, bei der die Resistenz gegen das HI-Virus von einem gesunden Spender oder einer gesunden Spenderin auf eine:n HIV-Patient:in übertragen wurde. Diese Resistenz entsteht aufgrund von Mutationen im Gen CCR5. Aktuell gelang an der Charité eine HIV-Heilung mit einer Stammzelltransplantation einer Spenderin, die keine Resistenz gegen HIV hatte. Stattdessen zerstörte ihr Immunsystem die Immunzellen des Empfängers, in denen sich die Viren verstecken.

Was bedeutet der Erfolg?

Für die zukünftige Behandlung von Menschen mit HIV bedeutet der Erfolg, dass für eine Heilung nicht unbedingt eine HIV-Resistenz übertragen werden muss. Durch die aktuellen Erkenntnisse rückt die Verringerung von Virus-Reservoiren in befallenen Zellen als alternativer Mechanismus in den Fokus. Auf dieser Basis könnten neuartige Behandlungskonzepte wie zellbasierte Immuntherapien oder therapeutische Impfstoffe entstehen, die für die Patientinnen und Patienten besser verträglich sind als eine risikoreiche Stammzelltransplantation.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Ein heute 61-jähriger, in Berlin lebender Mann war 2009 positiv auf HIV getestet worden. 2015 wurde bei ihm zusätzlich eine Leukämie (AML) diagnostiziert und eine Stammzelltransplantation geplant. Weil es für die Stammzellspende keine geeignete HIV-resistente Person gab, wurden die Stammzellen einer nicht HIV-resistenten Spenderin verwendet. Dass die Stammzelltransplantation gegen das HI-Virus dennoch erfolgreich war, zeigte sich, nachdem der Patient 2018 aus eigenen Stücken die empfohlene antivirale Therapie absetzte und seither kein Hinweis mehr auf eine HIV-Infektion gefunden wurde.

Wie geht es jetzt weiter?

Der sogenannte „zweite Berliner Patient" hat heute eine gute Lebensqualität ohne HIV und ohne Leukämie. Die Forschenden arbeiten jetzt in einem multidisziplinären Team intensiv daran, die neuen Erkenntnisse zu möglichen Mechanismen der HIV-Bekämpfung für die translationale Entwicklung therapeutischer Strategien zu nutzen. Ein noch in der Ferne liegendes Ziel ist es, HIV nicht nur im Einzelfall, sondern auch in der Breite heilen zu können.

Fachpublikation

Vorabveröffentlichung online, Nature (2025), DOI: 10.1038/s41586-025-09893-0

Innere Balance

Die Medizin schaut meist auf Krankheiten und Symptome. Das Berliner Exzellenzcluster ImmunoPreCept stellt stattdessen die Erhaltung von Gesundheit in den Mittelpunkt und will Krankheiten auf molekularer und zellulärer Ebene frühzeitig „abfangen". Damit leistet er Pionierarbeit für eine neue Medizin



Exzellenzcluster ImmunoPreCept

Was ist neu?

In allen Lebewesen wirken kontinuierlich Mechanismen der homöostatischen Anpassung, also Prozesse, die für die Aufrechterhaltung eines inneren Gleichgewichts bei wechselnden Umweltbedingungen sorgen. Wenn sie gestört sind, kann das Erkrankungen zur Folge haben. Das Berliner Exzellenzcluster ImmunoPreCept erforscht die molekularen und zellulären Prozesse, die Gesundheit auf Gewebeebene erhalten, sowie deren Fehlregulation beim Übergang zur Krankheit. ImmunoPreCept will ein neues Paradigma in der Medizin etablieren: den Wandel von der Behandlung symptomatischer Erkrankungen hin zur aktiven Erhaltung von Gesundheit durch frühe Interventionen auf zellulärer und molekularer Ebene (↗ S. 6).

Was bedeutet der Erfolg?

In den vergangenen Jahren wurde der Beweis erbracht, dass die Wiederherstellung gesundheitserhaltender Mechanismen zur Therapie von Krankheiten genutzt werden kann. Ein Beispiel dafür sind Erkenntnisse zur genetischen Erkrankung Mukoviszidose, bei der Schleim in den Atemwegen aufgrund von Mutationen in einem Ionenkanal der Zellmembran nicht richtig abtransportiert wird. Neu entwickelte therapeutische Moleküle können die Funktion des Kanals wiederherstellen. Das zeigt: Durch eine Intervention zur zielgerichteten Stabilisierung gesundheitserhaltender Mechanismen können organische Schäden heute verzögert oder teilweise rückgängig gemacht werden.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Der Wandel wurde durch technologische Fortschritte, systembiologische Forschung und ein tieferes Verständnis der molekularen Homöostase ermöglicht. Hier waren beispielsweise neue Methoden zur Kartierung von Zell-Zell-Interaktionen in Geweben in hoher räumlicher Auflösung wegweisend, die von Forschenden um Nikolaus Rajewsky entwickelt wurden. Neue Erkenntnisse über Immun-Gewebe-Mechanismen wurden von Wissenschaftler:innen um Andreas Diefenbach beschrieben. Sie zeigen, dass gewebeständige Immunzellen DNA-Schäden in Geweben und damit Krebsentwicklung verhindern.

Wie geht es jetzt weiter?

Ziel ist es jetzt, frühe Marker für Krankheiten oder Rückfälle zu erkennen, die Gewebehomöostase zu verstehen und darauf basierende präventive oder therapeutische Strategien zu entwickeln. Auf diese Weise sollen chronische und das Immunsystem betreffende Erkrankungen (wie chronisch-entzündliche Darmerkankungen, rheumatologische Erkrankungen und Krebs) frühzeitig verhindert oder ihr Verlauf abgeschwächt werden. Durch die Analyse individueller Unterschiede in der Krankheitsresilienz, die Entwicklung verbesserter Modelle des Krankheitsverlaufs und die Nutzung modernster Technologien will ImmunoPreCept eine ganzheitliche, präventiv orientierte Medizin vorantreiben, die Gesundheit aktiv erhält und die Krankheitslast langfristig reduziert.

Fachpublikation

Nature 566(7743), 2019: 249–253

Verräterische Genaktivität

Krebszellen verraten sich durch molekulare Marker, die auch gesunde Zellen während der Entwicklung der Plazenta aufweisen. Diese Erkenntnis aus der Grundlagenforschung könnte die Basis für einen Bluttest zur frühzeitigen Erkennung von Krebs bilden

Max-Planck-Institut für molekulare Genetik

Was ist neu?

Epigenetische Informationen sind chemische Modifikationen des Erbgutes, die die genetische Sequenz unangetastet lassen, aber trotzdem die Aktivität von DNA-Abschnitten regulieren. Alexander Meissner und seine Kolleg:innen haben entdeckt, dass die epigenetischen Programme bei der Entstehung der Plazenta – des Mutterkuchens – in der frühen Entwicklung von Embryos denen im Gewebe vieler Krebsarten ähneln. Mithilfe von modernen Sequenzierungsmethoden und der bioinformatischen Verarbeitung der Daten lassen sich diese epigenetischen Programme – und damit Krebs – in Blutproben nachweisen.

Was bedeutet der Erfolg?

Die Früherkennung von Krebs ist für die Heilungschancen von enormer Bedeutung. Bisher wurde der Ansatz des Reverse Engineering verfolgt: Man versuchte, in Tumoren des Spätstadiums genetische und molekulare Marker zu identifizieren und herauszufinden, ob diese auch im Frühstadium vorhanden waren und sich daher zur Früherkennung eignen. Der neue Ansatz könnte früheste Formen von Krebs identifizieren, bevor Symptome auftreten. Dies würde frühzeitige Therapien erlauben und auch die Erforschung neuer Therapieansätze voranbringen, die in der Frühphase von Krebs ansetzen.

3

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Alexander Meissner erforscht die Rolle der Epigenetik in der frühen Entwicklung des Embryos. Die Plazenta ist hier besonders interessant, da sich die (epi-) genetischen Programme bei ihrer Bildung deutlich vom Embryo unterscheiden. In Harvard und am Broad Institute in den USA haben Meissner und seine Kolleg:innen diese Unterschiede untersucht und für eine Publikation in *Nature* (2017) beschrieben. Dabei haben sie die Ähnlichkeiten der epigenetischen Signaturen von Plazenta und Krebszellen entdeckt.

Wie geht es jetzt weiter?

Ausgestattet mit Investorenkapital von rund 140 Millionen US-Dollar führt das Start-up Harbinger Health derzeit mit Partnern in den USA klinische Studien durch, um die Effizienz und Genauigkeit des Bluttests zu evaluieren. Warum sich die epigenetischen Programme von Krebs und der Plazenta so ähneln, ist weiterhin unbekannt und wird von Meissners Gruppe am Max-Planck-Institut für molekulare Genetik derzeit mithilfe eines ERC Advanced Grants erforscht. Fest steht, dass die Plazenta schnell wachsen muss, während sie gleichzeitig Immunfunktionen unterdrückt. Das sind Eigenschaften, die auch Krebsgewebe auszeichnet. Die Vermutung ist, dass es in allen Zellen Programme gibt, die krebsähnliches Verhalten auch ohne genetische Krebsmutationen auslösen. Diese Mechanismen könnten womöglich umgekehrt genutzt werden, um Krebs zu bekämpfen.

Fachpublikation

Nature 549(7673), 2017: 543–547

Diskrete Stimulation

Neurologische und psychische Erkrankungen betreffen über eine Milliarde Menschen. Ein Team der Charité hat eine neuartige, nicht spürbare Magnetstimulation entwickelt, die tief im Gehirn gezielt Netzwerke moduliert – ein wichtiger Schritt für künftige Therapien, etwa gegen Parkinson

4

Charité – Universitätsmedizin Berlin

Was ist neu?

Neurotechnolog:innen der Charité konnten zeigen, dass hochfrequente, nicht wahrnehmbare Magnetfelder durch gezielte Überlagerung auf die Aktivität tieferliegender Hirnnetzwerke präzise einwirken können. Die sogenannte Temporale Interferenz-Magnetstimulation (TIMS) beeinflusst neuronale Dynamiken ohne Schmerzen oder operative Eingriffe und eröffnet neue Optionen zur Behandlung neurologischer und psychischer Erkrankungen, die mit einem gestörten Zusammenspiel der Aktivität verschiedener Hirnbereiche einhergehen.

Was bedeutet der Erfolg?

In einem ersten Heilversuch konnte das Zittern eines Parkinsonpatienten bereits nach wenigen Minuten TIMS-Stimulation für mehrere Tage durchbrochen werden. Das zeigt das therapeutische Potenzial der Methode. TIMS ermöglicht nicht-invasive, individuell anpassbare Behandlungsansätze – ohne operative Risiken, schädliche Strahlung oder belastende Nebenwirkungen wie zum Beispiel ein Kribbeln oder Klopfen während der Stimulation.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Der Ausgangspunkt war eine deutsch-israelische Neurotechnologie-Konferenz von Professor Surjo R. Soekadar 2018 in Tübingen. Dort wurde deutlich, dass keine bis dahin verfügbare nicht-invasive Methode tiefe Hirnareale zuverlässig und schonend erreichen kann: Ultraschall ist durch den Knochen limitiert, andere Verfahren erzeugen spürbare Reize oder starke Placeboeffekte. Mit Unterstützung eines ERC Starting Grants begannen die Forschenden ein High-risk-high-gain-Vorhaben. Nach jahrelanger Entwicklung konnten sie 2021 dank langfristiger EU-Förderung sowie Unterstützung durch die Einstein Stiftung und das SPARK-BIH-Programm das erste Patent für TIMS anmelden.

Wie geht es jetzt weiter?

Das Team plant, aus der Charité heraus gemeinsam mit einem global führenden Neurotech-Unternehmen ein Spin-off zu gründen, um TIMS klinisch und technisch einsatzbereit zu machen. Dafür sind klinische Studien, Zertifizierungen und Investitionsrunden erforderlich. Ein Ziel von Surjo Soekadar und seinem Team ist es, zu zeigen, dass Deep Tech auch in Deutschland entstehen und Patient:innen unmittelbar zugutekommen kann. Zudem wird er in Berlin das NeuroTech Open Innovation Hub aufbauen, um Innovationen zu erproben und für die gesundheitliche Versorgung zu entwickeln.

Fachpublikation

Brain Stimulation 16(1), 2023: 262

Geimpfte Nase

5

Ein Nasenspray mit abgeschwächten Coronaviren schützt Tiere besser vor COVID-19 als die mRNA-Impfung. Das fand ein Team der Freien Universität Berlin heraus. Ob das Spray auch bei Menschen besser wirkt, testen die Forschenden nun gemeinsam mit einem Schweizer Impfstoffentwickler

Freie Universität Berlin
Max Delbrück Center

Was ist neu?

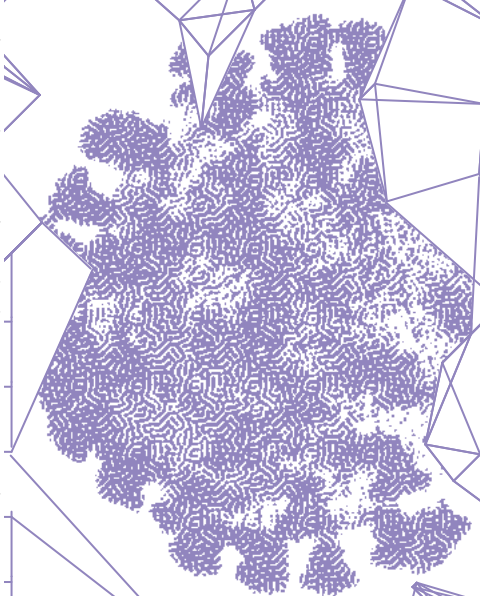
Ein abgeschwächter Lebendimpfstoff (*live attenuated vaccine*, kurz LAV) gegen SARS-CoV-2, der über die Nasenschleimhaut aufgenommen wird, kann unter Versuchstieren die Ausbreitung des Virus verhindern. Bei Tests stellte sich heraus, dass der sCPD9 genannte LAV-Impfstoff eine Infizierung von Hamstern, die infizierten Artgenossen ausgesetzt sind, vollständig unterbindet, während ein gängiger mRNA-Impfstoff zwar einen schweren Krankheitsverlauf, nicht aber die Ansteckung verhindern konnte. Zudem verhinderte der LAV-Impfstoff die Übertragung des Virus von geimpften Hamstern auf ungeimpfte Kontakttiere, während der mRNA-Impfstoff praktisch keinen Einfluss auf das Ansteckungsgeschehen hatte. Der LAV-Impfstoff kann als Nasenspray verabreicht werden.

Was bedeutet der Erfolg?

Wird ein Impfstoff gespritzt, baut sich die Immunität vor allem systemisch, also über den ganzen Körper verteilt, im Blutkreislauf auf. Viren, die über Mund und Nase in den Körper gelangen und dort Zellen infizieren, werden von der systemischen Immunantwort erst spät erreicht. Der nasale LAV-Impfstoff regt dagegen direkt am Ort der ursprünglichen Infektion die Bildung von Antikörpern, sogenannten Immunglobulinen A (IgA), an. So kommt eine Infektion gar nicht erst in Gang. Gleichzeitig werden, wie bei einer herkömmlichen Impfung, auch systemische Immunreaktionen stimuliert. Das trägt insgesamt zu einem wirksamen Schutz vor einer Infektion bei.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Als die Corona-Pandemie im Frühjahr 2020 ausbrach, suchten Forschende der Arbeitsgruppe des Virologen Klaus Osterrieder am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin nach einem geeigneten COVID-19-Impfstoff. Zusammen mit dem Schweizer Virologen Volker Thiel gelang es dem Molekulargenetiker Dusan Kunec, SARS-CoV-2 gezielt genetisch abzuschwächen. Auf dieser Basis entwickelte der Tierarzt und Virologe Jakob Trimpert den Impfstoffkandidaten sCPD9. Nach ersten erfolgreichen Tests und Veröffentlichungen ermöglichte die Zusammenarbeit mit einem Impfstoffentwickler präklinische Studien und den Übergang zu klinischen Tests.



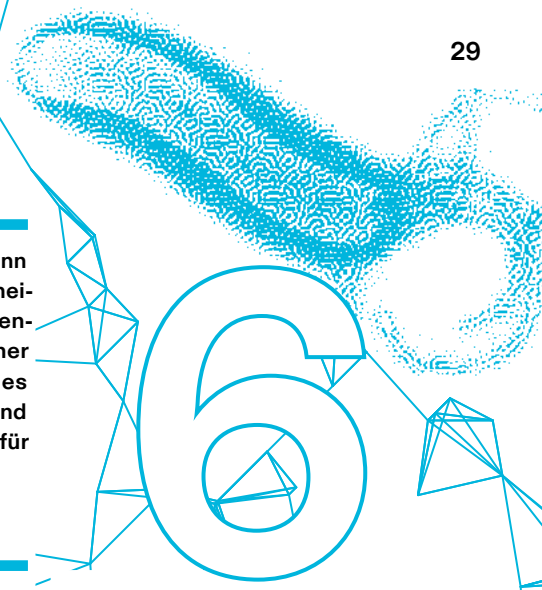
Wie geht es jetzt weiter?

Als Nächstes folgen Sicherheitsprüfungen. Die Forschenden kooperieren dafür mit der RocketVax AG, einem Schweizer Start-up aus Basel. Das Biotech-Unternehmen entwickelt den abgeschwächten Lebendimpfstoff gegen SARS-CoV-2 weiter und bereitet eine klinische Phase-1-Studie am Menschen vor. Es gilt, die klinische Prüfung für den Marktzugang voranzutreiben und dann die Produktion saisonaler nasaler Impfstoffe rasch zu skalieren. Nasale Impfstoffe könnten künftig dazu beitragen, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 und anderer Virenerkrankungen zu vermeiden. Sie eignen sich besonders für Regionen mit begrenztem Zugang zu geschultem medizinischem Personal. Zudem sind sie kostengünstig herzustellen, leicht zu lagern und einfach zu transportieren.

Fachpublikation

Nat Commun 15, 2024: 995

Gefährliche Vorliebe



Das Bakterium *Helicobacter pylori* kann Magenerkrankungen, Krebs und Alzheimer begünstigen. Mithilfe von Magen- und Darm-Organoiden haben Berliner Forschende herausgefunden, wie es bestimmte Zellen im Magen infiziert und sich ausbreitet – eine Wissensbasis für mögliche Therapien

Technische Universität Berlin

Was ist neu?

Anhand von Magen- und Darm-Organoiden, also dreidimensionalen Zellkulturen aus menschlichen Stammzellen, die bestimmte grundlegende Organfunktionen nachbilden, konnten Forschende um Sina Bartfeld an der Technischen Universität Berlin zeigen, dass der Magenkeim *Helicobacter pylori* gezielt an bestimmte Zellen im Magen andockt. Diese Foveolar- oder Grübchenzellen sitzen an der Oberfläche des Gewebes und sind dadurch besonders gut für die Bakterien zugänglich. Letztere erspüren Moleküle, die nur von den Foveolarzellen ausgesendet werden – ein Prozess, der „Chemotaxis" genannt wird.

Was bedeutet der Erfolg?

Die Entwicklung menschlicher Organmodelle ermöglicht es, Infektionserreger zu untersuchen, für die es keine oder nur unzureichende andere Modelle gibt, weil sie beispielsweise in Tieren andere Symptome hervorrufen und wie *Helicobacter pylori* sehr spezifisch auf den Menschen ausgerichtet sind. Organoide aus menschlichen Stammzellen sind daher wichtige neue Modelle für solche humanspezifischen Erreger. Dies wiederum ist die Basis für eine mögliche Therapieentwicklung in der Zukunft.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Um die Zielzellen zu identifizieren, sortierten das Team um Sina Bartfeld gemeinsam mit der Gruppe von Emmanuel Saliba in Würzburg einzelne von *Helicobacter pylori* infizierte sowie einzelne nicht infizierte Zellen und untersuchten, welche Gene jeweils aktiv sind. Dies konnte erstmals mit Organoiden gemacht werden, weil sie – anders als andere Zellkulturen – die Stammzellen und differenzierten Zellen der obersten Zellschicht enthalten. Die Forschenden infizierten die Zellen der Organoide, vereinzelten sie, sortierten sie nach „infiziert" und „nicht infiziert" und untersuchten dann, welche Gene in den Zellen aktiv waren. Die Daten zeigten, dass *Helicobacter pylori* eine Vorliebe für die Foveolarzellen hatte.

Wie geht es jetzt weiter?

Der Erfolg führte zu dem EU-Marie-Curie-Doktorand:innennetzwerk TOP-GUT, in dem elf Doktorand:innen Organoide des Magen-Darm-Trakts systematisch vergleichen und die Modelle weiterentwickeln. Unter anderem wird dabei die schützende Schleimschicht, die den Magen-Darm-Trakt auskleidet, auf ihre Zusammensetzung überprüft. Die Forschenden interessieren sich hier für die Zucker-Anhängsel, die auf den Zellen und im Schleim besonders häufig anzutreffen sind und oft Landeplätze für Infektionserreger bilden. In einem 2025 gestarteten, von der Einstein Stiftung Berlin geförderten Projekt untersucht Sina Bartfeld mit Ilan Rosenshine von der Hebrew University of Jerusalem nun, wie das *Escherichia-coli*-Bakterium, das gefährliche Darminfektionen auslösen kann, den Zucker-Code ausnutzt, um Zielzellen im Dünndarm zu finden. Wenn Zielzellen und Andockstellen von Bakterien bekannt sind, können sich weitere Forschungsprojekte anschließen, in denen dann versucht wird, diese Bindung zu stören – was langfristig zur Entwicklung neuer Therapien beitragen könnte.

Fachpublikation
Nat Commun 13, 2022: 5878

Potente Proteine

Chemotherapeutika können mithilfe von Antikörper-Wirkstoff-Konjugaten zu Tumorzellen transportiert werden, um diese gezielt zu zerstören. In Berlin entwickelte chemische Reaktionen bilden die Basis für die nächste, wirksamere Generation dieses Therapieansatzes

Leibniz-Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie

Was ist neu?

Antikörper-Wirkstoff-Konjugate (ADCs) sind eine wichtige Säule der modernen Krebstherapie. Sie können einen Wirkstoff sicher zum Tumor transportieren und somit Nebenwirkungen vermeiden. Ein Team um Christian Hackenberger vom Leibniz-Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie (FMP) hat neue chemische Reaktionen entwickelt, mit denen man auf einfache Weise Proteine und Antikörper modifizieren kann. Das Highlight dieser sogenannten P5-Konjugation ist die Gewinnung von ADCs. Diese P5-Konjugate sind deutlich stabiler und wirksamer als bereits zugelassene ADCs. Gerade veröffentlichte klinische Studien (Phase I/IIa) demonstrieren ihre hervorragenden Eigenschaften und ihr klinisches Potenzial.

Was bedeutet der Erfolg?

Die P5-Konjugation stellt in mehrfacher Hinsicht einen Durchbruch dar: Sie eröffnet einen einfachen Zugang zu ADCs, die stabiler und wirksamer sind als andere Moleküle auf dem Markt. Das Verfahren ist ohne zusätzliches genetisches Engineering auf Antikörper anwendbar und bietet ein enormes Potenzial, um neue ADCs für bisher kaum therapierbare Krebsarten zu entwickeln. Der Erfolg führte zur Gründung des innovativen Biotech-Unternehmens Tubulis, das in mehreren Finanzierungsrunden fast eine halbe Milliarde Euro einnehmen konnte und bereits Lizenzvereinbarungen mit führenden Pharmaunternehmen zur P5-Konjugation schließen konnte. Die bisher erzielten klinischen Resultate unterstreichen zudem die erfolgreiche Translation akademischer Ergebnisse: Nur acht Jahre nach Entdeckung der chemischen Reaktionen konnte ihre klinische Relevanz in Studien bestätigt werden.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Christian Hackenberger hat sich seit 2005 an der Freien Universität Berlin mit der Phosphorchemie beschäftigt und mit seiner Arbeitsgruppe mehrere Verfahren für die Modifikation von Peptiden und Proteinen veröffentlicht. Nach seinem Wechsel an das FMP und die Humboldt-Universität zu Berlin entwickelte sein Team 2017 die P5-Konjugation, wandte sie zur Herstellung von ADCs an und evaluierte sie in Kollaboration mit Heinrich Leonhardt (LMU München) in präklinischen Modellen. Angesichts hervorragender Ergebnisse im Vergleich zu bereits zugelassenen Medikamenten gründeten sie das Unternehmen Tubulis, das die klinische Entwicklung der P5-ADCs voranbringt.

Wie geht es jetzt weiter?

Aktuell werden P5-ADCs von Tubulis und Bristol-Myers Squibb in klinischen Studien (Phase I/IIa) für Eierstock- und Lungenkrebs angewandt. Mehrere weitere ADCs befinden sich in der Pipeline. Das Team Hackenberger arbeitet mit Hochdruck an neuen Anwendungen für die P5-Konjugation und neuen Biopharmazeutika, vor allem gegen virale und bakterielle Erkrankungen. Zudem nutzt es die Expertise in der Biokonjugation für die Herstellung von Antikörpern, die Gewinnung neuer Protein-Antikörperkonjugate und die Identifikation neuer Biomarker, um wirksame Werkzeuge im Kampf gegen neurodegenerative und virale Erkrankungen sowie Mukoviszidose zu erhalten.

Fachpublikation

Molecular Cancer Therapeutics 23(2), 2024: 199–211; Chemical Science 9, 2023: 2259–2266

Optimierte Signale

Molekulare Signalwege ermöglichen es dem angeborenen Immunsystem, Reaktionen auf Krankheitserreger einzuleiten. Berliner Forschenden ist es jetzt gelungen, diese Signalwege künstlich nachzubauen und damit eine Grundlage für die Entwicklung neuer Krebstherapien bereitzustellen

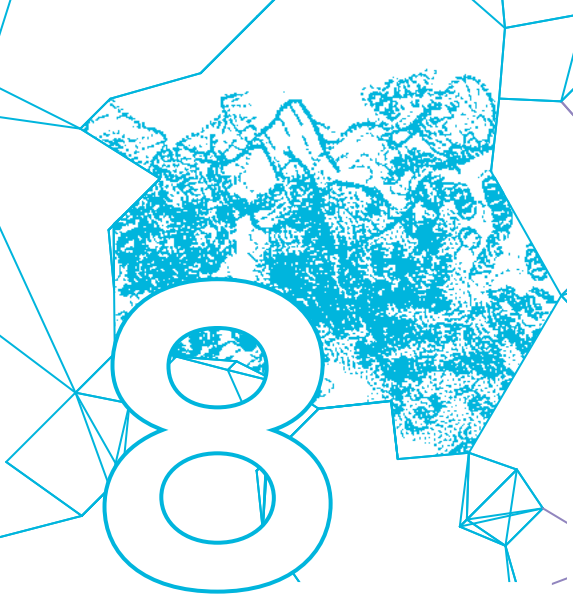
Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie

Was ist neu?

Um den Organismus zu schützen, gibt das angeborene Immunsystem Informationen über Art und Ausmaß von Bedrohungen in Immunsignalwegen weiter. Dafür nutzt es Proteine, die sich zu Signalmaschinen (Signalosomen) zusammensetzen. Forschende des Max-Planck-Instituts für Infektionsbiologie haben es erstmals geschafft, ein minimales funktionsfähiges Signalosom künstlich nachzubauen. Dabei haben sie die wesentlichen Eigenschaften und Komponenten aufgedeckt, die Signalosomen des angeborenen Immunsystems benötigen.

Was bedeutet der Erfolg?

Die computergestützte Entwicklung eines synthetischen Proteins für ein funktionsfähiges Signalosom eröffnet die Möglichkeit, Signalosomen künftig mit einzigartigen Eigenschaften oder Funktionen künstlich herzustellen. Das könnte Forschenden helfen, Zellen mit bestimmten Fähigkeiten zur Bekämpfung von Krankheiten zu entwickeln. Ein solcher Durchbruch ist bereits für Zellen des adaptiven Immunsystems gelungen – hier bietet sich die Möglichkeit, Zellen des angeborenen Immunsystems in den Werkzeugkasten der modernen Medizin aufzunehmen.



Trainierte T-Zellen

Bei der seltenen Autoimmunerkrankung Anti-NMDA-Rezeptor-Enzephalitis greift das Immunsystem die körpereigenen Nervenzellen an und verursacht epileptische Anfälle, Wesensänderungen oder Psychosen. Ein neuer Therapieansatz ermöglicht eine gezielte Bekämpfung der Hirnentzündung

Exzellenzcluster NeuroCure

Was ist neu?

Die Anti-NMDA-Rezeptor-Enzephalitis ist eine seltene, aber schwer verlaufende Gehirnentzündung, bei der das Immunsystem die eigenen Nervenzellen im Gehirn angreift. Die Folgen reichen von Kopfschmerzen bis zu Halluzinationen, Wahnvorstellungen und epileptischen Anfällen. Unbehandelt kann die Krankheit tödlich verlaufen. Die Forschenden haben einen neuen Ansatz entwickelt, um die autoimmune Gehirnentzündung gezielt zu behandeln. Dafür werden T-Zellen aus dem Blut von Patient:innen genetisch so umprogrammiert, dass sie nur diejenigen Zellen angreifen, die schädliche Antikörper gegen das Gehirn produzieren. So bleibt das übrige Immunsystem geschont.

Was bedeutet der Erfolg?

Dies ist zunächst ein Fortschritt für Menschen mit einer Anti-NMDA-Rezeptor-Enzephalitis, langfristig vielleicht sogar für viele weitere Autoimmunerkrankungen. Sie werden von einer gezielten und schonenden Behandlung profitieren, die die Erholung des Gehirns nach der Entzündung verbessert, Rückfälle verhindert und langfristige kognitive Schäden minimiert. Sie verspricht im Vergleich zur herkömmlichen Therapie, bei der das gesamte Immunsystem zeitweise unterdrückt wird, deutlich weniger Nebenwirkungen. Im besten Fall wird sogar eine dauerhafte Heilung möglich sein. Derzeit wird geprüft, ob der Ansatz auch bei anderen Autoimmunerkrankungen wirken kann, etwa bei der Myasthenia gravis oder der Neuromyelitis-Optica-Spektrum-Erkrankung.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Der Erfolg geht auf Überlegungen zurück, wie sich krankmachende antikörperproduzierende B-Zellen gezielt ausschalten lassen, während die übrigen 99 Prozent der B-Zellen weiterleben und schützende Antikörper produzieren können. Das Prinzip beruht auf der Entwicklung sogenannter CAAR-T-Zellen, einer Weiterentwicklung der CAR-T-Zelltherapie, die zur Behandlung bestimmter Krebsarten eingesetzt wird. Die Forschenden haben die dafür genutzten T-Zellen genetisch verändert und mit dem Chimeric Autoantibody Receptor (CAAR) ausgestattet, der sie in die Lage versetzt, gezielt nur an die krankheitsauslösenden B-Zellen anzudocken – und diese abzutöten. Im Mausmodell funktionierte das Verfahren bereits.

Wie geht es jetzt weiter?

Dank einer Förderung von rund 1,5 Millionen Euro wird aktuell die Herstellung der benötigten CAAR-T-Zellen nach den Maßgaben der Good Manufacturing Practice (GMP) vorbereitet. Die erste klinische Phase-I-Studie ist für 2026 und 2027 am Berlin Center for Advanced Therapies (BeCAT) der Charité geplant. Ziel ist es, das Verfahren sicher und wirksam zu machen und es möglicherweise auch auf andere Autoimmunerkrankungen auszuweiten.

Fachpublikation

Cell 186(23), 2023: 5084–5097

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Entscheidend war die Ausgangshypothese, dass viele scheinbar unterschiedliche Signalosomen einen gemeinsamen Funktionsmechanismus haben. Als die Daten diese Hypothese bestätigten, probierten die Forschenden viele verschiedene Wege aus, um funktionierende Signalosomen nachzubauen. Ein großer Teil des Erfolgs beruht also auf kreativem Trial and Error und einer Umkehr der Perspektive: Statt weitere Signalwege aufzudecken, haben die Forschenden die ihnen zugrunde liegenden Signalosomen selbst gebaut, um sie besser zu verstehen.

Wie geht es jetzt weiter?

Die Erkenntnisse sollen in die Entwicklung funktioneller Signalosomen einfließen, um Zellen für therapeutische und medizinische Zwecke zu entwickeln. Beispielsweise ließen sich Signalosomen so programmieren, dass sie Krebszellen erkennen und zusammen mit zellbasierten Therapeutika eingesetzt werden können – etwa in Kombination mit Chimären-Antigen-Rezeptor-(CAR)-T-Zellen, die bereits erfolgreich in der Krebstherapie eingesetzt werden.

Fachpublikation

Science 388(6745), 2025: 415–422

Versteckte Viren

Bei Kindern kann nach einer COVID-19-Infektion der gefährliche Entzündungsschock PIMS auftreten, weil schlummernde Epstein-Barr-Viren durch eine Überreaktion des Immunsystems wieder aktiv werden. Die Erkenntnis lässt auf neue Therapieansätze hoffen, vielleicht auch gegen Long COVID

Deutsches Rheuma-Forschungszentrum Berlin



Was ist neu?

Nach einer COVID-19-Erkrankung kann das Epstein-Barr-Virus, das im Körper schlummert, wieder aufflammen. Dies geschieht, weil das Immunsystem nach einer COVID-19-Infektion vermehrt das Abwehrmolekül TGFβ produziert. TGFβ schwächt jedoch die körpereigenen Immunzellen im Kampf gegen das Epstein-Barr-Virus, das sich daraufhin vermehren kann. Als Reaktion werden wiederum neue Immunzellen gegen das Virus ausgeschüttet. Der sich hochschaukelnde Mechanismus erklärt, warum es bei einigen Kindern nach einer Corona-Infektion zum multisystemischen Entzündungssyndrom (auch PIMS genannt) kommt, das Herzschwäche, Hautausschläge, hohes Fieber und Organversagen verursachen kann.

Was bedeutet der Erfolg?

Die Entdeckung der Entzündungskaskade erklärt nicht nur einen zentralen Mechanismus von PIMS, sondern könnte auch zur Entwicklung neuer Therapien beitragen, etwa durch den gezielten Einsatz von TGFβ-Blockern oder Impfstoffen gegen das Epstein-Barr-Virus zur Verhinderung schwerer Entzündungsreaktionen. Besonders Kinder mit durchgemachter COVID-19-Erkrankung könnten davon profitieren. Außerdem könnte der entdeckte Mechanismus eine Ursache für andere Post-Infektions-Erkrankungen wie etwa Long COVID (↗ S. 95) oder Multiple Sklerose sein.

Wie kam es zu diesem Durchbruch?

Tillmann Kallinich beobachtete 2020 eine Zunahme von Fällen mit schwerer Hyperinflammation bei Kindern nach milden COVID-19-Verläufen. Das Team um Mir-Farzin Mashreghi analysierte daraufhin seltene Immunzellen im Blut von PIMS-Patient:innen und stellte fest, dass das vermehrt ausgeschüttete Abwehrmolekül TGFβ bei ihnen zentrale Immunfunktionen unterdrückt, insbesondere gegenüber dem Epstein-Barr-Virus. Ein entscheidender Durchbruch gelang, als die Forschenden zeigen konnten, dass eine Blockade von TGFβ das Immunsystem dazu befähigt, die Kontrolle über die reaktivierten Epstein-Barr-Virus-Zellen wiederherzustellen.

Wie geht es jetzt weiter?

Künftige Forschung soll klären, wie genau PIMS (MIS-C), Long COVID und die Myalgische Enzephalomyelitis/das Chronische Fatigue-Syndrom (ME/CFS) entstehen und welche Rolle Herpesviren dabei spielen, insbesondere das Epstein-Barr-Virus. Klinische Studien mit Inhibitoren, die TGFβ unterdrücken, könnten neue Therapien ermöglichen. Hier sind Pharmafirmen gefragt. Die Forschenden um Mashregi arbeiten zudem daran, bald auch Impfstoffe gegen EBV als vorbeugende Maßnahme im Labor zu testen.

Fachpublikation

Nature 640, 2025: 762–771

Albert fragt: Wie leistungsfähig ist das deutsche Gesundheitssystem?

Reinhard Busse ist Professor für Management im Gesundheitswesen an der Technischen Universität Berlin. Er ist gleichzeitig Co-Direktor des European Observatory on Health Systems and Policies und Fakultätsangehöriger der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Seine Forschungsschwerpunkte sind Health System Performance Assessment, Versorgungsforschung, Gesundheitsökonomie und Health Technology Assessment.

Die Leistungsfähigkeit eines Gesundheitssystems lässt sich vor allem anhand von Zugang und Qualität im Verhältnis zu den eingesetzten Ressourcen messen. Zugang bedeutet, dass Menschen versichert sind oder durch den Staat eine Garantie auf Gesundheitsleistungen erhalten. Entscheidend ist, welche Leistungen abgedeckt sind und ob die Höhe der Zuzahlungen für die Patient:innen zumutbar ist. Weitere Kriterien sind die Anzahl der Ärzt:innen, deren regionale Verteilung sowie Wartezeiten auf Behandlungen.

Qualität meint die Wirksamkeit der erbrachten Leistungen – also wie gut behandelt wird, wenn Zugang besteht. Eine schnelle Aufnahme in ein nahes Krankenhaus beispielsweise nützt wenig, wenn Ausstattung und Fachpersonal fehlen. Zudem prägen Faktoren wie transparente Kommunikation oder respektvoller Umgang die Wahrnehmung und Wirkung des Systems. Diese „Responsiveness“ fällt in Deutschland im ambulanten Bereich gut aus, im stationären jedoch unterdurchschnittlich.

Insgesamt schneidet die systemweite Effizienz im internationalen Vergleich eher schlecht ab: Wir geben viel Geld für Gesundheit aus, die vermeidbare Sterblichkeit (als Resultat von Zugang und Qualität) ist aber trotzdem höher und sinkt langsamer als in vielen Nachbarländern. Deutlich wird das in Längsschnittvergleichen, bei denen schrittweise Veränderungen über zehn Jahre hinweg analysiert werden, um Effekte des Gesundheitssystems besser von anderen Einflüssen zu trennen.

Deutschland hat einen erheblichen Nachholbedarf: Der Fokus liegt hierzulande nach wie vor stark auf der Gewährleistung von Zugang. Es braucht aber vielmehr eine ganzheitliche Betrachtung des Systems – mit der zentralen Frage, wie viel Gesundheit tatsächlich aus dem Gesundheitssystem hervorgeht.

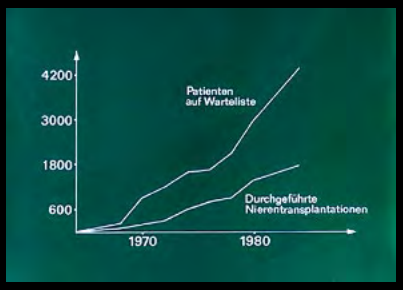


00:20




00:40


00:53

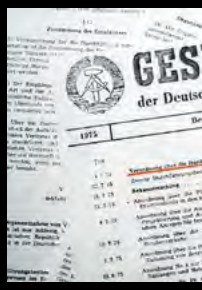


01:53


01:59



02:34


02:35


03:29


03:50


03:56


04:23


06:46


09:12


09:33


09:42


11:11



11:51



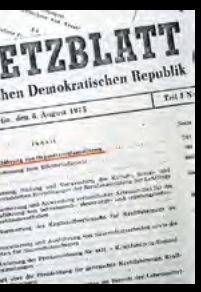


01:17





01:25





02:56



03:06



03:18





04:41



05:28



06:38

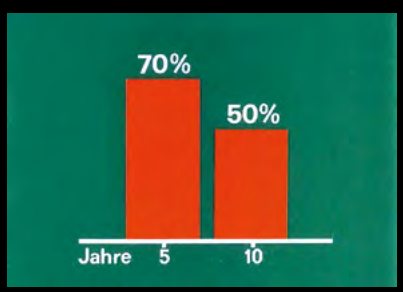




10:06



10:18



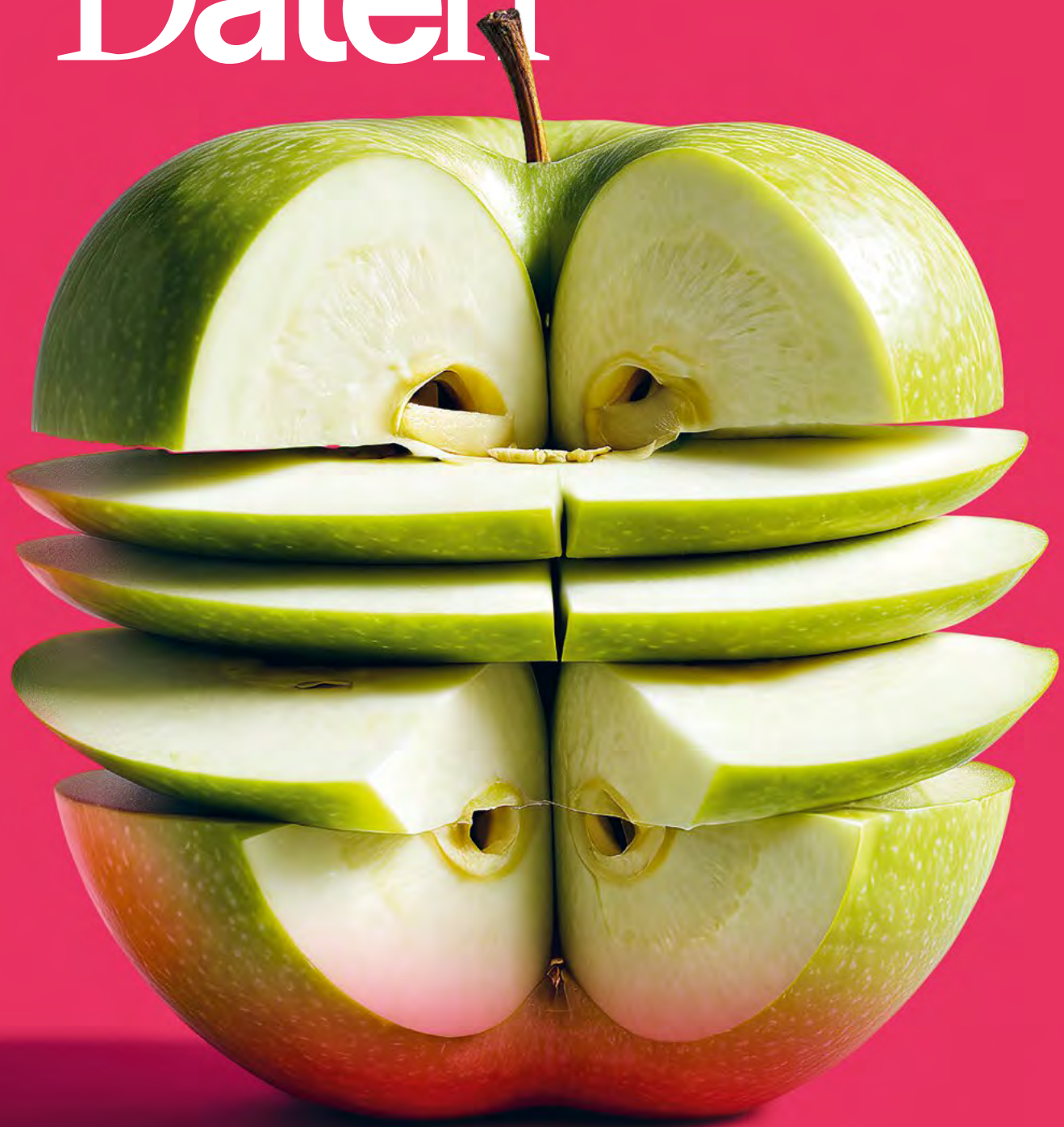
10:32

Neue Nieren

In der DDR wurde 1967 die erste Niere erfolgreich transplantiert. Führendes Zentrum der Transplantationsmedizin war das Städtische Krankenhaus Friedrichshain. Diese Filmstills stammen aus einem DDR-Lehrfilm von 1989, der minutiös (und mit Nahaufnahmen aus dem OP -Saal) erklärt, wie ein Spenderorgan entnommen, gelagert und bei den Empfänger:innen wieder „angeschlossen“ wird. Der Film „THF 1119 – Nierentransplantation“ ist einer von rund 500 medizinisch-wissenschaftlichen und populärwissenschaftlichen Filmen, die seit den 1950er Jahren bis 1990 vom Filmstudio der Charité produziert wurden. Ein von der DFG gefördertes Pilotprojekt erforscht seit 2025 die (unter anderem rechtlichen) Voraussetzungen für die digitale Erfassung und Bereitstellung dieser wertvollen Zeitdokumente zum Selbstverständnis und zur Geschichte der DDR-Medizin.

↗ medizingeschichte.charite.de/forschung

Vitale Daten



Künstliche Intelligenz ist aus der biomedizinischen Forschung kaum mehr wegzudenken. Ob Large Language Models, Computer Vision oder Deep Learning: Die Methoden haben das Potenzial, die Medizin zu revolutionieren – von der Krankheitsdiagnose über den Umgang mit Epidemien bis zur personalisierten Therapie

Von Christina Berndt
Illustrationen (KI-generiert) Heimann + Schwantes

Große Datenmengen haben Stefan Flasche noch nie abgeschreckt. Seit Beginn seiner Karriere schon sammelt und analysiert der Epidemiologe Daten im Mega-Maßstab. Er nutzt sie, um den Verlauf von Epidemien und Pandemien vorauszusagen und jene Strategien zu optimieren, mit denen sich Krankheitsausbrüche am besten eindämmen lassen. So haben seine mathematischen Modellierungen schon erheblich dazu beigetragen, verschiedenste Gesundheitskrisen – von COVID-19 über Ebola bis zur Schweinegrippe – besser zu bewältigen.

Noch bis vor ein paar Jahren, selbst in der Corona-Zeit, verarbeitete Flasche die Daten für epidemiologische Voraussagen auf herkömmliche Weise. Künstliche Intelligenz? „Da waren wir lange sehr zurückhaltend", sagt der Einstein-Professor, der nach 15 Jahren in Großbritannien in seine Heimatstadt Berlin zurückgekehrt ist und nun eine Professur für Infektionsdynamik und Globale Gesundheit an der Charité – Universitätsmedizin Berlin innehat. Zu folgenschwer wäre es, wenn sich die Künstliche Intelligenz (KI) irrt: „Von unseren Modellen gehen viele direkt an Experten, die dann Empfehlungen geben", so der Epidemiologe. Zum Beispiel an die Ständige Impfkommission in Berlin, aber auch an die Weltgesundheitsorganisation und medizinische Organisationen in aller Welt. „Da geht es um Menschenleben." Schließlich können unterschätzte Ausbrüche und falsche Gegenmaßnahmen viel Leid und viele Todesfälle verursachen und letztlich auch ganze Gesundheitssysteme niederstrecken. „Wir müssen deshalb extrem sicher sein, dass unsere Berechnungen stimmig sind."

Doch als Ende 2022 der Chatbot ChatGPT aufkam, hatte Flasche seinen „Heureka-Moment", wie er sagt. Es war klar: Diese Form von KI, die sogenannten Language Tools, die mit Sprache arbeiten und Fragen beantworten oder Befehle ihrer menschlichen Nutzer:innen umsetzen, sind mittlerweile so gut, dass sein Team sie bestens gebrauchen kann. Sie helfen Flasche seither vor allem bei der Programmierung. Er bitte die Systeme, Vorschläge für Computerprogramme zu machen, mit denen sich die epidemiologischen Voraussagen kalkulieren lassen.

Diese Berechnungen sind schließlich ausgesprochen komplex: Um zu entscheiden, mit welchen Maßnahmen man einen Krankheitsausbruch eindämmen sollte, muss man möglichst viele Daten über den sich ausbreitenden Erreger berücksichtigen, aber auch die Eigenarten der Region, in der sich das Geschehen abspielt; die Dichte der dortigen Besiedlung etwa, die Bevölkerungsstruktur, wie groß die Abwehrkraft der Bewohner:innen ist. Denn jeder Ausbruch ist anders, und jeder Krankheitserreger hat seine Eigenheiten.

Inzwischen nutzt Stefan Flasche regelmäßig Language Tools, um seine Analysen bei Ausbrüchen mit neuen Erregern zu beschleunigen und Muster in den erfassten Daten zu erkennen: Wer hat wahrscheinlich wen angesteckt? Wie viel Zeit ist jeweils zwischen der Infektion der einen Person und der folgenden vergangen? Und wie viel Zeit zwischen der Ansteckung und dem Auftreten von Symptomen?

Inzwischen nutzt Stefan Flasche regelmäßig Language Tools, um seine Analysen bei Ausbrüchen mit neuen Erregern zu beschleunigen und Muster in den erfassten Daten zu erkennen: Wer hat wahrscheinlich wen angesteckt?

Natürlich müsse man die KI klug nutzen, betont Flasche. „Es ist nicht so, dass wir einfach ChatGPT fragen und dem Ergebnis dann blind vertrauen." Deshalb prüft ein Team von Bioinformatiker:innen das Ergebnis, verfeinert es und testet es mit Daten von zurückliegenden



Ausbrüchen. Das nennt man Beta-Testen: Das Modell wird zum Beispiel mit Daten eines Ebola-Ausbruchs in einem Dorf im Kongo gefüttert; ein Abgleich seiner Vorhersage mit dem, was wirklich geschah, zeigt dann, wie gut die KI die Zukunft prognostizieren kann. Am Ende sollen die Modelle auch von Nicht-Mathematiker:innen in Gesundheitszentren vor Ort genutzt werden können. Es kann um Viren wie das Marburg-Virus gehen, um Bakterien wie Pneumokokken oder auch um die Ausbreitung resistenter Keime.

Stefan Flasche ist überzeugt: KI kann die Forschung erheblich beschleunigen und erleichtern. „Sie hat mittlerweile die gesamte biomedizinische Forschung erfasst", sagt er.

Deep Learning für die Behandlung von Schlaganfall und Krebs

Man muss nur in Stefan Flasches Nachbarinstitute blicken, um die Vielfalt zu verstehen, mit der KI mittlerweile in der biomedizinischen Forschung eingesetzt wird. Methoden der Künstlichen Intelligenz helfen nicht nur durch epidemiologische Vorhersagen bei der Seuchenbekämpfung, sie sind auch wesentlich für die Grundlagenforschung und können alle drei Säulen der Medizin stützen – die Prävention von Krankheiten, die Erkennung (Diagnostik) und die Entwicklung neuer oder gar maßgeschneiderter Therapien.

Da ist zum Beispiel das Team um Vince Istvan Madai, der am Berlin Institute of Health (BIH) versucht, die Behandlung bei akutem Schlaganfall zu verbessern. Jüngst hat er gezeigt, dass sich mit KI bestimmen lässt, wann genau eine Person einen Schlaganfall erlitten hat. Das ist von enormer Bedeutung, um die richtige Behandlung zu wählen – und Patient:innen die schlimmsten Folgen zu ersparen.

Dazu hat das Team ein Programm entwickelt, das Aufnahmen des Gehirns durch Computertomografen nach einem Schlaganfall auswertet. Es erkennt mehr Details als ein menschliches Auge und wurde mittels Deep Learning trainiert. Neben den Language Tools ist das der andere große Teilbereich der KI: Sie lernt aus großen Datenmengen und kann Muster darin erkennen. Je mehr Bilder von Schlaganfallpatient:innen, bei denen der Zeitpunkt des Anfalls bekannt ist, die KI also auswerten kann, desto besser wird sie darin, den Zeitpunkt bei anderen Patient:innen korrekt zu bestimmen.

Ums Überleben geht es auch bei der Forschung von Jana Wolf, der Leiterin der Arbeitsgruppe „Mathematische Modellierung zellulärer Prozesse" am Max Delbrück Center. Sie versucht mithilfe von Machine-Learning-Modellen herauszufinden, weshalb 35 Prozent der Patient:innen mit einem Large-B-Zell-Lymphom nicht auf die Krebstherapie ansprechen – und wie sich das verändern lässt. Dazu analysiert Wolfs Mitarbeiter Fabian Konrath mittels KI sämtliche Mutationskombinationen von großen Patient:innengruppen und gleicht die genetischen Daten mit dem Behandlungserfolg ab. Es geht um Millionen von Datensätzen. Ohne Machine Learning sei das gar nicht möglich, sagt Wolf. Ihre Forschung könnte eines Tages spezielle Medikamente für jene Patient:innen hervorbringen, deren Lymphom sich bisher nicht behandeln lässt.

Mit einem ähnlichen Ziel, aber einer anderen KI-gestützten Methode arbeitet die Gruppe „Spatial Proteomics" um Fabian Coscia, ebenfalls am Max Delbrück Center: Sie ermöglicht es den Forschenden, mithilfe von Hochleistungsmikroskopie, einer Deep-Learning-KI und -Robotik in einer Probe genau die Krebszellen zu identifizieren und für die weitere Analyse auszuwählen, die den Krebs resistent oder aggressiv machen. „Deep Visual Proteomics" heißt die Methode, mit der sie sämtliche Proteine in ausgesuchten einzelnen Zellen messen können. „Proteine sind die eigentlichen Funktionsträger in den Zellen. Sie entscheiden darüber, ob eine Zelle erkrankt oder nicht", sagt Coscia. Er hofft, mit seinem KI-gestützten Zellisolationsmikroskop herauszufinden, welche Proteine in welchen Zellen für den Krankheitsprozess eine wichtige Rolle spielen. Dann könnten Therapien entwickelt werden, die krankmachende Proteine etwa bei Hautkrebs oder Eierstockkrebs gezielt ausschalten oder gesunderhaltende unterstützen.

Je mehr Bilder von Schlaganfall-patient:innen, bei denen der Zeitpunkt des Anfalls bekannt ist, die KI auswerten kann, desto besser wird sie darin, den Zeitpunkt bei anderen Patient:innen korrekt zu bestimmen.

Besser als jedes menschliche Auge

Ob Schlaganfall oder Proteinmuster: Optische Analysen gelingen mit KI erheblich besser. Denn die KI sieht viel mehr als ein noch so geübtes menschliches Auge. Sie wird daher bereits sehr erfolgreich für die Analyse radiologischer Bilddaten genutzt, um zum Beispiel anhand einer Aufnahme aus dem MRT bedrohliches Tumorgewebe zu erkennen.

Seit mehr als einhundert Jahren schon bestimmen Pathолog:innen in mikroskopischen Aufnahmen dünner Gewebeschnitte von Patient:innen die Zusammensetzung der darin enthaltenen Zellen und ihre Eigenschaften, weil das Aussagen über den Krankheitsstatus und die Behandlungsmöglichkeiten erlaubt. Am Max Delbrück Center arbeitet Lorenz Rumberger in der Arbeitsgruppe von Dagmar Kainmüller daran, diese zeitaufwendige Arbeit durch KI-Methoden auf eine neue Ebene zu heben und so die Diagnostik von Krankheiten zu verbessern. Seine Modelle könnten helfen, Zelltypen künftig noch einfacher voneinander zu unterscheiden und so zum Beispiel zur Beurteilung von Gewebeproben von Krebspatient:innen beizutragen. Das Forschungsfeld nennt sich Computer Vision – die Forschenden bringen Computern quasi das Sehen bei.

Die so geschulte KI soll radiologische Bilder künftig sehr viel präziser auswerten als ein Arzt oder eine Ärztin dies könnte – und damit eine verlässliche Basis für medizinische Entscheidungen und sogar die Entwicklung neuer Therapien bilden.

Dazu verwendet Rumberger Multiplexed Imaging – hochdimensionale Bilder, die statt der klassischen drei Kanäle Rot, Grün, Blau (RGB) mehr als 50 Kanäle nutzen können, sodass sich die Typen und Zustände der Zellen besser unterscheiden lassen. „Solche Aufnahmen können zeigen, welche Zellen wo genau unterwegs sind“, sagt Rumberger. „Diese Daten stellen aber neue Herausforderungen in der Analyse dar, da diese Anzahl von Kanälen nicht mehr mit den üblichen Methoden analysiert werden kann.“

Um die Diagnostik zu verbessern, treibt unter anderem das Kainmüller-Lab eine Art von KI-Modellen voran, die als besonders vielversprechend für die biomedizinische Forschung gelten: Foundation Models. Das sind große KI-Modelle, die an riesigen Datenmengen vortrainiert werden, ohne dass damit schon eine bestimmte Aufgabe verbunden ist. Das System soll sich eigenständig eine leistungsstarke Wissensgrundlage (die Foundation) aneignen. Im zweiten Schritt kann es auf verschiedene spezialisierte Aufgaben trainiert werden. „Das Ergebnis ist oft besser, als wenn man auf die Foundation Models verzichtet und direkt auf die spezialisierten Programme setzt“, sagt Rumberger. Die Helmholtz-Gemeinschaft fördert die Entwicklung dieser neuartigen Modelle im Rahmen der Helmholtz Foundation Model Initiative. Dagmar Kainmüller sieht darin ein „einzigartiges Potenzial“. „Gemeinsam können wir wirklich etwas bewegen“, sagt sie.

Eines der Pilotprojekte der Initiative, das Human Radiome Project, arbeitet – ähnlich wie das Schlaganfallprojekt – an besserer Diagnostik. Allerdings soll das hier entwickelte Foundation Model, wie es sich für ein KI-Grundlagenmodell gehört, Anwendungen in zahlreichen Bereichen ermöglichen. Vortrainiert wird es auf der Basis von nahezu fünf Millionen 3D-Bilddatensätzen. Die so geschulte KI soll radiologische Bilder künftig sehr viel präziser auswerten als ein Arzt oder eine Ärztin dies könnte – und damit eine verlässliche Basis für medizinische Entscheidungen und sogar die Entwicklung neuer Therapien bilden – in vielen unterschiedlichen Bereichen, von der Krebsfrüherkennung bis zur Analyse von Hirnerkrankungen.

Die Berechnung des persönlichen Krankheitsrisikos

Einen umfassenden Blick auf persönliche Gesundheit hat die Arbeitsgruppe „Künstliche Intelligenz“ von Roland Eils am BIH. Sie nutzt KI wie eine Hightech-Glaskugel für die Vorhersage von Krankheiten und kann erstaunliche Ergebnisse vorweisen. Eils setzt Deep Learning ein, um eines Tages Krankheitsrisiken für jeden Einzelnen akkurat berechnen und dadurch personalisierte Gesundheitsratschläge geben zu können. So möchte er Menschen frühzeitig sagen können, für welche Art von Erkrankungen sie persönlich ein besonders hohes Risiko tragen, während sie sich bei anderen Erkrankungen entspannt zurücklehnen können. „So ließen sich personalisierte Präventionsprogramme entwickeln, um die Entstehung von



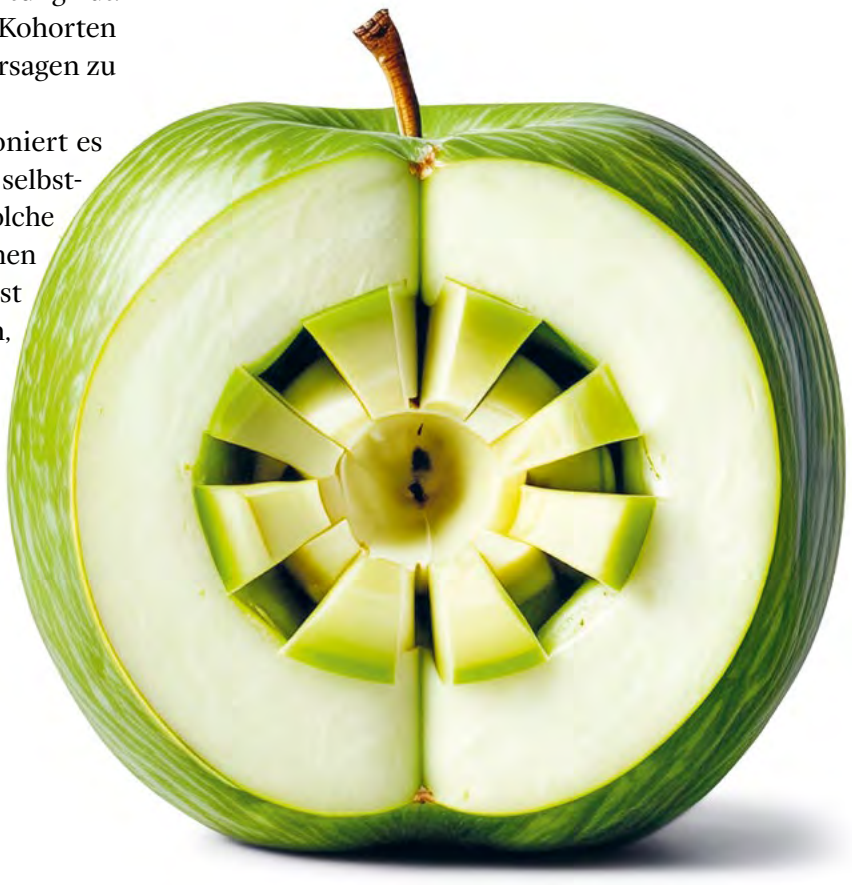
Ohne die selbstlernenden Computerprogramme wäre eine solche Datenflut gar nicht beherrschbar, aber mit ihnen kommen valide Ergebnisse zustande.

Krankheiten entweder gänzlich zu verhindern oder zumindest hinauszuzögern“, sagt Eils. Das Ziel: gesünder alt zu werden. Womöglich sogar älter.

Dabei blickt Eils’ Team keineswegs nur auf einzelne Erkrankungen. Seine KI erfasst aus anonymisierten Daten von Krankenversicherungen rund 2000 verschiedene Krankheitssymptome, von Herzkreislauf- über Stoffwechsel- bis hin zu Augenerkrankungen und verschiedensten Krebsformen. „Wir nutzen Daten zu allen Krankheiten, die es auf diesem Planeten gibt“, sagt Eils. So erkennt die Deep-Learning-KI anhand von medizinischen Daten, die Freiwillige an die UK Biobank gespendet haben, welcher Mensch mit welchen Diagnosen und Symptomen später welche anderen Krankheiten entwickelt und welche Lebenserwartung hat. Die KI wird dann in Beta-Tests mit anderen Kohorten von Menschen angewendet, um ihre Vorhersagen zu überprüfen.

„Für rund 1500 Erkrankungen funktioniert es schon gut“, sagt Eils und betont: Ohne die selbstlernenden Computerprogramme wäre eine solche Datenflut gar nicht beherrschbar, aber mit ihnen kommen valide Ergebnisse zustande. So lässt sich anhand von Blutwerten vorhersagen, welche Personen ein besonders hohes Risiko haben, Diabetes oder eine Herzmuskelschwäche zu entwickeln. Zu den Blutwerten gehören Klassiker wie der Cholesterin- und der Blutzuckerspiegel, aber noch viele weitere Stoffwechselprodukte, die weniger bekannt sind. Was Eils dabei selbst erstaunt: Die Vorhersagemodelle arbeiten zuverlässig über verschiedenste Gesundheitssysteme und unterschiedliche Ethnien hinweg.

Nun weiß man natürlich längst, was man tun muss, um gesund alt zu werden: mehr Bewegung, gesünderes Essen, weniger Alkohol, keine Zigaretten. Braucht es da noch mehr Appelle? Eils ist überzeugt: Wenn eine geprüfte KI Menschen aufgrund ihrer persönlichen Lebensgeschichte ihre individuellen Risiken vorrechnet und etwa sagt: „Ihr Risiko für Lungenkrebs beträgt in den kommenden zehn Jahren 95 Prozent, wenn Sie nicht aufhören zu rauchen!“, dann ist die Motivation eine ganz andere, es tatsächlich zu tun. „Die Botschaft muss persönlich ankommen.“ Und sie muss verlässlich sein. Dann kann sie auch ruhig von so etwas Unpersönlichem wie einer KI stammen.



Albert fragt: Wie können die Heilkräfte der Natur die konventionelle Medizin bereichern?

Georg Seifert ist Professor für Naturheilkunde und Integrative Medizin in der Kinderheilkunde an der Charité – Universitätsmedizin Berlin und Leiter des Charité Competence Center for Traditional and Integrative Medicine (CCCTIM). Der Schwerpunkt seiner Forschung liegt auf komplementären und integrativen Verfahren.

Bei akuten Erkrankungen ist die konventionelle Medizin oft sehr wirksam. Häufig fehlt jedoch der ganzheitliche Blick auf Gesundheit. Naturheilkunde und traditionelle Verfahren bieten dafür ein großes Spektrum an Strategien: ein umfassendes System aus Ernährungs-, Bewegungs- und Verhaltensempfehlungen. Die Kneippsche Gesundheitslehre ist das bekannteste mitteleuropäische Beispiel für ein solches Konzept.

Gerade bei lebensstilbedingten Erkrankungen braucht es komplexe Interventionen: Übergewicht beispielsweise entsteht selten aus einer einzigen Ursache – neben Ernährung und Bewegung muss auch die mentale Gesundheit beachtet werden. Die Wirksamkeit ganzheitlicher Behandlungsansätze können wir überprüfen, indem wir qualitative Methoden zur Ermittlung der Patientenperspektive mit der quantitativen Datenanalyse von Laborwerten und Biosignalparametern kombinieren. So ergibt sich eine Art Evidenzmosaik.

Ein Schwerpunkt liegt auf Prävention und der Förderung von Gesundheitskompetenz: Besonders bei belastenden Therapien wie einer Krebsbehandlung können gezielte Trainings, Ernährungsempfehlungen oder Mind-Body-Ansätze die Resilienz der Patient:innen stärken. Die Charité setzt zudem auf pflanzenbetonte, vollwertige Ernährung in der Patient:innenversorgung.

Die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts machen ein Umdenken von Gesundheitssystemen hin zu Präventionssystemen notwendig – chronische Krankheiten nehmen zu, die Bevölkerung altert, Versorgungssysteme stoßen an ihre Grenzen. Weil Hochleistungsmedizin global nicht flächendeckend verfügbar ist, setzt auch die WHO künftig verstärkt auf integrative Verfahren.



Grenzenlos gesund

Interview Mirco Lomoth
Fotos Stefanie Loos

Pandemien, multiresistente Erreger oder mentale Probleme machen vor Ländergrenzen nicht Halt. Die Global-Health-Forschung widmet sich diesen Herausforderungen aus medizinischer, epidemiologischer, sozioökonomischer und politischer Sicht. In Berlin bringen die Kinderinfektiologin Beate Kampmann und der Präsident des World Health Summit, Axel Pries, den Forschungsschwerpunkt voran und werben für die Anerkennung seiner politischen Relevanz. Mit **ALBERT** sprachen sie über die Herausforderungen für Gesundheit in einer stark vernetzten Welt

Sie beide schauen auf Krankheit und Gesundheit aus einer globalen Perspektive. Mal provokativ gefragt: Was geht es uns an, ob die Menschen in Asien oder Afrika gesund sind?

Kampmann Gesunde Menschen können mehr zur Gesellschaft und ihrer Stabilität beitragen – etwa, indem sie ihre Arbeitskraft bereitstellen. Kranke Leute haben andere Prioritäten. Länder zu stärken und ihnen zu helfen, ihre Gesundheitssysteme aufzubauen, ist überdies geopolitisch klug. Wenn wir das tun, schaffen wir Vertrauen im internationalen Dialog und in der Diskussion um europäische Werte.

Pries Als wohlhabendes Land haben wir eine humanitäre Verantwortung gegenüber ärmeren Ländern. Wir müssen aber auch aus eigennützigen Gründen daran interessiert sein. Gesundheitliche Probleme in anderen Ländern haben früher oder später Auswirkungen auch bei uns, etwa durch die Ausbreitung von Infektionskrankheiten, politische Krisen, Flüchtlingsbewegungen oder instabile Exportmärkte. Wir leben nicht auf einer Insel der Glückseligen und können die anderen sich selbst überlassen. Ein deutsches Engagement für globale Gesundheit dient auch dazu, eine gute gesundheitliche und wirtschaftliche Zukunft für die deutsche Bevölkerung zu sichern.

Es ist also sinnvoll, deutsche Steuergelder in die globale Gesundheit zu investieren?

Pries In jedem Fall. Denn nur mit stabilen und leistungsfähigen Partnerländern, in denen die Menschen gesund sind, kann man zuverlässig Waren und Ideen austauschen. Deutschland ist ein Exportland und hat gerade im Bereich Gesundheit enorm viel anzubieten – von medizinischer Technik und pharmazeutischen Präparaten bis hin zu einem erprobten Modell für Sozialsysteme. Humanitäre und ökonomische Interessen schließen sich nicht aus. „Tue Gutes und verdiene Geld damit" kann ein Win-win für beide Seiten sein, wenn es transparent und fair gestaltet wird.

Kampmann Wir müssen von der kolonialen Tradition der Einbahnstraßenbeziehung der „Hilfeleistungen" wegkommen und partnerschaftliche Investitionsmodelle entwickeln. Viele Länder des globalen Südens wollen kein einseitiges Hilfemodell mehr. Es ist ja nicht so, dass diese Länder alle kein Geld haben. Sie sind durchaus in der Lage, Verantwortung zu übernehmen. Und wir können einiges von ihnen lernen. In Deutschland haben wir jetzt zum Beispiel Fälle von Dengue, Zika oder Chikungunya. Die sind in Südostasien weit verbreitet, aber wir kennen uns damit nicht gut aus. Wenn hier jemand mit Dengue-Schock ankommt, sind wir erst einmal aufgeschmissen. Auch um darauf vorbereitet zu sein, sind gleichberechtigte Partnerschaften unheimlich wertvoll.

„Länder zu stärken und ihnen zu helfen, ihre Gesundheitssysteme aufzubauen, ist geopolitisch klug. Wenn wir das tun, schaffen wir Vertrauen im internationalen Dialog."

Beate Kampmann

Wenn Sie mit ihren jeweiligen Brillen als Infektiologin und als Physiologe auf die aktuelle Situation schauen, welche Krankheiten sind global derzeit am besorgniserregendsten?

Kampmann Infektionskrankheiten bleiben global gefährlich – COVID-19 hat das gezeigt. Und sie können überall entstehen. Das beweist die Verbreitung von Vogelgrippe H5N1 in den USA, die uns viel Sorge bereitet. Wir müssen uns darauf einstellen, dass sich durch den Klimawandel Tiere ausbreiten, die Krankheiten übertragen, und zunehmend neue Infektionskrankheiten auftreten; durch Überflutungen beispielsweise Salmonellenerkrankungen oder Cholera. Zudem nehmen Antibiotikaresistenzen überall zu, nicht nur in Afrika oder Asien, auch hier an der Charité. Weltweit sterben geschätzt über eine Million Menschen pro Jahr an resistenten Erregern.

Pries Zusätzlich zu den Infektionskrankheiten gibt es viele nicht-übertragbare Erkrankungen, die sich global verbreiten. Diese werden in der Öffentlichkeit zwar weniger als akute Bedrohung wahrgenommen, aber sie gefährden ein gesundes, aktives Leben genauso wie Infektionskrankheiten und sind global sogar die häufigste Todesursache. Dazu gehören Herz-Kreislauf-Erkrankungen und metabolische Erkrankungen wie Diabetes. Übergewicht ist eine globale Epidemie, die keineswegs vom Süden in den Norden geschwappt ist, sondern aufgrund von Ernährungsmustern und Lebensstilen eher in die umgekehrte Richtung. Herzschwäche, also Herzinsuffizienz, ist in Afrika inzwischen genauso relevant wie bei uns – und genauso gefährlich für die Betroffenen. Aber auch psychische Erkrankungen spielen zunehmend eine Rolle, gerade für Jugendliche und junge Erwachsene (↗ S. 84).



Beate Kampmann ist seit 2023 Professorin für Globale Gesundheit und wissenschaftliche Direktorin des Charité-Zentrums für Globale Gesundheit sowie des Instituts für Internationale Gesundheit. Zuvor leitete sie den Lehrstuhl für pädiatrische Infektionen und Immunität an der London School of Hygiene and Tropical Medicine.

Axel Radlach Pries ist Professor für Physiologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin und seit 2021 Präsident des World Health Summit. Zuvor war er Dekan und Mitglied des Vorstands der Charité, Interims-CEO des Berlin Institute of Health (BIH) sowie Leiter des Physiologischen Instituts der Charité.

Wenn die meisten Krankheiten global verbreitet sind, umfasst Global Health dann alle Bereiche der Medizin – oder wie lässt sich das Konzept eingrenzen?

Kampmann Wenn man über Gesundheit oder Krankheit nachdenkt, denkt man zunächst an Einzelpersonen und das persönliche Wohlergehen. Dehnen wir das auf den Umkreis der Familie oder eine Gemeinschaft aus, sind wir bei *Public Health*, also öffentlicher Gesundheit. Das Forschungsfeld *Global Health* schaut auf den größeren Lebensraum, in dem wir uns alle befinden. Es umfasst nicht nur Krankheiten, sondern auch Gesundheitssysteme und sozioökonomische Determinanten für ein gesundes Leben: Wenn man zum Beispiel keine Krankenversicherung hat und keinen Zugang zu medizinischer Versorgung, ist das zwar ein persönliches Problem, aber auch ein öffentliches und ein globales. Denn die Gesundheitsversorgung ist nicht für alle Menschen gleich zugänglich und in ärmeren Ländern eher unzureichend, woraus Spannungen entstehen. Der persönliche Zugang zur Gesundheitsversorgung hat also immer auch eine sozioökonomische und politische Dimension.

Pries Global Health wird oft noch mit der Sichtweise der Kolonialzeit als Tropenmedizin missverstanden, also als eine Spezialmedizin für bestimmte Erkrankungen des globalen Südens. Das greift aber zu kurz. *Global Health* ist heute eher *Health Globally*, also Gesundheit für alle, überall auf der Welt.

Die Versorgung mit Medikamenten gegen Herzinsuffizienz ist überall relevant. Sie kann aber sehr unterschiedlich sein, weil die Gesundheitssysteme und Lebensbedingungen zwischen und innerhalb von Ländern sehr verschieden sind. Global Health ist der Versuch, überall eine Gesundheitsversorgung zu gewährleisten, die ähnlichen Qualitätsstandards entspricht, sich aber an lokale Bedingungen anpasst.

Wie könnte so ein lokal angepasstes Global-Health-Projekt aussehen?

Kampmann Ein Beispiel ist der Impfstoff gegen Gebärmutterhalskrebs. Wenn man den regelmäßig an Teenager austeilt, dann tritt diese Krebsart fast nicht mehr

„Global Health ist der Versuch, überall eine Gesundheitsversorgung zu gewährleisten, die ähnlichen Qualitätsstandards entspricht, sich aber an lokale Bedingungen anpasst."

Axel Pries

auf. In wohlhabenden Ländern gibt es eine regelmäßige Vorsorge, aber in vielen ärmeren Ländern nicht. Dort stirbt eine Vielzahl von Frauen daran. Wenn man dort ein Impfprogramm aufsetzt, muss man sich fragen, ob man es mit einer Diagnostik kombinieren kann, die auch jenen Personen, die nicht geimpft werden können, weil sie zu alt sind, eine Perspektive anbietet, die sie hier bei uns auch hätten. Ein anderes Beispiel ist die Bereitstellung von Selbsttests für HIV. Die Infektionskrankheit ist weiterhin mit einem großen Stigma belegt, viele Betroffene vermeiden daher öffentliche Gesundheitszentren und bevorzugen eigene Diagnostik.

Pries Während der COVID-19-Pandemie kam die Frage auf, wie man mit Verstorbenen umgeht und wie das in die jeweilige Kultur hineinpasst. Wenn man da einfach eine One-size-fits-all-Lösung vorschreibt, mag das auf den ersten Blick wissenschaftlich korrekt sein, aber es kann kulturell und menschlich große Probleme verursachen. In bestimmten Kulturen erfordern die Bestattungsriten einen persönlichen Kontakt mit dem Leichnam vor dem Tod. Man kann Gesundheit nicht mit den simplen Regeln der Medizin gleichsetzen. Die Medizin gibt vor, was wünschenswert ist, aber Gesundheit erfordert die Einbettung in das soziale Umfeld. Gerade während der COVID-19-Pandemie sind hier Fehler gemacht worden, die das Vertrauen in die Medizin langfristig verringert haben.

In Berlin gibt es seit 2023 das Charité Center for Global Health – welchen Fragen widmet es sich?

Kampmann Das Center bringt Forschende zusammen, die sich mit Konzepten von Global Health auseinandersetzen und sich auf spezifische Arbeitsbereiche spezialisiert haben – etwa Infektionskrankheiten, Frauengesundheit, mentale Gesundheit sowie Methoden der Modellierung, digitale Hilfsmittel im Gesundheitswesen oder qualitative und quantitative Ansätze in der Forschung. Damit ist ein Ökosystem entstanden, in dem Arbeitsgruppen inhaltlich und methodisch voneinander lernen und für interdisziplinäre Projekte und internationale Kooperationen zusammenkommen.

Pries Rudolf Virchow hatte bereits erkannt, dass Gesundheit nicht nur medizinisch, sondern auch politisch gefördert werden muss, zum Beispiel durch die Verbesserung der Lebensbedingungen. Genauso hat die Charité verstanden, dass Gesundheit und Wohlstand für die deutsche Bevölkerung nicht nur in Deutschland, sondern auch durch globale Partnerschaften gesichert werden muss. Hier spielt das Center eine zentrale Rolle als Akteur, Kristallisationspunkt und Ideengeber.

Wie gut ist Berlin in der Global-Health-Forschung aufgestellt?

Kampmann Die Berlin University Alliance (BUA) als Zusammenschluss der drei Berliner Universitäten und der Charité hat Global Health 2019 zu einem Schwerpunktthema gemacht. Seither wurden viele interdisziplinäre Forschungsprojekte gefördert, die den medizinischen mit einem sozialwissenschaftlichen Blick verbinden. Wichtig ist zudem der WHO Hub for Pandemic and Epidemic Intelligence, eine Zweigstelle der Weltgesundheitsorganisation in Berlin, sowie das Robert Koch-Institut. Gemeinsam bieten wir Trainingsmöglichkeiten im neuen PhD-Programm Global Health sowie den Austausch mit Kolleg:innen aus dem globalen Süden.

Für mich war immer klar, dass ich Global-Health-Forschung innerhalb Deutschlands nur in Berlin betreiben werde, denn hier sind wir sowohl wissenschaftlich als auch mit der Nähe zur Politik sehr gut aufgestellt.

Und es gibt hier den jährlichen World Health Summit, dessen Präsident Sie sind, Herr Pries …

Pries Die Konferenz hat sich seit der Gründung durch Detlev Ganten mit Unterstützung der damaligen Bundeskanzlerin Angela Merkel im Jahr 2009 sehr

dynamisch entwickelt. Das war der Anfang von Global Health in Berlin. Zuletzt haben über 4000 Menschen teilgenommen, und es wird uns von unseren Partnern weltweit gespiegelt, dass sie den World Health Summit als eine der wichtigsten, wenn nicht sogar die wichtigste Gesundheitskonferenz erachten, um strategische Lösungen für alle Aspekte von *Health Globally* zu entwickeln. Zusätzlich wirkt der World Health Summit mit der WHS Academic Alliance als global agierende Plattform führender Global-Health-Universitäten und -Organisationen weltweit.

Die Einstein Stiftung Berlin fördert ab 2026 eine Einstein Research Unit (ERU) zu technologischen Aspekten von Global Health. Welche Ziele haben Sie sich damit gesetzt, Frau Kampmann?

Kampmann An diesem neuen und spannenden interdisziplinären Ansatz sind Forscher:innen aus allen vier BUA-Institutionen sowie sieben afrikanischen Partnerinstitutionen beteiligt. Es ist weithin bekannt, dass viele technologische Ansätze in der Medizin zwar gut gemeint sind, aber nicht zum gewünschten Erfolg führen. Ziel der ERU wird es daher sein, stärkere Bezüge zu den Endnutzer:innen solcher Technologien herzustellen. Dazu haben wir drei Fallstudien entwickelt, die sich auf die verschiedenen Stadien innerhalb des Technologiezyklus beziehen – von der Technologieentwicklung über Prototypen bis zur Implementierung. Eine der Fallstudien dreht sich um Impfstoffforschung.

Seit der Pandemie gibt es Initiativen, Impfstoffe auch in Afrika herzustellen, wo bisher über 90 Prozent importiert werden. Wir wollen Kühlketten analysieren und darauf schauen, wie die unterschiedlichen Interessensgruppen – Regulationsbehörden, Industrie, Familien und Gesundheitsfachkräfte – zur lokalen Impfstoffproduktion stehen und wie sie interagieren. Die anderen Fallstudien befassen sich mit der Vermeidung von Antibiotikaresistenzen in Afrika und der Entwicklung eines digitalen Ansatzes für depressive Jugendliche. Gemeinsam mit unseren Partnern vor Ort geht es uns darum, partizipative Methoden für die Technologieeinführung zu entwickeln – und zu teilen.

Es wird also eine Forschung mit den Menschen sein?

Kampmann Genau. In der Vergangenheit bedeutete globale Gesundheitsforschung meist, dass weiße Leute nach Afrika fahren und versuchen, dort Gutes zu tun – die bereits erwähnte Einbahnstraße. Uns geht es heute darum, die großen Herausforderungen der globalen Gesundheit mit Institutionen und Universitäten in den Partnerländern gemeinschaftlich anzugehen und eine Forschungsagenda zu entwickeln, die maßgeblich von denjenigen bestimmt wird, die die Veränderungen am dringendsten brauchen.

Wie verbreitet ist diese partnerschaftliche Zusammenarbeit denn schon?

Kampmann Es gibt in Berlin ein neues Bestreben für die Umsetzung internationaler Kollaborationen. Die Berlin University Alliance hat 2024 die Africa Charter for Transformative Research Collaborations unterzeichnet. Jetzt geht es darum, diese Prinzipien umzusetzen. Dafür müssen administrative Strukturen und Gesetze geändert werden.

Gerade in Afrika wurde während der COVID-19-Pandemie viel Vertrauen zerstört – es gab massive Kritik an der Fairness der Verteilung von Impfstoffen und Schutzmaterial. Wie stehen da die Chancen für vertrauensvolle Partnerschaften?

Pries Ich glaube, wir haben daraus gelernt, und im Kontakt mit Afrika höre ich, dass die Menschen vor Ort durchaus verstehen, dass wir in Europa auch große Probleme in den COVID-19-Zeiten hatten. Mit dem Internationalen Pandemieabkommen ist es gelungen, Gegensätze zwischen Ländern des Nordens und des Südens partiell zu überwinden, um den nächsten Schritt gemeinsam zu gehen. Gerade aus Afrika wird sehr positiv auf Europa und Deutschland geschaut und man wünscht sich mehr Aktivität von unserer Seite. Das passt auch zur Rolle, die Global Health für Deutschland politisch und wirtschaftlich spielen könnte – wenn man die Chancen ergreift.

Kampmann Afrika hat sich mittlerweile in vielen Bereichen aber auch unabhängige, eigene Ziele gesetzt. Beispiele dafür sind Organisationen wie die African Union, die Africa-CDC (Africa Centres for Disease Control and Prevention) und die African Research Universities Alliance (ARUA).

Derzeit wird das globale Gesundheitssystem offensiv infrage gestellt. Wohin steuert es?

Pries Es ist völlig klar, dass die globale Gesundheitsarchitektur erschüttert ist und neu aufgebaut werden muss. Die Grundfesten für diese Struktur wurden nach dem Zweiten Weltkrieg und teilweise schon nach dem Ersten Weltkrieg mit der Überzeugung errichtet, dass man auf dieser Welt nur dann eine sichere Zukunft

„Bei aller Kritik am UN-Nachkriegssystem war es in den letzten drei Dekaden so erfolgreich und dynamisch wie nie zuvor, aber es ist jetzt an sein Ende gekommen und braucht eine Metamorphose."

Axel Pries



haben kann, wenn man multilaterale Regeln und Institutionen schafft. Diese Idee wird jetzt unter dem Gesichtspunkt des nationalen Eigennutzes und nationaler Souveränität angegriffen. Wenn aber jeder nur für sich und gegen alle anderen kämpft, dann werden wir gemeinsam untergehen. Auf dieser Welt, die immer kleiner wird und auf der wir zunehmend mit globalen Problemen wie der Klimakrise oder der Gefahr globaler militärischer Auseinandersetzungen konfrontiert sind, können wir nur überleben, wenn wir zusammenarbeiten. Das heißt, wir müssen das kooperative System wiederbeleben und weiterentwickeln.

Kann man die aktuelle Situation auch als Chance für Reformen wahrnehmen?

Kampmann Für einen neuen Multilateralismus müssen wir zusätzliche Partner ins Boot holen. Da gibt es schon Beispiele im globalen Gesundheitssystem, etwa die neue Bedeutung Indonesiens als Geldgeber für die Gavi-Impfallianz. China wird auch eine größere Rolle spielen. Dass es so viel Abhängigkeit von der Finanzierung durch die USA gab, war längerfristig nicht tragbar. Man kann aber auch nicht einfach den Hahn abdrehen, dann kommen Millionen Menschen zu Schaden. Das ist alles modelliert – für Tuberkulose, HIV oder die Gesundheit von Frauen. So zu handeln ist verantwortungslos.

Pries Die Chance liegt darin, jetzt ein vernünftiges System zu entwickeln. Im Nachkriegssystem haben bestimmte Nationen eine Struktur geschaffen, in der sie humanitäre Ziele und eigene Interessen verbinden konnten, ohne öffentlich über ihre strategischen Ziele zu sprechen. Das wird der globale Süden nicht länger akzeptieren. Ein neues Konstrukt muss transparent, fair, partnerschaftlich und nachhaltig sein und allen Beteiligten Vorteile bringen. Keine leichte Aufgabe in der gegebenen geopolitischen Situation – aber eine, die wir bewältigen müssen!

War das westlich dominierte Nachkriegsmodell nicht auch eine Erfolgsstory?

Kampmann Die globale Ausrollung von Impfstoffen hat enorm dazu beigetragen, dass die Kindersterblichkeit massiv gesunken ist. Aber auch die Bemühungen um sauberes Wasser waren eine wichtige Intervention. Es braucht nun eine Reformierung und Stärkung der Gesundheitssysteme in ärmeren Ländern. Dabei geht es um den gleichberechtigten Zugang zu medizinischen Dienstleistungen, Digitalisierung, die Ausbildung von Gesundheitspersonal oder auch verlässliche Elektrizität für Kühlschränke, in denen Impfstoffe lagern.

Pries Bei aller Kritik am UN-Nachkriegssystem war es in den letzten drei Dekaden so erfolgreich und dynamisch wie nie zuvor. In Afrika haben sich die Ärzte vor

15 Jahren noch jeden Tag um die Sterblichkeit von Kindern unter fünf Jahren kümmern müssen. Jetzt schauen sie auch auf Tumorerkrankungen oder Herzinsuffizienz bei über 60-Jährigen. Es gab eine dramatische Steigerung in der Lebenserwartung. Insofern war das System extrem erfolgreich, aber es ist jetzt an sein Ende gekommen und braucht eine Metamorphose.

Sie beide haben sehr viel in den Aufbau der Global-Health-Forschung in Berlin investiert. Was ist Ihre persönliche Mission hierbei?

Pries Für mich ist die Mission für Global Health so positiv besetzt, dass ich vieles, was nicht klappt, gerne in Kauf nehme. Ich würde mir aber wünschen, dass alle mal aus ihrer professionellen Rolle heraustreten und sich fragen: Wie wird es unseren Kindern und Enkeln gehen? Ich nenne das einen Generationen-Imperativ: Tu nur Dinge, von denen du annehmen kannst, dass deine Enkel dich in 30 Jahren dafür nicht kritisieren werden. Wenn wir das gemeinsam schaffen, wären wir deutlich weiter.

Kampmann Verantwortung ist Teil des ärztlichen Daseins. Wir haben als Mediziner eine persönliche Verantwortung für die Patient:innen, die darauf vertrauen, dass wir positiv zu ihrer Gesundheit beitragen. Wir haben aber auch die gesellschaftliche Verantwortung, dass unser Tun dem größeren Ganzen nützen kann. Ich habe sehr lange im Ausland gelebt und hatte das Privileg, viele Kulturen und Gesundheitssysteme kennenlernen zu dürfen. Ich bin überzeugt, dass es uns allen auf dieser Welt etwas besser gehen kann, wenn wir von persönlichem Macht- und Profitdenken mehr Abstand nehmen und uns dafür gemeinsam anstrengen.



Global-Health-Forschung in Berlin
Die Charité – Universitätsmedizin Berlin gründete 2023 das Charité Center for Global Health, das Forschung zu global relevanten Gesundheitsthemen bündelt und die Kooperation mit politischen Entscheidungsträger:innen und Akteur:innen im Gesundheitssektor unterstützt. Wichtige Partnerinstitutionen in Berlin sind der WHO Hub for Pandemic and Epidemic Intelligence und das Robert Koch-Institut. Der Berliner Universitätsverbund Berlin University Alliance hat Global Health 2020 als eine „Grand Challenge" definiert und mehrere Forschungsprojekte in dem Bereich gefördert. Die Einstein Stiftung Berlin unterstützt eine Einstein Research Unit zum Thema „Technologies in Global Health – From innovation to users (and back)". Zudem findet in Berlin seit 2009 der jährliche World Health Summit statt, eine bedeutende internationale Zusammenkunft zum Thema Innovationen für die globale Gesundheit.

Albert fragt: Bestimmt die innere Uhr, wie gesund wir sind?

Achim Kramer leitet den Arbeitsbereich Chronobiologie an der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Er interessiert sich besonders für das Verständnis der molekularen Grundlagen der „inneren Uhr“ und wie dies in der Medizin zum Wohle der Patient:innen genutzt werden kann.

Die „innere Uhr“ ist ein molekulares Programm, das in nahezu jeder Körperzelle abläuft. Sie steuert unseren Schlaf-Wach-Rhythmus sowie Hormonproduktion, Stoffwechsel und vieles mehr. Licht spielt eine zentrale Rolle – der ultimative Taktgeber ist jedoch eine kleine Struktur im Gehirn: der suprachiasmatische Nukleus. Er sorgt beispielsweise dafür, dass wir nicht einfach einschlafen, sobald es dunkel wird.

Die meisten Menschen haben einen „normalen“ Chronotyp: Sie gehen etwa um 23 Uhr ins Bett und wachen von selbst gegen 7 Uhr auf. Es gibt aber auch „Lerchen“ und „Eulen“. Dieser individuelle Rhythmus ist genetisch verankert, kann sich aber durch äußere Einflüsse verschieben: Schichtarbeit, nächtliches Essen, früher Schulbeginn, Bildschirmlicht am Abend oder unregelmäßige Schlafzeiten bringen unsere innere Uhr aus dem Takt. Das kann Folgen für die Gesundheit haben. Zahlreiche Studien zeigen: Eine gestörte innere Uhr steht im Zusammenhang mit Stoffwechselerkrankungen, Depressionen, Herz-Kreislauf-Problemen und sogar neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer.

Lange galt der persönliche Chronotyp als schwer messbar. Inzwischen kennen wir objektive Marker im Blut oder in Haarwurzeln, mit denen sich der individuelle Typ bestimmen lässt. Auch in der Medizin findet das Wissen der Chronobiologie zunehmend Anwendung: Auf manchen Intensivstationen hilft gezielte Lichtsteuerung dabei, das Risiko postoperativer Delirien zu senken. Zudem weiß man, dass Medikamente oft besser wirken, wenn sie zur richtigen Tageszeit verabreicht werden – ein Ansatz, der als „Chronomedizin“ bekannt ist.

Gute Gründe

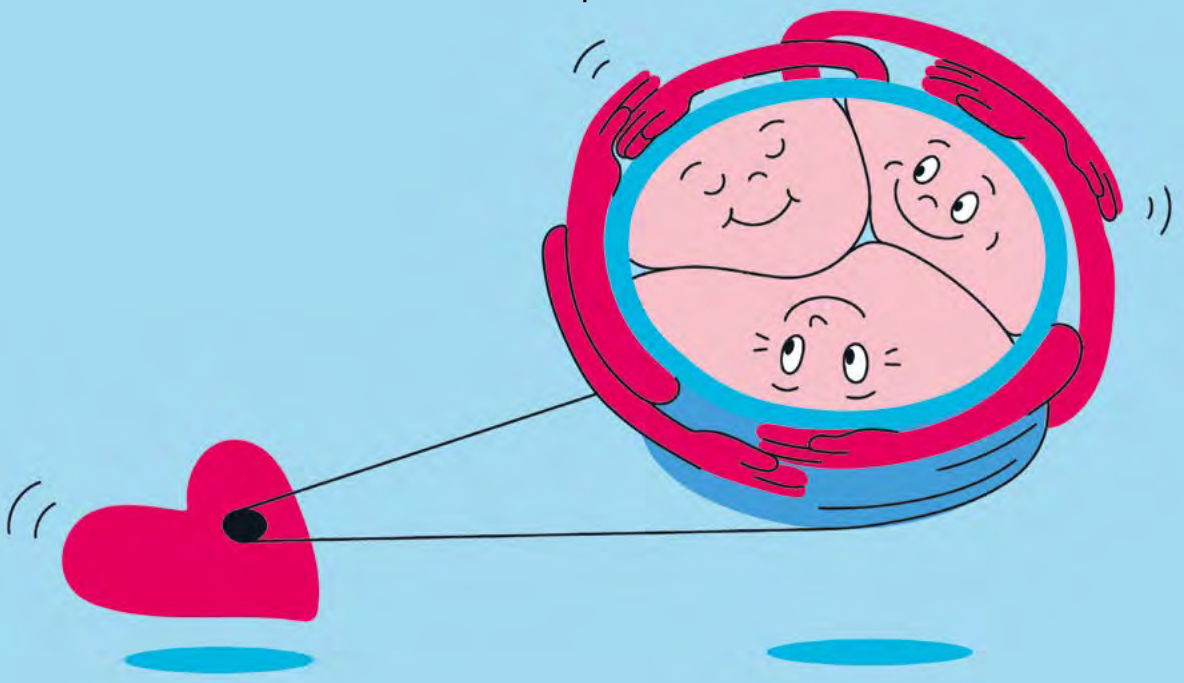


Illustrationen Doro Spiro

Berliner Start-ups tragen wertvolle Erkenntnisse aus der biomedizinischen Forschung in die Praxis. Sie bringen das Immunsystem im Kampf gegen Krebszellen auf Trab, züchten haltbare Herzklappen oder Implantate, die Knochen zur Heilung anregen

Zielgenaue Immunzellen

Captain T Cell



Den Krebs von innen heraus bekämpfen: Statt Medikamente zu spritzen, die den Tumor von außen attackieren, trainiert das Berliner Biotech-Start-up Captain T Cell um CEO Felix Lorenz das Immunsystem selbst zum Tumorjäger. Die dafür genutzten T-Zellen werden im Labor umprogrammiert, um Krebszellen präzise zu erkennen und zu vernichten. Ziel ist eine Zelltherapie, die auch bei soliden Tumoren wirksam und besser verträglich ist.

Herr Lorenz, wie bringen Sie das Immunsystem dazu, dass es Tumorzellen gezielt angreift?

Wir arbeiten mit T-Zellen, die im Körper Zellen aufspüren und abtöten, die für den Körper problematisch werden können, etwa virusinfizierte oder entartete Zellen. Für unsere Therapie isolieren wir diese Zellen aus dem Blut der Patient:innen und statten sie gentechnisch mit neuen Rezeptoren aus. Diese wirken wie eine Art Brille, mit der die T-Zellen die Tumorzellen zuverlässig identifizieren können, um sie dann anzugreifen. Anders als bei Blutkrebs sind solide Tumorzellen wie bei Lungen- oder Blasenkrebs in Gewebe eingebettet und verteidigen sich aktiv gegen das Immunsystem. Daher statten wir die T-Zellen mit weiteren genetischen Funktionen aus, die ihnen helfen, sich im feindlichen Tumormilieu zu behaupten. Am Ende erhält der Patient seine eigenen, „upgegradeten" T-Zellen per Infusion zurück. Ermutigende Ergebnisse in vielen vorklinischen Versuchen machen uns zuversichtlich, dass unser Therapieansatz später auch Patient:innen helfen wird.

Wer darf auf die Therapie hoffen?

Unsere Therapie richtet sich an Patient:innen mit bestimmten soliden Tumoren. Vor der Behandlung prüfen wir anhand von Blut- und Gewebeproben, ob die Krebszellen die molekulare Signatur tragen, auf die unsere T-Zellen programmiert sind. Ist das der Fall, kann die „Brille" unserer T-Zellen die Tumoren zuverlässig erkennen.

Wie lang ist der Weg von der Idee bis zur Marktreife?

Die Idee ist am Max Delbrück Center entstanden, wo wir schon viele Jahre daran geforscht haben, T-Zellen gentechnisch umzuprogrammieren. 2015 reifte dann der Gedanke, ein eigenes Unternehmen zu gründen, um diese Forschung in eine klinische Entwicklung zu überführen. 2023 war unsere Seed-Finanzierungsrunde, sodass wir 2024 starten konnten. Der nächste große Schritt ist die erste klinische Studie, die wir für 2027 planen. Ziel ist es, in fünf bis sechs Jahren die Therapie regulär für Patient:innen verfügbar zu machen.

Spin-off des Max Delbrück Center
Gründungsjahr: 2019
↗ captaintcell.com

Selbstheilende Knochen

Blueprint Biomed



Blueprint Biomed will die Behandlung von Knochenverletzungen grundlegend verändern: Das Team von CEO Aarón Herrera entwickelt Biomaterialien, die den Körper dazu anregen, geschädigtes Gewebe selbst zu regenerieren. Die Implantate sollen stabil, leicht zu handhaben und direkt einsetzbar sein – eine Lösung, die viele Eingriffe überflüssig machen und die Heilung deutlich beschleunigen könnte.

Herr Herrera, wie regen Ihre Materialien den Knochen dazu an, sich selbst zu heilen?

Unsere Implantate bestehen aus einer speziell entwickelten porösen Struktur aus dem Protein Kollagen und Polycaprolacton (PCL), einem biologisch abbaubaren Kunststoff. Diese Kombination schafft ein ideales Umfeld für körpereigene Zellen: Sie werden durch die Struktur des Biomaterials rekrutiert, wandern in das Gerüst ein und bilden dort neues Gewebe. Während das Kollagen den Zellen als Baugerüst dient, sorgt PCL für Stabilität während der Heilung. Beide Bestandteile werden im Verlauf des Heilungsprozesses abgebaut.

Wann werden Ihre Knochenimplantate so belastbar sein wie ein gesunder Knochen?

Zu Beginn stabilisieren unsere Implantate den Defekt mechanisch. Mit der Zeit übernimmt der neugebildete Knochen schrittweise diese Funktion, bis das Implantat durch einen Hydrolyseprozess vollständig abgebaut ist. Das Ergebnis ist ein natürlich gewachsener Knochen, der wieder seine volle Stabilität und Belastbarkeit erreicht. Der Heilprozess kann bis zu zwei Jahre dauern, doch die Belastbarkeit verbessert sich bereits deutlich früher.

Wer wird am meisten von Ihrer Technologie profitieren?

Unsere Technologie richtet sich vor allem an Patient:innen mit komplexen oder größeren Knochendefekten, zum Beispiel nach Unfällen oder mit Pseudarthrosen, bei denen nach einem Knochenbruch ein Spalt bestehen bleibt. Da bei unserem regenerativen Ansatz (↗S.16), anders als bei herkömmlichen Methoden, keine Gewebeentnahme aus einer anderen Körperregion für den Wiederaufbau nötig ist, bedeutet das eine kürzere OP-Dauer und eine geringere Belastung für den Körper. Aber auch Kliniken und Krankenkassen profitieren, denn der operative Aufwand sinkt und damit die Kosten.

Spin-off der Charité – Universitätsmedizin Berlin
Gründungsjahr: 2025
↗ blueprint-biomed.com

Mitwachsende Herzklappen

GrOwnValve



Herzklappenprobleme betreffen weltweit Hunderttausende Neugeborene und Erwachsene. Viele von ihnen müssen mehrfach operiert werden, weil Herzklappen aus tierischem oder künstlichem Material nicht mitwachsen oder im Körper Komplikationen verursachen. Das Berliner MedTech-Start-up GrOwnValve mit Geschäftsführer Boris Schmitt will das ändern: Es entwickelt Herzklappen aus körpereigenem Gewebe der Patient:innen, die im besten Fall ein Leben lang halten.

Herr Schmitt, wie bringt man den Körper dazu, eine neue Herzklappe zu bauen?

Der Körper selbst baut von sich aus keine Herzklappe neu – aber wir sehen, dass der Körper erstaunlich gut auf unsere Methode reagiert. Innerhalb einer Behandlung im OP entnehmen wir etwas Gewebe aus dem Herzbeutel des Patienten, formen daraus mithilfe einer patientenindividuellen 3D-Schablone eine personalisierte Klappe und setzen sie anschließend per Herzkatheter ein. Der Körper erkennt dieses Gewebe als „eigen" und baut es in einem Regenerationsprozess in eine Klappe um. Bewegung, Blutdruck, Wachstumsfaktoren – all das trägt dazu bei, dass sich das Gewebe umbaut und an seine neue Aufgabe anpasst. Wir nennen das Remodeling.

Halten Ihre Herzklappen tatsächlich ein Leben lang?

Das hoffen wir, aber beweisen können wir das erst in einigen Jahrzehnten. Ich sage manchmal: Wir pflanzen heute einen Wald, den wir selbst vielleicht nie in voller Reife sehen werden. Aber alles, was wir bisher beobachten – im Labor, in Tierversuchen und bei den ersten Menschen, die unsere Herzklappen erhalten haben –, deutet darauf hin, dass diese Klappen sehr lange funktionieren können.

Wie schnell nach der OP kann ein Kind wieder herumtoben?

Eine unserer ersten Patient:innen war nach nur drei Wochen schon wieder auf Wandertour – das ist außergewöhnlich. Durch unser minimalinvasives Vorgehen erholen sich die meisten auf jeden Fall sehr viel schneller als nach herkömmlichen Herzklappenoperationen.

Was ist im Moment die größte Hürde, um Ihre Innovation in die breite Anwendung zu bringen?

Tatsächlich die Finanzierung. Viele Investoren konzentrieren sich auf Herzklappen für Ältere, weil der Markt größer ist. Aber gerade für Kinder und junge Erwachsene wäre eine sich regenerierende, lebenslang funktionierende Klappe ein enormer Fortschritt.

Spin-off des Deutschen Herzzentrums Berlin und der Charité – Universitätsmedizin Berlin, Gründungsjahr: 2019
↗ grownvalve.com

Mission Qualität

Nur wenn biomedizinische Studien belastbar sind, kann Medizin Leben retten. Doch viele Studien stehen auf einem wackligen Fundament. Die Forschung muss sich auf eine ihrer größten Stärken besinnen: sich ständig zu hinterfragen

Ein Plädoyer von Jess Rohmann und Ulrich Dirnagl

Im Herbst 2006 verlor das Pharmaunternehmen AstraZeneca innerhalb weniger Wochen rund fünf Milliarden Euro an Marktwert. Was war geschehen? Durch die Veröffentlichung von Studienergebnissen im renommierten *New England Journal of Medicine* erfuhren die Aktionäre, dass die klinische Prüfung einer Therapie gegen akuten Schlaganfall, die in präklinischen Experimenten in Zellkulturen und an Tieren vielversprechend gewesen war, am Menschen kein besseres Ergebnis erzielte als ein Placebo. Der Aktienkurs brauchte Jahre, bis er sich erholt hatte – und auch die Entwicklungskosten von über einer halben Milliarde Euro waren verloren.

Gemeinsam mit einer Gruppe internationaler Wissenschaftler:innen begaben wir uns damals auf die Suche nach den Ursachen für diesen Fehlschlag – und wurden fündig. Wir untersuchten die Qualität der präklinischen Studien, auf deren Grundlage die Entwicklung des Schlaganfallmedikaments erfolgte. Dabei stießen wir auf gravierende Mängel. So waren Tierstudien mit negativen Ergebnissen in der präklinischen Phase häufig nicht veröffentlicht worden, sodass die Daten übermäßig positiv wirkten und ein verzerrtes Bild entstand. Außerdem wurden zentrale Prinzipien des Versuchsdesigns wie eine zufällige Gruppenzuteilung der Versuchstiere (Randomisierung) oder die Anonymisierung bei der Datenauswertung (Verblindung) oft nicht eingehalten. Diese Entwicklung ist kein Einzelfall. Laborergebnisse werden oftmals zu positiv bewertet. Darauf aufbauende klinische Studien haben somit kein belastbares Fundament und scheitern.

Vom Labor zum Menschen – mit Hindernissen

Trotz bahnbrechender Erfolge – etwa der Krebstherapie mit gentechnisch veränderten T-Zellen (CAR-T-Zelltherapie) oder der mRNA-Technologie, die nicht nur die Impfstoffentwicklung während der Pandemie revolutioniert hat, sondern künftig auch bei Krebs und seltenen Erkrankungen eingesetzt werden könnte (↗S. 13) – verläuft der klinische Fortschritt zu langsam. Wir beobachten viele Durchbrüche im Labor, doch zu wenige erreichen tatsächlich die Patient:innen.

Neue Therapien zu entwickeln ist ein langwieriger und äußerst kostspieliger Prozess. Die translationale Kette – von der theoretischen Idee über erste Laborexperimente bis hin zum erfolgreichen Einsatz eines Medikaments zum Nutzen der Patient:innen – ist lang und kann an jedem ihrer Glieder reißen. Selbst nach erfolgreicher Prüfung in einer für die Zulassung entscheidenden und viele Patient:innen umfassenden Phase-III-Studie bleibt die Frage offen, ob die Therapie auch im Alltag wirkt – also außerhalb der kontrollierten Bedingungen akademischer Studienzentren.

Wirkt ein Medikament bei allen gleich?

Um fundierte Aussagen über die Wirksamkeit und Sicherheit neuer Therapien in der breiten Bevölkerung treffen zu können, braucht es Erkenntnisse aus der realen Versorgungspraxis *(Real-World Data)*, etwa aus Registern, Routinedaten oder Beobachtungsstudien. Denn viele Personengruppen werden in klinischen Studien oft gar nicht berücksichtigt, darunter ältere Menschen, Schwangere oder Patient:innen mit mehreren Vorerkrankungen. Dabei kann die Wirkung eines Medikaments je nach Personengruppe unterschiedlich ausfallen. Es ist wichtig zu wissen, ob ein Medikament beispielsweise bei älteren Frauen genauso wirksam ist wie bei jüngeren Männern.

Zudem können seltene Nebenwirkungen unentdeckt bleiben. Kommt eine Nebenwirkung nur bei einer von 10.000 Personen vor, ist es sehr wahrscheinlich, dass sie in einer typischen Zulassungsstudie gar nicht auftritt, weil weniger Menschen teilnehmen. Deshalb sind große Beobachtungsstudien mit vielfältigen Patientenkollektiven sowie Phase-IV-Untersuchungen – also Studien nach der Zulassung eines Medikaments – wichtig, um Nutzen, Risiken und Nebenwirkungen zuverlässig zu überwachen.

Nur scheinbar rasante Fortschritte

Trotz all dieser Unsicherheiten und offenen Fragen entsteht in der öffentlichen Wahrnehmung oft das Bild eines rasanten wissenschaftlichen Fortschritts mit unmittelbar bevorstehenden Durchbrüchen. So wurde das Ende von Krebs oder der Alzheimer-Krankheit schon mehrfach zu Unrecht angekündigt. Dafür gibt es viele Gründe, die über die enorme biologische Komplexität von Krankheiten hinausgehen.

Dank der sogenannten Metaforschung – also der Forschung über Forschung – kennen wir mittlerweile eine Reihe von Ursachen, die mit der mangelnden Qualität wissenschaftlicher Studien zusammenhängen, und können diese gezielt verbessern. Zu den häufigsten Problemen präklinischer Studien zählen das bereits erwähnte Fehlen von Verblindung und Randomisierung, unzureichende Fallzahlen, methodische und statistische Fehler sowie die selektive Auswahl von Daten ohne vorher festgelegte Kriterien und ohne Hinweis auf diese Selektion.

Doch selbst in klinischen Studien, in denen die Qualitätsstandards deutlich strenger sind, kann die translationale Kette reißen. Gründe hierfür können sein, dass Fragestellungen untersucht wurden, die für Patient:innen wenig relevant sind, dass die Planung der Patientenzahl unrealistisch war oder Studienergebnisse gar nicht veröffentlicht werden. Das passiert zum Beispiel, wenn sie keine klaren oder „positiven" (also die gewünschten) Ergebnisse zeigen. Das liegt oft weniger an den Forschenden selbst als vielmehr an den Anreizen im Wissenschaftssystem: Studien mit bahnbrechenden Ergebnissen lassen sich leichter veröffentlichen, werden häufiger zitiert und tragen eher zum beruflichen Aufstieg bei. Durch diesen „Schubladeneffekt" entsteht ein Publikationsbias, der das Gesamtbild der Forschung verzerren kann.

Transparente Studiendesigns und Begutachtung

Ein erfolgreiches Medikament kann nur dann entstehen, wenn in allen Phasen des Forschungsprozesses eine ausreichend hohe Qualität gewährleistet ist – wenn die erhobene Evidenz sowohl valide als auch klinisch bedeutsam ist und von allen Akteur:innen präzise und umfassend kommuniziert wird. Dabei sollten Wissenschaftler:innen ihr Vorgehen transparent darlegen – idealerweise bereits vor Beginn jeder Studie in Form einer sogenannten Präregistrierung. Hier wird das Studienprotokoll – einschließlich Fragestellung, Endpunkte und Auswertungsplan – öffentlich festgelegt und registriert. So kann verhindert werden, dass Fragestellungen oder Analysen nachträglich unangemessen angepasst werden.

Ein zentraler Schritt zur Qualitätssicherung ist die Begutachtung der Studienergebnisse sowie der Methoden, mit denen sie gewonnen wurden, durch Fachleute im Rahmen des sogenannten Peer Reviews. Allerdings ist auch dieser Prozess nicht frei von Mängeln: Schlechte Studien gelangen mitunter in renommierte Fachzeitschriften, während qualitativ hochwertige Arbeiten – insbesondere solche mit „negativen" Ergebnissen, also Studien, die keine oder keine erwarteten Wirkungen zeigen – oft abgelehnt oder weniger beachtet werden. Zudem kann es vorkommen, dass Herausgeber:innen und Redakteur:innen zurückhaltend gegenüber neuen Ideen sind, insbesondere wenn sie Paradigmen infrage stellen. Auch dadurch kann qualitätvolle Forschung unter den Tisch fallen.

Das zeigt: Nicht nur die Qualität des Forschungsprozesses ist von zentraler Bedeutung, sondern auch die Qualität des Begutachtungsprozesses. Auch hier

braucht es mehr Transparenz – etwa durch offene Reviews und Plattformen, auf denen Kommentare und Kritik selbst nach der Veröffentlichung möglich sind. Ebenso wichtig sind eine fundierte Schulung in guter Peer-Review-Praxis sowie eine angemessene Anerkennung der Peer-Review-Tätigkeit, die häufig als zusätzliches Engagement Einzelner vorausgesetzt, aber nicht honoriert wird.

Karriere- und Leistungsbewertung in Schieflage

Könnte eines der Qualitätsprobleme bei den Wissenschaftler:innen und Kliniker:innen selbst liegen? In den meisten Fällen wohl nicht, denn sie sind in der Regel sehr versiert im Umgang mit den von ihnen verwendeten Methoden und Modellen. Entscheidend für ihre wissenschaftliche Karriere sind jedoch Publikationen – idealerweise mit spektakulären Ergebnissen in renommierten Fachzeitschriften. Dabei rückt die Qualität des Studiendesigns schnell in den Hintergrund, während Neuartigkeit und deutliche Effekte stärker gewichtet werden.

Dass sich das Karriere- und Leistungsbewertungssystem in vielen Wissenschaftsbereichen – insbesondere in der Biomedizin – in den letzten Jahrzehnten problematisch entwickelt hat, ist inzwischen bekannt. Bei Berufungen oder der Vergabe von Fördermitteln spielen jedoch quantitative Aspekte wie die Anzahl von Publikationen, Journal-Impact-Faktoren sowie die Höhe eingeworbener Drittmittel häufig eine größere Rolle als Fragen der Forschungsrelevanz, der methodischen Qualität und der Robustheit der Ergebnisse.

Doch es kommt zunehmend Bewegung in die Sache: National wie international wird daran gearbeitet, die Messlatte in Richtung inhaltlicher und qualitativer Bewertung zu verschieben. Die Coalition for Advancing Research Assessment (CoARA) beispielsweise vereint eine Vielzahl wichtiger akademischer Institutionen und Wissenschaftsförderer weltweit, die gemeinsam daran arbeiten, „die vielfältigen Ergebnisse, Praktiken und Aktivitäten anzuerkennen, die die Qualität und Wirkung von Forschung maximieren".

Auch der Einstein Foundation Award for Promoting Quality in Research ist eine solche Initiative. Gemeinsam mit dem QUEST Center for Responsible Research am Berlin Institute of Health der Charité – Universitätsmedizin Berlin würdigt die Einstein Stiftung Berlin damit Arbeiten, die Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Verlässlichkeit in der Forschung voranbringen, mit jährlich insgesamt 350.000 Euro. Ausgezeichnet wurde etwa der Kanadier Gordon Guyatt für sein Engagement für eine Medizin, bei der Therapieentscheidungen auf geprüften Studien und Evidenz beruhen – statt auf Erfahrung oder Tradition. Ebenfalls gewürdigt wurden Pionierleistungen, die das Fundament der Forschung stärken, darunter das Center for Open Science, das Forschung weltweit transparenter und nachvollziehbarer macht.

Wissenschaftliche Forschung gehört unter die Lupe – nicht nur im übertragenen Sinn. Nur wenn wir die Qualität einzelner Studien konsequent prüfen, Verzerrungen vermeiden und Fehler minimieren, können verlässliche Erkenntnisse entstehen. Diese bilden die Grundlage für Übersichtsarbeiten, Leitlinien und Therapieentscheidungen. Die Stärke der gesamten medizinischen Forschung hängt dabei immer von der Qualität der Einzelstudien ab. Dass sich Wissenschaft ständig selbst hinterfragt und überprüft, ist keine Schwäche – im Gegenteil, es ist ihr größtes Kapital. Nur so entsteht Vertrauen in medizinische Entscheidungen, die auf einem soliden Fundament stehen.

Jess Rohmann ist Epidemiologin am Institut für Public Health der Charité – Universitätsmedizin Berlin und am BIH QUEST Center for Responsible Research.

Ulrich Dirnagl ist Schlaganfallforscher und gründete das BIH QUEST Center. Er war bis zu seinem Ruhestand Ende 2025 dessen Direktor.

EINSTEIN FOUNDATION AWARD

award.einsteinfoundation.de

Albert fragt: Warum erkranken viele Menschen an mehreren Krankheiten gleichzeitig?

Birgit Sawitzki ist Professorin für Translationale Immunologie am Berlin Institute of Health (BIH) und Direktorin des Research Center ImmunoSciences an der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Als Biochemikerin erforscht sie die Wechselwirkungen zwischen Immunzellen, die schwere Verläufe akuter Infektionen, Autoimmunerkrankungen oder andere Entzündungsreaktionen auslösen können.

Mit zunehmendem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit, mehrere chronische Krankheiten gleichzeitig zu entwickeln. Doch auch Menschen unter 65 Jahren sind immer mehr davon betroffen. Welche Zusammenhänge es zwischen unterschiedlichen Erkrankungen gibt, ist in Gänze noch gar nicht erforscht. Gut belegt ist aber, dass Niere und Herz, Lunge und Niere oder auch Gehirn und Herz häufig direkt nacheinander erkranken.

Grund dafür ist, dass unsere Organe ständig miteinander kommunizieren – über Hormone, Immunzellen, Blutgefäße oder extrazelluläre Vesikel, also membranumschlossene Partikel. Dass Organe miteinander kommunizieren, ist seit über 100 Jahren bekannt. Allerdings ist diese Inter-Organ-Kommunikation sehr viel komplexer, als man früher dachte. Nach dem Auftreten einer Erkrankung in einem Organ verändert sich die Art und Weise, wie Organe miteinander kommunizieren, sodass in der Folge ein weiteres Organ in Mitleidenschaft geraten kann. Akute Ereignisse wie Infektionen – etwa durch SARS-CoV-2 oder das Epstein-Barr-Virus – können so eine Art Dominoeffekt auslösen. Auch Lebensstilfaktoren wie Bewegungsmangel, ungesunde Ernährung oder Stress haben einen erheblichen Einfluss. Körperliche und psychische Belastungen wirken dabei oft zusammen.

Erste Befunde zeigen, dass bestimmte Medikamente oder auch Impfungen vor Folgeerkrankungen schützen können – etwa gegen Herzschäden bei chronischen Nierenerkrankungen. Um künftig gezielter therapeutisch eingreifen zu können, brauchen wir dringend systematisch und langfristig erhobene Gesundheitsdaten. Genauso wichtig ist die enge Zusammenarbeit von Expert:innen verschiedener Disziplinen – insbesondere aus den Lebens- und Datenwissenschaften –, um mithilfe mechanistischer Untersuchungen und KI-gestützter Modelle zu entschlüsseln, wie Organe im gesunden Zustand zusammenarbeiten und was schiefläuft, wenn eines geschädigt ist.

Stress-stadt



Städte sind bunt, vielfältig und voller Freiräume. Aber sie sind auch laut, voll, oft anstrengend – und belasten unsere Psyche. Die Neurourbanistik ergründet, wie urbane Räume uns krank machen und wie Stadtentwicklung zum Wohlbefinden beitragen kann

Interview Lars Klaaßen
Illustrationen Heimann + Schwantes

Herr Adli, Sie sind in Köln geboren, haben Ihr Leben in vielen Metropolen verbracht und leben nun in Berlin. Wie empfinden Sie die Stadt als Lebensraum?

Mazda Adli Ich bin überzeugter Großstadtbewohner, weil die Stadt für mich viele Vorteile bietet. Aber ich bin auch in der glücklichen Position, diese Vorteile gut nutzen zu können. Grundsätzlich überwiegen die Vorteile der Stadt für die meisten Menschen. Deswegen wachsen die Städte weltweit. Sie bieten bessere Entwicklungs- oder Entfaltungsmöglichkeiten, eine zuverlässigere Gesundheitsversorgung und einen enormen kulturellen Reichtum. Städte sind und bleiben die wissenschaftlichen, politischen, kulturellen und wirtschaftlichen Zentren.

Das Stadtleben kann aber auch sehr belastend sein. Werden Stadtbewohner:innen schneller psychisch krank?

Menschen, die in Städten wohnen, haben ein größeres psychisches Erkrankungsrisiko als Landbewohner. Zumindest in Ländern des globalen Nordens. Das ist für bestimmte Erkrankungen nachgewiesen. Dazu gehört zum Beispiel die Depression, die sich anderthalbmal häufiger in der Stadt als außerhalb zeigt. Auch Angsterkrankungen sind häufiger. Für die Schizophrenie ist besonders gut belegt, dass das Stadtleben mit einem größeren Erkrankungsrisiko korreliert. Es gibt sogar ein doppeltes Dosis-Wirkungs-Verhältnis bei der Schizophrenie: für die Anzahl der Jahre und für die Größe der Stadt, in der jemand aufgewachsen ist. Wir haben uns auf den wissenschaftlichen Weg gemacht, die Gründe für diesen Risikounterschied besser zu verstehen.

Weshalb machen uns die Städte denn krank?

Städte sind schnelllebig und ändern sich kontinuierlich. Gerade hier in Berlin haben wir es mit einer Stadt zu tun, die sich extrem schnell wandelt. Das ist erst mal weder schlecht noch gut. Veränderungen können Menschen unter bestimmten Umständen aber unter Stress setzen. Stadtleben geht mit Stress einher. Das leuchtet uns intuitiv ein: Lautstärke, Luftverschmutzung, Betriebsamkeit, Dichte – all das sind typische Stressoren.

Unsere Forschung soll gesundheitsrelevanten Stress ausmachen. Vieles weist darauf hin, dass vor allen Dingen chronischer sozialer Stress krank macht. Dabei haben wir zwei Unterformen von sozialem Stress besonders im Visier: Dichtestress und Isolationsstress. Soziale Dichte, die man als unkontrollierbar empfindet, kann zu sozialem Stress werden. Aber auch soziale Isolation wird zu Stress, zum Beispiel wenn man mit der Anonymität der Großstadt nicht umgehen kann und mitten unter vielen Menschen Einsamkeit erlebt.

„Menschen, die in Städten wohnen, haben ein größeres psychisches Erkrankungsrisiko als Landbewohner."

Mazda Adli

Und auch Hitzewellen, die uns durch den Klimawandel in der Stadt immer häufiger während der Sommermonate treffen, machen uns psychisch zu schaffen: Menschen werden reizbarer, zwischenmenschliche Auseinandersetzungen nehmen zu, ebenso Fälle von häuslicher und anderer Gewalt sowie suizidale Handlungen. Selbst im Sport zeigt sich das: Steigen die Temperaturen, werden im Fußball mehr rote Karten verteilt. Besonders problematisch wird es, wenn Dichtestress und Isolationsstress zusammenkommen.

Soziale Dichte und soziale Isolation an einem Ort – das klingt paradox.

Dichtestress tritt auf, wenn man es um sich herum als zu beengt empfindet, keinen Rückzugsraum hat oder sich nicht von der Betriebsamkeit der Stadt zurückziehen kann. Das können zum Beispiel schlecht gebaute Häuser verursachen, wo man durch die Wände die Fernseher der Nachbarn dröhnen hört. Zum Dichtestress

kommt Isolationsstress hinzu, wenn man gleichzeitig keinen dieser Nachbarn kennt. Das Gefühl von Einsamkeit ist die subjektive Seite sozialer Isolation und entsteht vor allem dann, wenn man um sich herum zwar Menschen hat, sich jedoch nicht zugehörig fühlt.

Die Neurourbanistik führt Gesundheitsforschung und Stadtforschung zusammen. Sie umfasst Bereiche wie Psychiatrie, Stadtplanung, Psychologie, Neurowissenschaften, Architektur, Soziologie, Philosophie und Geografie. Was ist das Neue an diesem interdisziplinären Ansatz?

Neu ist die Zusammenführung all dieser Kompetenzen mit einer konkreten Zielrichtung. Am Anfang stand die Suche nach gesundheitsrelevanten Stressoren in der Stadt und die Frage, wie wir Städte so gestalten können, dass sie uns psychisch nicht schaden, sondern zuträglich sind. Ich selbst bin Arzt, aber es war klar, dass wir diese Fragen nicht allein aus der Medizin heraus beantworten können. Das geht nur im Schulterschluss mit anderen Fachrichtungen. Dazu gehören stadtforschende und sozialwissenschaftliche Disziplinen. Gleichzeitig ist der Austausch mit Politik und Stadtbewohnern wichtig. Deswegen habe ich vor etwas mehr als zehn Jahren das Interdisziplinäre Forum Neurourbanistik ins Leben gerufen. Wir haben dieses Forschungsfeld entwickelt, definiert, Hypothesen aufgestellt und unter dem Begriff Neurourbanistik zusammengefasst.

„Am Anfang stand die Suche nach gesundheitsrelevanten Stressoren in der Stadt und die Frage, wie wir Städte so gestalten können, dass sie uns psychisch nicht schaden, sondern zuträglich sind."

Mazda Adli

Wie läuft Ihre Forschungsarbeit in der Neurourbanistik konkret ab?

Wir verwenden unterschiedliche Forschungsmethoden. Dazu gehört zum Beispiel die App-basierte Echtzeitmessung von Emotionen, das sogenannte Ecological Momentary Assessment, kurz EMA. Eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen erbrachte die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT). Wir haben zum Beispiel untersucht, wie bestimmte städtische Umwelteinflüsse die Stressantwort des Gehirns beeinflussen. Dabei zeigte sich, dass mit steigendem Anteil an Grünflächen im eigenen Wohnumfeld die Aktivität in stressregulierenden Hirnarealen größer wird, und zwar noch in 1,5 Kilometern Entfernung. Gleichzeitig haben wir festgestellt, dass mit steigender Feinstaubbelastung am Wohnort die Aktivität von stress- und emotionsregulierenden Arealen schwächer wird.

Emotionen sind als Symptome psychischer Belastung im urbanen Raum ein wichtiges Forschungsfeld der Neurourbanistik. Wie lassen sie sich empirisch erfassen?

Wir generieren gerade eine Emotionskarte Berlins, also eine Art emotionale Wetterkarte der Stadt. Jeder kann sich unsere Forschungs-App kostenlos herunterladen und eine Woche lang emotionale Erfahrungen mit uns teilen. Dazu wird man dreimal am Tag von der App eingeladen, die eigenen Emotionen zu bewerten und einzugeben. Ein GPS-Signal zeigt uns, wo sich die Teilnehmenden gerade befinden. Daraus entsteht eine Emotionsstadtkarte. Wir wollen verstehen, unter welchen stadträumlichen Bedingungen Stress und auch unterschiedliche Emotionen entstehen – von Einsamkeit über Sicherheitsgefühl bis zur Zugehörigkeit.

Die Neurourbanistik setzt auf vielfältige Technologien, um an Daten zu kommen …

Was wir heute erheben, wäre vor 20 Jahren in dieser Form nicht möglich gewesen. Mithilfe der genannten App können wir zum Beispiel einen Citizen-Science-Ansatz verfolgen und die Menschen, für die wir ja die Forschung machen, auf eine besonders intensive Art beteiligen. Die Bewohner Berlins werden selbst zu Stressforschern. Das ermöglicht die heutige Technologie.

Was haben Sie mit der Emotionsforschung per App bereits herausgefunden?

Es ist ein laufendes Projekt, die Daten daher vorläufig. Was man aber jetzt zum Beispiel schon sieht: Die angegebenen Stresswerte nehmen über den Tag hinweg ab. Zu Beginn des Tages werden im Durchschnitt höhere Stresswerte abgegeben als zum Ende hin. In eher zentrumsnahen Regionen der Stadt zeigen sich ebenfalls höhere Stresswerte. Wir erkennen auch erste Hinweise auf Stresstreiber. Dazu gehört zum Beispiel ein mangelndes Zugehörigkeitsgefühl, wenn man sich von der Nachbarschaft oder von anderen Menschen in der Umgebung nicht angenommen fühlt. Ein weiterer

Stresstreiber ist Verkehrslärm. Es gibt auch Faktoren, die eher mit niedrigen Stresswerten einhergehen. Dazu zählen ästhetische Aspekte oder die Frage, ob man den Ort, an dem man sich aufhält, gerade interessant findet. Je interessanter oder schöner ein Ort empfunden wird, desto niedriger sind die angegebenen Stresswerte.

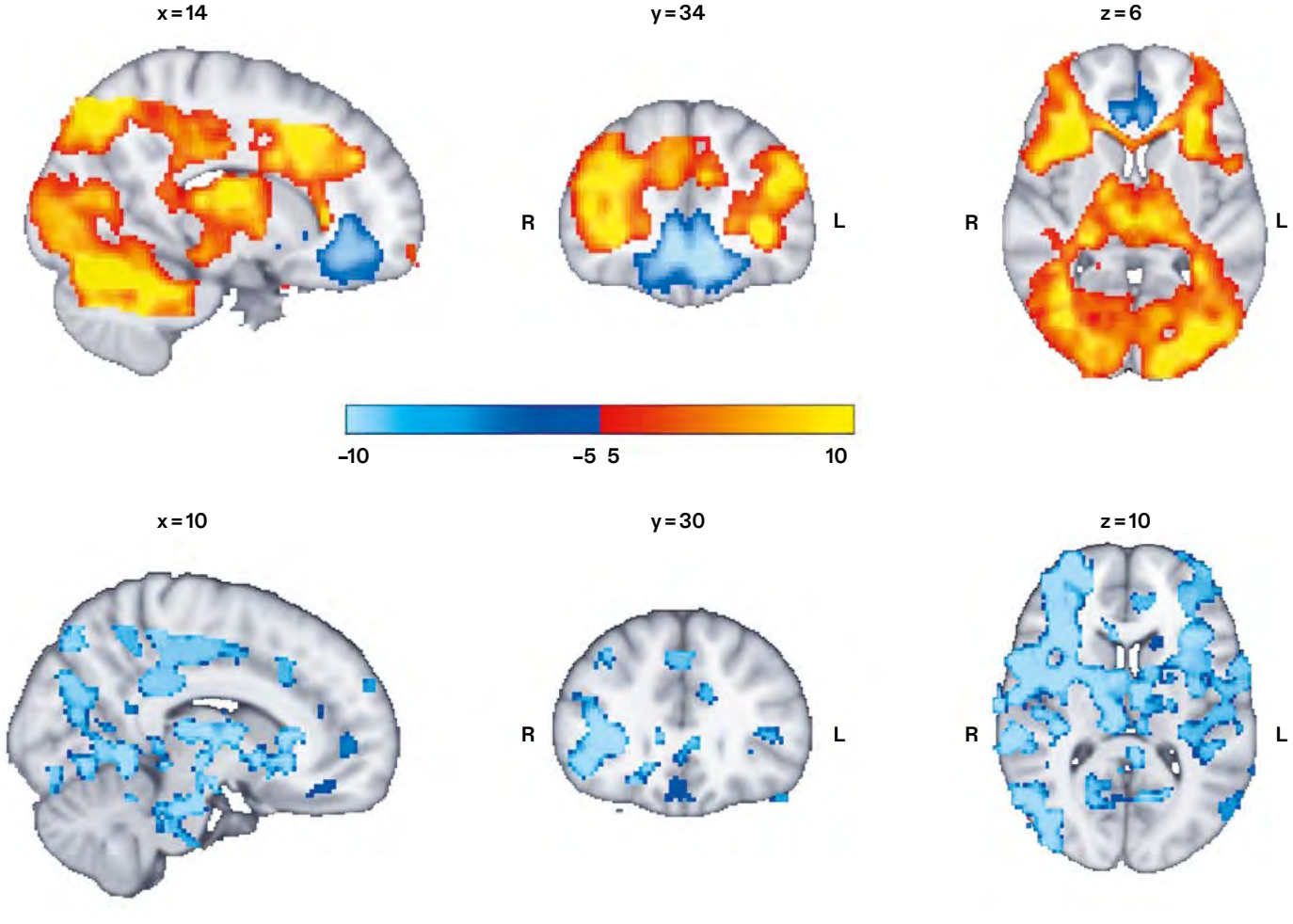
Sind Menschen denn auch unterschiedlich anfällig für Stress?

Wer Zugang zu den vielen Vorteilen der Stadt hat, kann negative Stressoren besser ausgleichen. Ein Problem entsteht erst, wenn es am Zugang zu den positiven Ressourcen der Stadt mangelt – etwa durch kulturelle Hürden oder Sprachbarrieren. Studien zeigen, dass Menschen mit Migrationshintergrund unter einem besonderen Risiko stehen. Vor allem Menschen mit sichtbarer Migrationsgeschichte haben in der Stadt schlechtere psychische Gesundheitskennwerte. Zusätzlich ist Migrationshintergrund per se ein Risikofaktor für Ausschlusserfahrung und damit Isolationsstress. Ältere Menschen haben ebenfalls ein höheres soziales Isolationsrisiko, weil sich ihr Aktionsradius aus gesundheitlichen Gründen verkleinert und die Einsamkeit damit zunimmt. Auch junge Erwachsene sind von Einsamkeit stark betroffen. Unsere besondere Aufmerksamkeit richtet sich auf diese Risikogruppen.

Sie wollen im Einstein-Zirkel Maßnahmen entwickeln, die das Thema psychische Gesundheit in alle Bereiche der Stadtpolitik trägt. Was steht da an?

Wir haben den Zirkel ins Leben gerufen, um innerhalb von drei Jahren Empfehlungen für eine Mental-Health-Strategie Berlins zu erarbeiten. Wir tauschen uns mit den Politikschaffenden aus sowie mit den Bürgerinnen und Bürgern, die schließlich zum Sammeln dieser

So sieht Stress aus – die Bilder der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) belegen, wie das Gehirn auf urbanen Stress wie Lärm oder Luftverschmutzung reagiert. Rötliche Markierungen zeigen aktive Hirnbereiche, bläuliche die inaktiven. Aus: Dimitrov-Discher, A., Wenzel, J., Kabisch, N., Adli, M. et al.: Residential green space and air pollution are associated with brain activation in a social-stress paradigm, in: Sci Rep 12, 10614 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-022-14659-z





Daten beigetragen haben. Und wir beteiligen zivilgesellschaftliche Einrichtungen. Nur in solch einem Austausch lässt sich verstehen, welche Fragen am drängendsten sind und welche praktischen Empfehlungen sich daraus ergeben könnten.

Wie können Städte als Lebensraum besser werden?

Wenn chronischer sozialer Stress in Form von Dichtestress und Isolationsstress unsere psychische Gesundheit belastet, folgt daraus, die Erfahrung von als unkontrollierbar empfundener sozialer Dichte zu minimieren. Es geht dabei wirklich nur um die unkontrollierbare Dichte. Denn gleichzeitig gilt: Die Kompaktheit der Stadt gehört zu ihren Vorteilen, wenn die Bedürfnisse des täglichen Lebens fußläufig zu erledigen sind. Dazu gehört, dass man Wohnungen vernünftig baut, dass Wände und Fenster den Lärm draußen halten. Jeder Mensch sollte zumindest eine Tür hinter sich schließen können.

Dem Isolationsstress wirkt man wiederum durch sozialen Raum entgegen. Wir brauchen Begegnungs-, Interaktions- und Kooperationsflächen – Verweilzonen, in denen Menschen miteinander in Kontakt treten können. Öffentlicher Raum ist daher gesundheitsrelevant. Dazu gehören Grünflächen und kulturelle Räume wie Konzertsäle, Theater, Kulturzentren und Museen. Solche Orte fördern soziale Kontakte. Zeit vor der eigenen Haustüre ist vor allen Dingen soziale Zeit und wirkt damit sozialer Isolation entgegen. Wir müssen verhindern, dass soziale Räume und öffentliche Plätze schwinden, und uns um kulturelle Räume kümmern. Das gilt nicht zuletzt auch für Berlin, wo die Kulturförderung stark gekürzt wurde. Wir brauchen solche Orte für unsere psychische Gesundheit. Jedes Theater hat einen Gesundheitsauftrag.

Kann die Neurourbanistik direkt handlungsleitend wirken?

Das hängt nicht nur von uns Neurourbanisten ab. Die gesamte Wertschöpfungskette des Wissens muss funktionieren. Damit dieses Wissen auch tatsächlich in der Praxis ankommt, sind Offenheit und politischer Umsetzungswille die Voraussetzung. Ich bin da erst mal optimistisch. Wir stoßen auf schnell wachsendes Interesse an der Stadtentwicklung. Der Deutsche Städtetag ist einer unserer langjährigen Partner, aber es gibt auch noch Luft nach oben. Eine Mission, der ich mich verschrieben habe: Den Menschen – die in der Stadt leben und jenen, die Stadt gestalten – klarzumachen, dass unsere Zukunft zu 100 Prozent eine urbane sein wird. Wir müssen uns jetzt darum kümmern, Städte so zu gestalten, dass sie gesunde Lebensräume werden – auch für unsere Psyche. Da haben wir noch eine ganze Menge zu tun.

Ziehen Sie beizeiten trotzdem aufs Land?

Ich bin überzeugter Stadtbewohner und habe auch nicht vor, rauszuziehen. Aber gelegentlich fahre ich sehr gerne übers Wochenende aufs Land und genieße Ruhe, Licht und Natur. Aber ich freue mich auch jedes Mal wieder in die Stadt zurückzukehren.

Mazda Adli ist Chefarzt der Fliedner Klinik Berlin und leitet an der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Charité – Universitätsmedizin Berlin den Forschungsbereich „Affektive Erkrankungen“. Zudem ist er Sprecher des Einstein-Zirkels „Urban Mental Health Strategy“. Er forscht zu affektiven Störungen und Stressempfindlichkeit.

Urban Mind App ↗ urbanmind.info

Albert fragt: Lassen sich mentale Krankheiten durch Prävention vermeiden?

Malek Bajbouj ist Einstein-Professor für Psychiatrie und Affektive Neurowissenschaften an der Charité – Universitätsmedizin Berlin und Leiter der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie am Campus Charité Mitte. Er trägt mit seiner Arbeit wesentlich zu Fortschritten in den Bereichen Präzisionspsychiatrie, Gesundheitsversorgungsmodelle und globale psychische Gesundheit bei.

Mentale Erkrankungen zählen heute zu den häufigsten Volkskrankheiten: Allein von Depressionen und Angststörungen ist jeder siebte beziehungsweise jeder fünfte Mensch betroffen. Deshalb gibt es einen riesigen Bedarf, diese Erkrankungen nicht nur zu behandeln, sondern sie möglichst zu verhindern. Studien zeigen, dass dies bei bis zu einem Drittel der Fälle gelingen könnte.

Natürlich lassen sich nicht alle psychischen Erkrankungen gleichermaßen vorbeugen; die Prävention einer Psychose beispielsweise bedarf ganz individueller Maßnahmen. Doch gibt es „unmedizinische" Grundpfeiler, die fast immer helfen: Bewegung, soziale Kontakte, gesunde Ernährung, Zeit in der Natur. Auch Stress gilt es frühzeitig zu erkennen und ernst zu nehmen. Jeder Mensch hat dabei eigene Warnzeichen, etwa Schlafstörungen, Bauchschmerzen oder unreine Haut. Im besten Fall funktioniert Prävention wie in der Zahnmedizin: So wie Fluoridprophylaxe Karies vorbeugt, sollten auch der Umgang mit Stress und Wissen über mentale Gesundheit bereits in der Schule vermittelt und im Alltag umgesetzt werden – lange bevor erste Symptome auftreten.

In Sachen Prävention können wir viel aus dem Ausland lernen: In Skandinavien gibt es niedrigschwellige psychosoziale Beratungsstellen, in Ländern wie der Ukraine kommen ganz selbstverständlich Apps oder Onlineprogramme zum Einsatz. Auch hierzulande steckt viel Potenzial in digitalen Angeboten, weil sie Menschen erreichen können, die keinen Zugang zu persönlicher therapeutischer Hilfe haben oder mit langen Wartelisten konfrontiert sind. In den nächsten Jahren wird es wahrscheinlich noch mehr digitale und KI-gestützte Angebote geben, die Menschen dabei unterstützen, psychisch gesund zu bleiben – zum Beispiel Programme, die Stresssymptome regelmäßig erfassen, über Symptome informieren oder maßgeschneiderte psychotherapeutische Übungen digital anleiten.

Die Anatomin des Genoms



Erbgutfäden aus 3,3 Milliarden Bausteinen, zusammengeknäuelt in 46 Chromosomen und eingepfercht in einen winzigen Zellkern – wie behält die Zelle da den Überblick? Die Berliner Forscherin und Leibniz-Preisträgerin Ana Pombo sucht nach Antworten auf die großen Fragen zu unserem Erbgut

Von Sascha Karberg

Was haben Städte wie London oder Berlin mit einem Zellkern gemeinsam? Auf den ersten Blick nichts: hier Menschen und Autos, dort Proteine und Gene. Doch nach über 20 Jahren Forschung sieht Ana Pombo durchaus Parallelen. Zwar versucht die in Lissabon geborene Biochemikerin zu verstehen, wie das Erbgut im Zellkern organisiert ist, wie Gene aktiviert oder stillgelegt werden und Fehler dabei zu Krankheiten führen. Doch so wie das Erbgut mit seinen Tausenden Genen viele mögliche Lösungen für die Entwicklung eines komplexen Organismus bereithält, formen auch die Menschen einer Stadt das vielschichtige Gemeinwesen.

Für Ana Pombo beginnt der Weg zu dieser Einsicht Anfang der 1990er Jahre während ihres Biochemiestudiums an der Universität Lissabon. Der wissbegierigen Studentin fällt auf, dass man „sehr viel über die Zelle, aber kaum etwas über das Genom und den Zellkern weiß". Sie fragt sich: Wie ist es möglich, dass die 20.000 Gene auf den hauchdünnen meterlangen Erbgutfäden im Kern der Zellen eines Menschen immer zur rechten Zeit ein- oder abgeschaltet werden?

Entdeckung der „Transkriptionsfabriken"

Diese große Frage wird Pombo ihr ganzes Forscherinnenleben begleiten. Schon für ihre Doktorarbeit an der Universität Oxford sucht sie nach Antworten: Indem sie viele der Enzyme, die am Ablesen von Genen beteiligt sind, mit einer Art molekularem Fähnchen markiert, kann sie im Mikroskop beobachten, wo sie sich im Zellkern befinden. Die Fähnchen deuten darauf hin, dass Gene offenbar nur an wenigen spezialisierten Orten im Zellkern abgelesen werden. Pombo nennt diese Orte „Transkriptionsfabriken".

Ähnlich wie Autos nicht überall verteilt in den Vorgärten ihrer Käufer:innen aus Einzelteilen zusammengebaut werden, sondern zentral in einer Fabrik, funktioniert auch das Ablesen der 20.000 Gene. Statt die Proteine und Enzyme, die für das Ablesen der DNA nötig sind, quer durch den Zellkern zu den vorgesehenen DNA-Abschnitten zu transportieren, werden die Genregionen zu den „Transkriptionsfabriken" gebracht. Dazu bilden die DNA-Fäden regelrechte Schleifen, sodass die Genregionen mit Enzymen und Proteinen in den „Transkriptionsfabriken" zusammenkommen – und von diesen abgelesen werden können. So entstehen Abschriften der DNA, RNA-Kopien, die aus dem Zellkern herausgeschafft und in all die Proteine übersetzt werden, die eine Zelle zum Leben braucht.

Beharrliches Forschen gegen die Skepsis

Als Pombo die Ergebnisse ihrer Doktorarbeit veröffentlicht, stößt die Idee der Transkriptionsfabriken auf heftige Ablehnung. Denn sie widerspricht der alten Vorstellung, dass Transkription an Tausenden Orten gleichzeitig stattfindet statt nur an einigen wenigen. „Niemand glaubte uns", erzählt Pombo.

Für Ana Pombo, inzwischen Forschungsgruppenleiterin am London Institute of Medical Sciences des Imperial College London, entwickelt sich die Skepsis zu einem Hindernis. Da viele Gutachter:innen, deren Urteil für die Bewilligung von Forschungsgeldern für Pombos Labor nötig ist, die Idee von Transkriptionsfabriken ablehnen, erwähnt Pombo sie in ihren Anträgen nicht mehr. „Wir versteckten den Begriff", sagt Pombo, „aber wir hielten weiter Ausschau danach, wie sich die Transkriptionsenzyme und Gene im Zellkern anordnen." Nicht weil sie ein „Feigling" gewesen sei, so Pombo, sondern „weil ich sonst nicht die Mittel gehabt hätte, dieses Thema weiterzuverfolgen".

Genome Architecture Mapping – eine neue Methode

Die rasend schnelle Entwicklung der Techniken zur Genomentzifferung kommt Pombo schließlich zu Hilfe. Sie entwickelt eine Methode, die ihr Einblick in die dreidimensionale Organisation der DNA-Fäden im Zellkern ermöglicht und zugleich dokumentiert, das Genome Architecture Mapping, kurz GAM.



„So wie die Stadt ist auch das Genom ein großes, komplexes und dynamisches System. In solch komplexen Systemen gibt es nicht nur eine, sondern viele Lösungen für ein bestimmtes Problem."

Ana Pombo

Dafür werden die Zellen zunächst mit Lasern in hauchdünne Scheiben geschnitten, dann für alle Zellkernscheibchen die darin enthaltenen DNA-Stücke entziffert. „Wir zählen die DNA-Regionen – man kann sagen, dass wir die Biochemie im Zellkern in Zahlen umwandeln", sagt Pombo, die es schon immer mochte, die Welt in Zahlen zu beschreiben.

Mithilfe der Daten kann der Computer ein virtuelles Bild der inneren Architektur des Zellkerns rekonstruieren. Es ist eine Art dreidimensionaler, sich ständig verändernder Stadtplan des Genoms, in dem weit voneinander entfernte Erbgutbereiche, teils von unterschiedlichen Chromosomen, zusammenkommen. Diese Technik macht Pombo, wenn man so möchte, zu einer modernen „Anatomin des Genoms".

Heute ist Ana Pombos GAM-Technik akzeptiert und wird auch von anderen Laboren angewendet. Doch als sie die Idee 2008 das erste Mal in einem internen Förderantrag erwähnt, begreifen anonyme Gutachter:innen die Tragweite erneut nicht: „Eine unklare Lösung für ein unbekanntes Problem", spöttelt ein Gutachter. Sie bekommt die Förderung dennoch.

Komplexe Krankheiten als Systemfehler

Hartnäckig verfolgt Pombo ihr Ziel, die Funktionsweise des Zellkerns zu verstehen, weiter, wechselt 2013 nach Berlin ans neu gegründete Berliner Institut für Medizinische Systembiologie des Max Delbrück Centers. Jeden Morgen radelt sie durch den Berufsverkehr aus dem Südwesten der Hauptstadt dorthin.

„So wie die Stadt ist auch das Genom ein großes, komplexes und dynamisches System", sagt Pombo. „In solch komplexen Systemen gibt es nicht nur eine, sondern viele Lösungen für ein bestimmtes Problem." Komplexe Systeme sind nicht starr, sie brechen nicht zusammen wie ein Kartenhaus, wenn eine Komponente fehlt, sondern „sie haben eine inhärente Stabilität, eine Zuverlässigkeit, die über verschiedene Wege ermöglicht wird", so die Forscherin.

Diese Erkenntnis hat wichtige Konsequenzen. Solange die Komplexität des Genoms und der gesamten Zelle nicht erfasst sei, könne man die Ursachen komplexer Erkrankungen wie Epilepsie oder Krebs nicht verstehen: „Diese Krankheiten sind schwer zu verstehen, da es sich um Systemfehler handelt, die durch komplexe genetische und umweltbedingte Faktoren verursacht werden."

„Wenn wir numerisch beschreiben können, wie sich die Chromosomen im Zellkern verhalten und wie Gene in einzelnen Zellen und ganzen Geweben miteinander interagieren, dann können wir abschätzen, was das bewirkt."

Ana Pombo

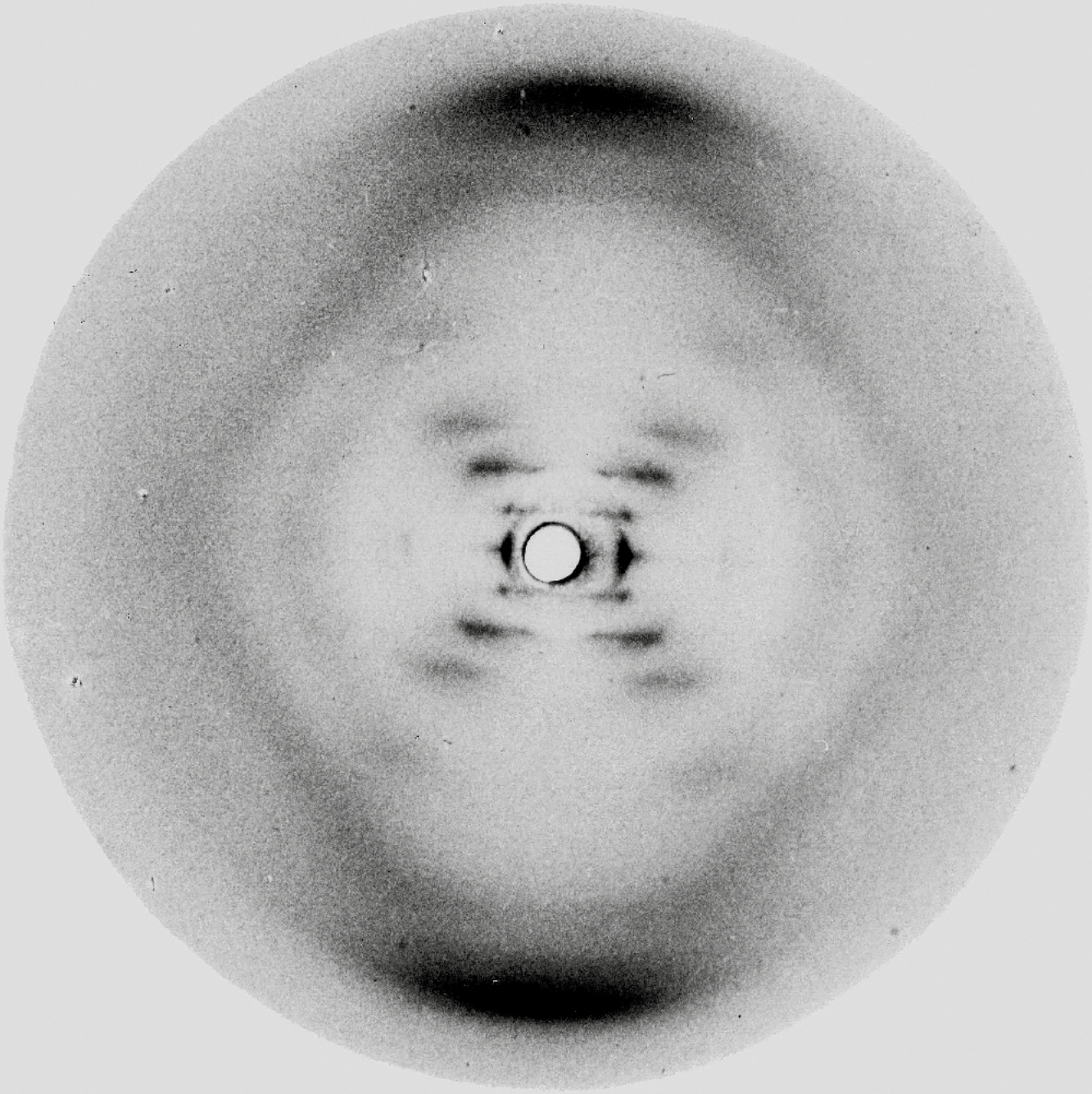
Bislang kam man den Ursachen genetisch bedingter Erkrankungen auf die Spur, indem man einzelne Gene mutierte und dann beobachtete, was passiert. Für Krankheiten, die aufgrund einzelner Genmutationen entstehen, funktionierte das gut. Doch komplexe Systeme haben Back-ups. Wenn in einer Stadt ein:e U-Bahnfahrer:in ausfällt, bricht nicht der komplette Verkehr zusammen. Erst wenn mehrere Komponenten versagen, also eine Erkrankungswelle auch die Busfahrer:innen des Schienenersatzverkehrs ins Bett zwingt, kollabiert das System. Übertragen auf die Zelle heißt das salopp gesagt: Wenn ein wichtiger Teil des Genoms mutiert, dann kann ein ähnlicher an seine Stelle treten – eine Art „Vertretungs-DNA", um die mutierte zu ersetzen.

Das könnte erklären, warum komplexe Erkrankungen wie Epilepsie, Schizophrenie oder auch Krebs nicht auf eine einzige oder wenige Genmutationen zurückzuführen sind, sondern auf Hunderte oder Tausende. Eine einzelne dieser Veränderungen löst die Krankheit oft nicht allein aus, sondern trägt nur zum Teil dazu bei.

Etwa so, wie Unzulänglichkeiten in der Verwaltung mitunter zum Chaos in der Funktionalität Berlins beitragen? Ana Pombo lacht: „Berlin ist eine gute Stadt, um hier Forschung zu machen." Die Berliner:innen seien viel zu gewöhnt daran, sich zu beklagen. Es habe beachtliche Investitionen in die wissenschaftliche Infrastruktur der Stadt gegeben. Viele Mitarbeiter:innen in Pombos Labor, die von weit her kommen, wollen daher bleiben.

Inzwischen ist es keine Frage mehr, ob Gentranskription im Zellkern hochgradig organisiert ist. Pombos jahrelange Puzzlearbeit wurde mittlerweile durch die Verleihung des wichtigsten Preises der deutschen Forschungslandschaft, den Leibniz-Preis 2025, anerkannt – „für ihre Arbeiten zur 3D-Organisation von chromosomaler DNA im Zellkern".

Die damit verbundene Förderung ermöglicht es Pombo nun genauer zu erforschen, was im Zellkern von Modellen komplexer Erkrankungen wie Schizophrenie oder Epilepsie passiert. Dafür nutzt sie die GAM-Technik und neueste Methoden zur Feinanalyse des Zusammenspiels von Genen, Proteinen, Lipiden und anderen Biomolekülen in einzelnen Zellen. „Die Struktur der Chromosomen ist probabilistisch", sagt Pombo. Das heißt, ihre Position und Interaktion im Zellkern folgen bestimmten Wahrscheinlichkeiten. „Wenn wir numerisch beschreiben können, wie sich die Chromosomen im Zellkern verhalten und wie Gene in einzelnen Zellen und ganzen Geweben miteinander interagieren, dann können wir abschätzen, was das bewirkt", so die Forscherin. „Und dann verstehen wir vielleicht auch, wie sich das nutzen lässt, um Therapien zu entwickeln." Es klingt nach einem langen Hindernislauf. Aber damit hat Pombo ja Erfahrung.



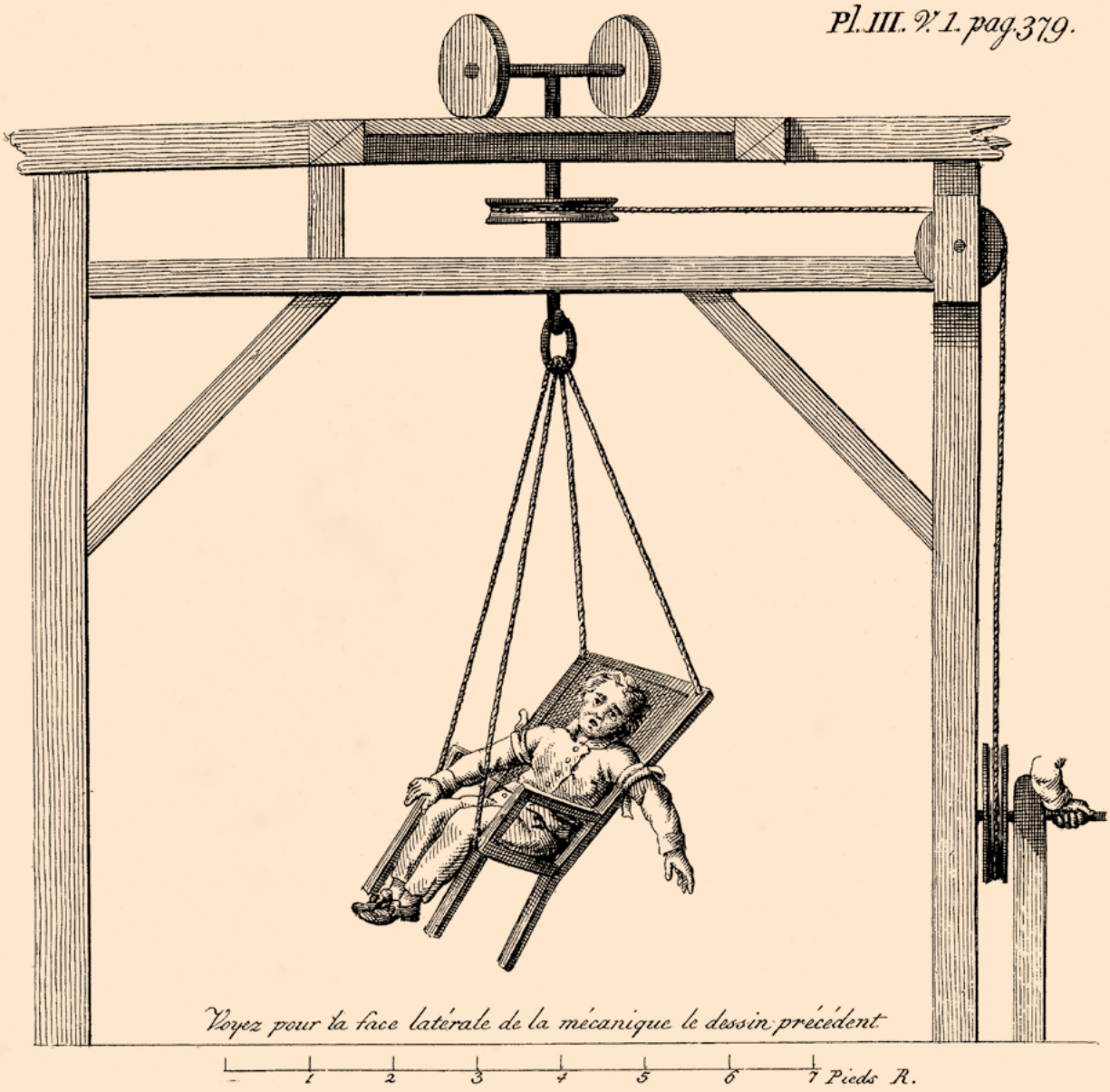
Was ist das für ein Schatten? Das x-förmige Muster im Zentrum dieses Röntgenbeugungsbilds zeigt die regelmäßige spiralförmige Anordnung der DNA-Moleküle, wie sie beim Durchstrahlen mit Röntgenlicht sichtbar wird. Das berühmte Foto 51 gilt als das erste experimentelle Bild, das die Doppelhelix-Struktur der DNA klar erkennen lässt. Die Arbeitsgruppe der britischen Biochemikerin Rosalind Franklin am King's College London hat es 1952 aufgenommen; Franklin selbst hatte zuvor die Methode der Probenaufbereitung entscheidend verbessert. Im Jahr darauf veröffentlichten James Watson und Francis Crick ihre Beschreibung der Doppelhelix-Struktur in der Zeitschrift *Nature*. Das Foto 51 hatte ihnen entscheidende Hinweise geliefert. Watson und Crick erhielten 1962 den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin, Rosalind Franklin verstarb 1958.



AI

Hätte es so kommen können? Dieses KI-generierte Porträt von Rosalind Franklin mit fiktiver Nobelpreis-Medaille stammt aus der Serie „Versäumte Bilder“, mit der die Berliner Fotografin Gesine Born Wissenschaftlerinnen nachträglich eine Bühne gibt, die sie zu Lebzeiten nicht hatten. Dafür lässt Born eine KI bestehende Fotos neu interpretieren. Die KI-Anweisung für dieses Bild lautete: „Rosalind Franklin wearing an evening dress, laughing, portrait photo in a foto studio from 1960, kodak portra colors, dark blue backround, holding a medal in her hand and shows it to the camera , --v 5“.

Alle Bilder der Porträtserie – darunter auch Bilder von Lise Meitner oder Cécile Vogt – sind zugänglich unter ↗ bilderinstitut.de



Die Causa Horn

Um 1800 werden „Geisteskranke“ in Deutschland oft noch mit Methoden behandelt, die nach heutigen Maßstäben an Folter denken lassen. Im Herbst 1811 aber kommt es zu einem Gerichtsverfahren gegen den Psychiater Ernst Horn, der die „Irrenabteilung“ des Berliner Klinikums Charité leitet. Der Fall löst eine breite Debatte über angemessene Therapien in der Psychiatrie und über ärztliche Kunstfehler aus

Von Till Hein

Louise Thiele, 21, ist wie von Sinnen. Schon seit Stunden schreit die Patientin in der „Irrenabteilung“ der Berliner Charité ohne klaren Grund. Um elf Uhr vormittags, am 1. September 1811, legen ihr Krankenpfleger eine Zwangsjacke an. Als die junge Frau auch daraufhin nicht zur Ruhe kommt, stecken die Betreuer sie in einen Leinensack und schnüren ihn zu. Gegen 15:30 Uhr scheint sich die Patientin endlich zu entspannen. Doch als eine Pflegerin den Sack öffnet, wirkt Louise Thiele völlig ausgelaugt. Eilig wird sie auf ein Krankenbett gelegt. Dort zuckt sie noch einige Male – und stirbt.

Die Leitung der 1798 eröffneten „Irrenabteilung“ hat zu jener Zeit der renommierte Mediziner Ernst Horn inne. Seit fünf Jahren fungiert er zudem als zweiter Arzt – eine Art medizinischer Direktor – am Klinikum Charité. Er gilt als sanfter Reformer. Anders als viele Kollegen betrachtet er „Irre“ nicht als Bestien, sondern als Kranke, die Hilfe benötigen. Hygiene und Sauberkeit in der Anstalt sind ihm ebenso ein Anliegen wie die wissenschaftliche Grundlage der Therapieangebote. Manche seiner Patient:innen lässt er, „um ihrem inneren Chaos entgegen zu wirken“, mit geschultertem Holzgewehr im Hof der Anstalt exerzieren. Andere sollen zeichnen oder Schach spielen. Und wieder andere Kranke lässt er als „Schocktherapie“ auf einer Drehmaschine festschnallen und rasend schnell um die eigene Achse rotieren.



Nach dem Tod von Louise Thiele gerät Horn unter Druck: Hat er die junge Frau ersticken lassen, um ihr Geschrei nicht länger ertragen zu müssen? Und sind manche seiner sogenannten Heilmethoden nicht eher Folter als Therapie? Ein Gerichtsverfahren wird eingeleitet. Der Charité, einer der führenden Kliniken Deutschlands, droht ein gewaltiger Skandal.

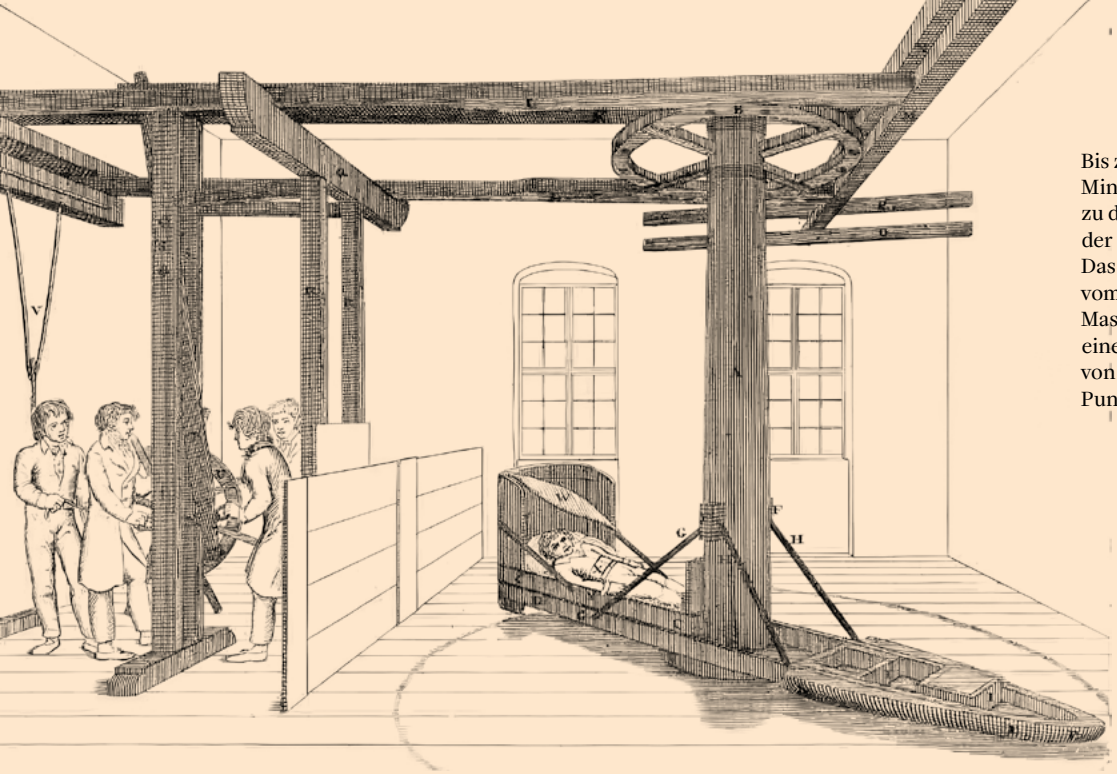
Ein Berufsstand wäscht seine Hände in Unschuld

Zwar ist der „Fall Horn“ nicht die erste Kriminaluntersuchung gegen einen Mediziner in deutschen Landen. Doch diesmal geht es nicht um irgendeinen Kurpfuscher aus der Provinz, sondern um einen angesehenen Wissenschaftler, der in leitender Stellung an einem der bekanntesten Krankenhäuser tätig ist. Das Verfahren im Herbst 1811 wird eine breite Debatte über den Umgang mit Geisteskranken auslösen sowie über ärztliche Kunstfehler und deren Prävention.

Das Thema Ärztepfusch ist nicht neu. Eine der ältesten überlieferten Gesetzessammlungen der Welt legte bereits im 17. Jahrhundert v. Chr. in Mesopotamien erste Regeln fest, wie mit solchen Fehlleistungen umzugehen sei: „Wenn ein Arzt einem Bürger mit dem bronzenen Messer eine schwere Wunde gemacht hat und den Bürger sterben lässt“, heißt es da etwa, „oder mit dem bronzenen Messer die Hornhaut eines Bürgers geöffnet hat, und das Auge des Bürgers zerstört, so schneidet man seine Hand ab“.

Wann aber für das Misslingen einer Operation oder Therapie tatsächlich ein ärztlicher Fehler ausschlaggebend ist und wann eben nicht, das lässt sich oft nur schwer feststellen, geschweige denn beweisen. Und noch 1811, als Louise Thiele in der Charité verstirbt, sind viele Fachleute überzeugt, dass die Heilkunst vor allem auf Intuition basiert. Man könne daher keine verbindlichen Regeln aufstellen – und keine Kunstfehler einklagen. Ein ganzer Berufsstand wäscht seine Hände in Unschuld. Doch lässt sich nicht gerade der Tod Louise Thieles eindeutig auf ärztliches Versagen zurückführen?

Heinrich Kohlrausch, ein ambitionierter neuer Arzt an der Charité und interimistischer Direktor der Chirurgieabteilung, scheint das genau so zu sehen: Schon am Tag nach dem Tod der Patientin, am 2. September 1811, erhebt er schwere Anschuldigungen: Ernst Horn höchstpersönlich sei für den Tod Louise Thieles verantwortlich, schreibt er an einen einflussreichen Medizinalbeamten. Das Leben der jungen Frau hätte leicht gerettet werden können. „Das Letzte, was sie tat, war noch, dass sie ihre Wärterin um Erbarmen flehte, ihr einen Trunk Wasser zu reichen“, so Kohlrausch. „Weshalb diese auch den Sack aufband, sie aber schon zusammengesunken und sterbend antraf.“



Bis zu 40 Umdrehungen in der Minute: Das Drehbett zählte zu den gängigen Heilmitteln in der „Irrenabteilung“ der Charité. Das Bild auf **S. 72** zeigt eine vom britischen Arzt Joseph Mason Cox entworfene Variante eines Drehstuhls. Das Porträt von Ernst Horn auf **S. 73** ist ein Punktierstich von 1816.

Horn sei als Anstaltsleiter hoffnungslos überfordert und der „Sterbesack“ nicht sein einziges Folterinstrument: Er lasse Kranke zum Beispiel mit eiskaltem Wasser übergießen oder ihre Kopfhaut mit einer „Märtyrersalbe“ einreiben, die Verätzungen auslöse. Mit höchst zweifelhaftem therapeutischem Nutzen. „Ich fordere Sie daher bei Ihrer Pflicht und Ihrem Gewissen auf, zur Abstellung dieser Gräuel zu wirken“, bedrängt Kohlrausch den Medizinalbeamten.

Umstrittene Methoden eines Reformators

Unstrittig ist, dass sich Ernst Horn als medizinischer Direktor der Charité und Leiter der „Irrenabteilung“ durch Reformen verdient gemacht hat. Insbesondere erwirkte er eine Gleichstellung der Geisteskranken mit allen anderen Kranken im Klinikum. Horn vertritt den Anspruch, dass solche Patient:innen nicht mehr – wie früher üblich – einfach weggeschlossen werden dürfen, sondern ihre Heilung das Ziel sein müsse. Zu diesem Zweck führt er individuelle Behandlungspläne sowie Langzeitstudien zu Krankheitsverläufen ein. Seine Überlegungen und Therapieansätze tragen maßgeblich dazu bei, dass sich die Nervenheilkunde in Deutschland – 1840 wird der Berliner Medizinprofessor Heinrich-Moritz Romberg das „Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen“ veröffentlichen, das erste Fachbuch zu diesem Wissenschaftsfeld – als eigenständige medizinische Disziplin entwickelt.

Und doch sind Heinrich Kohlrauschs Anschuldigungen nicht aus der Luft gegriffen. Schließlich nutzt Horn auch umstrittene Methoden: gegen Melancholie, die man heute wohl als Depression bezeichnen würde, zum Beispiel die Drehstühle, die Schwindelattacken auslösen. Bei anderen Leiden kommt nicht selten Eiswasser zum Einsatz: „Der Wahnsinnige wird in der Badewanne mit Brust- und Armriemen befestigt“, erläutert der Anstaltsleiter die Therapie in einem Aufsatz. „Ein Wärter, durch einen Bretterschirm geschützt, gießt in einiger Höhe die vollen Eimer kalten Wassers über seinen Kopf.“ Bis zu 30 Minuten lang.

Auch das sogenannte Haarseil zählt zu Horns Repertoire: Mit einer Nadel wird Geisteskranken im Nacken ein dicker Faden aus Rosshaar durchs Fleisch gezogen und tagelang unter der Haut gelassen, bis es zu eitrigen Entzündungen kommt. Auf diese Weise will Horn den Abfluss „böser Säfte“ aus dem Gehirn anregen. Auch Louise Thiele wurde Ende August 1811 zunächst mit dem Haarseil behandelt.

Eine Fehde zwischen zwei ehrgeizigen Ärzten

Schon seit Jahren rumort es an der Charité. Ernst Horn und Heinrich Kohlrausch stehen im Zentrum der Auseinandersetzungen. Ständig kommt es zu Meinungsverschiedenheiten und Streit zwischen den beiden ehrgeizigen Ärzten. Dabei war es ausgerechnet Horn, der den Behörden ursprünglich empfohlen hatte,

Kohlrausch als interimistischen Leiter der Chirurgieabteilung einzustellen. Kein Geringerer als der berühmte preußische Gelehrte, Staaatsmann und Bildungsreformer Wilhelm von Humboldt machte sich daraufhin für den Chirurgen aus Hannover stark.

Als Heinrich Kohlrausch 1810 auch noch in die „Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen" berufen wird, ein mächtiges politisches Gremium, das der Charité übergeordnet ist und dem selbst Ernst Horn als medizinischer Direktor der Charité zu diesem Zeitpunkt noch nicht angehört, eskalieren die Konflikte. Horn, am Klinikum selbst Kohlrauschs Vorgesetzter, fühlt sich brüskiert. Er drängt darauf, dass der Kollege das Gremium wieder verlässt.

Stattdessen reicht Kohlrausch im Juli 1810 – über ein Jahr vor dem Vorfall mit Louise Thiele – eine Beschwerde gegen Horn ein: Er prangert an, dass die Kranken in dessen Abteilung mit schimmligem Brot verköstigt würden. Zudem wirft er Ernst Horn vor, Räumlichkeiten in der chirurgischen Abteilung – also dem Bereich, für den eigentlich er zuständig ist – gegen Schmiergelder mit wohlhabenden Geisteskranken zu belegen.

Die Behörden wollen verhindern, dass Missstimmungen aus dem Klinikum an die Öffentlichkeit dringen. Doch Kohlrausch lässt nicht locker.

Am 30. August 1811 kommt es zu einer Inspektion in der „Irrenabteilung". Die Revisoren stellen „bedeutende Mängel" fest. Und am 1. September 1811 – nur zwei Tage darauf – stirbt Ernst Horns Patientin Louise Thiele nach fragwürdigen Behandlungen. Erneut ist es Heinrich Kohlrausch, der Konsequenzen für den Leiter der Anstalt fordert. Wird Horn zurücktreten müssen?

Sachverständige ermitteln gegen den Anstaltsleiter

Innerhalb des noch jungen medizinischen Fachbereichs der Psychiatrie tobt zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein Richtungsstreit: Viele Fachleute betrachten Geisteskrankheiten noch als Folge eines sündhaften Lebens. Durch körperliche Züchtigung wollen sie die „Irren" wieder auf den Pfad der Tugend zurückführen. Durch Stockschläge etwa, durch Peitschenhiebe, durch Behandlungen mit Brech- und Abführmitteln, Elektroschocks oder glühenden Eisen.

Doch es gibt auch andere Ansätze, insbesondere in Großbritannien: Bereits 1796 gründete der Quäker William Tuke in York die private Anstalt „The Retreat", die sich durch den Verzicht auf Zwang und Gewalt auszeichnet. Stattdessen setzt Tuke auf Ruhe und das therapeutische Gespräch. Ernst Horn lässt sich keinem der beiden Lager eindeutig zuordnen: Er bemüht sich



Idylle statt Zwang: „The Retreat" in England setzt schon um 1800 auf eine humane Behandlung psychisch Kranker.

um eine humane Behandlung der Kranken, ist aber überzeugt, dass auch Schocktherapien ihre Berechtigung haben. Und der Sack zur Beruhigung besonders aufgewühlter Patient:innen. Noch Anfang September 1811 lässt das Kammergericht Berlin Ermittlungen gegen den Leiter der „Irrenabteilung“ der Charité aufnehmen. Medizinische Sachverständige sollen klären, ob er als Anstaltsleiter noch tragbar ist – eine juristische Neuheit, die die Brisanz der Causa Horn verdeutlicht.

Ein erstes Gutachten entlastet den medizinischen Direktor der Charité: Säcke zur Beruhigung seien in Nervenheilanstalten als Hilfsmittel weit verbreitet, heißt es darin knapp. Und es gebe keine Belege dafür, dass Louise Thiele tatsächlich erstickt ist. Doch die Behörden bleiben skeptisch. Am 26. Oktober wird der angesehene Medizinprofessor Johann Christian Reil von der Universität Berlin beauftragt, den Fall umfassend aufzuarbeiten.

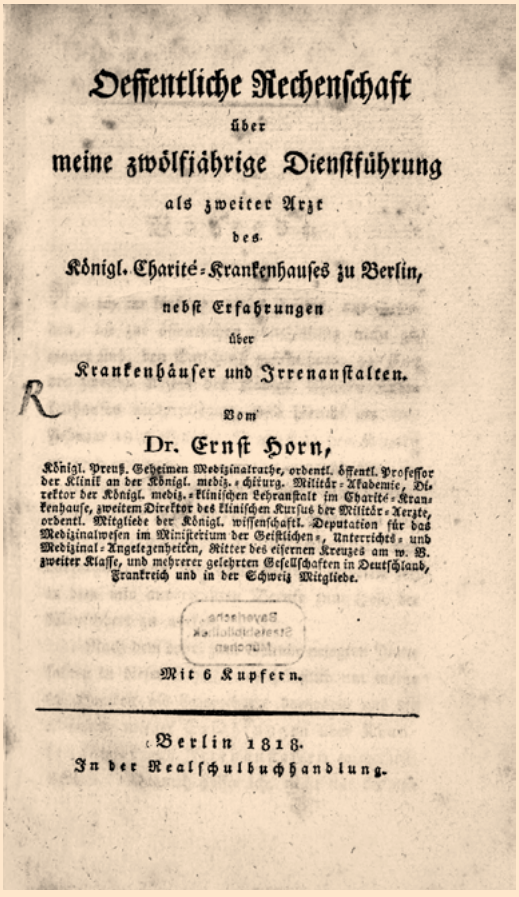
Todesursache Schlaganfall – Freispruch für Horn

Reil kommt in seinem Gutachten zum Schluss, dass alle von Ernst Horn genutzten Therapieformen und Hilfsmittel dem allgemeinen Standard entsprechen: Eiswasser, Brechmittel, Drehstuhl, Zwangsjacke, Haarseil – alle diese Methoden würden bereits „vom grauen Altertum her bis auf unsere Zeit von den erfahrensten Ärzten des In- und Auslandes gegen Gemütskranke angewandt“. Und der Sack aus grobem, luftdurchlässigem Leinen sei erst recht unbedenklich. Entgegen Heinrich Kohlrauschs Anschuldigungen sei der Tod der Patientin Louise Thiele in der Tat nicht durch Erstickung eingetreten. „Sie starb zwar in einem Sack, wie andere in ihrem Hemde sterben, aber daraus folgt noch nicht, dass sie durch denselben starb.“ Als Todesursache nennt der Gutachter stattdessen Schlagfluss, also einen Schlaganfall. Und zwar nicht etwa durch Todesängste im Sack ausgelöst, sondern durch die Geisteskrankheit selbst.

Gegen Ende seines Schreibens weist Johann Christian Reil ganz allgemein auf die gewaltigen Herausforderungen des Arztberufs hin. Schon aus diesem Grund, so warnt er, wäre es hinderlich, wenn ein Mediziner bei aller Verantwortung auch noch „bei jedem Todesfall eine Kriminaluntersuchung zu fürchten hätte“.

Reils Einschätzungen zeigen Wirkung. Am 20. April 1812 spricht das Kammergericht Ernst Horn von allen Vorwürfen frei. Heinrich Kohlrausch dagegen sieht sich nun mit Anschuldigungen konfrontiert: Man munkelt, dass er seinen Kollegen allein aus Neid und Missgunst angeschwärzt habe. Ob ihn tatsächlich vor allem Ehrgeiz und Eifersucht gegenüber seinem Vorgesetzten angetrieben haben oder doch eher die Sorge um Patientinnen und Patienten, lässt sich schwer entscheiden. Ans Licht kommt aber, dass Kohlrausch während des Verfahrens mehrfach seine guten Kontakte zu Mitgliedern der Preußischen Staatsverwaltung zu instrumentalisieren versuchte, um einen Schuldspruch gegen Horn zu erwirken.

Ernst Horn wird rehabilitiert. Doch die Anschuldigungen und das Verfahren zehren so sehr an ihm, dass er sich noch sechs Jahre später gedrängt fühlt, eine „Öffentliche Rechenschaft“ über seine Amtsführung an der Charité zu veröffentlichen. Darin rechtfertigt er auch Schocktherapien wie den Drehstuhl oder die Eiswasserbehandlung. Es ist eine der ersten größeren Publikationen zum Fachbereich der Psychiatrie.



Oeffentliche Rechenschaft
über
meine zwölfjährige Dienstführung
als zweiter Arzt
des
Königl. Charité-Krankenhauses zu Berlin,
nebst Erfahrungen
über
Krankenhäuser und Irrenanstalten.
Vom
Dr. Ernst Horn,
Königl. Preuß. Geheimen Medizinalrathe, ordentl. öffentl. Professor der Klinik an der Königl. mediz.-chirurg. Militär-Akademie, Direktor der Königl. mediz.-klinischen Lehranstalt im Charité-Krankenhause, zweitem Direktor des klinischen Kursus der Militär-Aerzte, ordentl. Mitgliede der Königl. wissenschaftl. Deputation für das Medizinalwesen im Ministerium der Geistlichen-, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Ritter des eisernen Kreuzes am w. B. zweiter Klasse, und mehrerer gelehrten Gesellschaften in Deutschland, Frankreich und in der Schweiz Mitgliede.
Mit 6 Kupfern.
Berlin 1818.
In der Realschulbuchhandlung.

Späte Rechenschaft: Noch vier Jahre nach seinem Freispruch fühlt Ernst Horn sich genötigt, eine schriftliche Verteidigungsschrift zu verfassen.

Eine Debatte um ärztliche Kunstfehler ist entfacht

Dass gegen eine Koryphäe wie Ernst Horn überhaupt ermittelt wurde, hallt nach. Der preußische Jurist Christoph von Gossler etwa fordert 1814 – zwei Jahre nach Horns Freispruch – in einer Streitschrift verbindlichere Regeln zum Patientenschutz. Einzelne Urteile zeigen, dass sich unter den Richtern in Deutschland mit der Zeit tatsächlich eine höhere Sensibilität für mögliche ärztliche Fehler etabliert: 1834 etwa wird ein Chirurg wegen fahrlässiger Tötung zu einer einjährigen Festungshaft verurteilt und ihm wird die ärztliche Approbation entzogen. Er hatte bei einer Operation am Knie schmutziges Werkzeug benutzt und die Wunde nach dem Eingriff so stümperhaft versorgt, dass der Patient verblutete.

Als Ernst Horn am 27. September 1848 im Alter von 74 Jahren in Berlin stirbt, ebbt die öffentliche Debatte um Kunstfehler in Kliniken und Arztpraxen noch längst nicht ab. Gut 20 Jahre später – 1869 – meldet sich der bekannte Berliner Pathologe und Medizinprofessor Rudolf Virchow in einem Aufsatz zu Wort. Er fordert, allen Ärzten, „die sich in gefährlichem Ausmaß als unfähig erwiesen haben", die Approbation zu entziehen, aber auch „ungerechten Anschuldigungen gegen Ärzte besser vor[zu]beugen". Denn es gebe in der Medizin auch „entschuldbare Irrtümer und Unglücksfälle". Als ärztlichen Kunstfehler definiert Virchow den Verstoß gegen „allgemein anerkannte Regeln der Heilkunst". Strafbar solle jeder Kunstfehler sein, der „aus Mangel an gehöriger Aufmerksamkeit und Vorsicht" begangen wurde. Diese Grundsätze werden die Rechtsprechung noch im 21. Jahrhundert prägen.

„Geisteskrankheiten sind Gehirnkrankheiten"

Ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gewinnen zudem die Naturwissenschaften großen Einfluss in der Medizin: Man strebt empirisch begründete Regeln und Qualitätskontrollen an. Das macht es einfacher, ärztliches Versagen als solches zu benennen und einzuklagen.

Auch was die Behandlung psychisch kranker Menschen betrifft, kommt es zu einem Umdenken. So vertritt der britische Arzt John Conolly schon ab 1839 die Maxime, dass in der Psychiatrie auf jeglichen Zwang verzichtet werden muss. In Deutschland wird ab den 1840er Jahren ebenfalls mit sanfteren Behandlungsmethoden experimentiert: Nervenärzte stellen zum Beispiel fest, dass Gartenarbeit das Leid mancher Psychiatriepatient:innen lindern kann.

Viele Fachleute glauben nicht mehr an ein sündiges Leben als Auslöser von Geisteskrankheiten. Medizinforscher suchen stattdessen bei verstorbenen Patient:innen posthum nach Auffälligkeiten in der Gehirnanatomie. Wilhelm Griesinger, der zwischen 1865 und 1868 als erster Direktor die neu geschaffene neurologische und psychiatrische Abteilung der Charité leitet, formuliert das Dogma vieler Vertreter der neuen Generation von Nervenärzten: „Geisteskrankheiten sind Gehirnkrankheiten".

Unter Griesingers Schülern und Nachfolgern wird sich Berlin zu einem der wichtigsten Zentren psychiatrischer Forschung in Europa entwickeln. Am Ende des 19. Jahrhunderts bereichern zudem die Entdeckungen und Theorien des Wiener Nervenarztes Sigmund Freud zu den Einflüssen frühkindlicher Traumata auf die Entstehung seelischer Krankheiten die Psychiatrie.

Wie viel Einfluss der Prozess gegen Ernst Horn auf solche neuen Ansätze hatte, ist ungewiss. Offensichtlich aber hat sich der Blick vieler Nervenärzte und -ärztinnen auf Geisteskrankheiten und deren angemessene Behandlung seit 1811 stark verändert. Und mit hoher Wahrscheinlichkeit wäre der Leiter einer Psychiatrischen Klinik schon Ende des 19. Jahrhunderts nicht mehr einfach vor Gericht freigesprochen worden, wäre eine seiner Patientinnen in einem zugeschnürten Leinensack gestorben.

Zeitreise

Eine Chronik der Berliner Gesundheitsforschung

1685
Gründung des Collegium medicum, das Chirurgen, Wundärzte, Hebammen und Apotheker in Berlin und der Kurmark beaufsichtigt

1710
Vor den Toren der Stadt, nahe der heutigen Luisenstraße, eröffnet ein Pesthaus, in dem Pestkranke isoliert werden. 1727 wird es zu einem Militärlazarett und Krankenhaus und erhält von Kaiser Friedrich Wilhelm I. den Namen Charité. Es hat 400 Betten und unterhält eine Lehranstalt für angehende Ärzte.

1713
Mit der Eröffnung des Theatrum anatomicum entsteht in Berlin eine medizinische Lehrstätte für zivile Ärzte, Wundärzte des Militärs, Hebammen und anderes medizinisches Personal. Am 29. November 1713 wird hier die erste Leiche öffentlich seziert.

1724
Das Theatrum anatomicum wird dem neu gegründeten Collegium medico-chirurgicum unterstellt, das bis 1809 besteht. Preußen erlässt 1725 eine Ausbildungsordnung für Heilberufe. Ärzte durchlaufen eine theoretische und praktische Ausbildung.



1801
Christoph Wilhelm Hufeland wird Leibarzt der königlichen Familie, Direktor des Collegium medico-chirurgicum und Erster Dirigierender Arzt der Charité. Seine Rolle als Staatsrat in der Abteilung Gesundheitswesen ist prägend für das preußische Gesundheitswesen. Hufelands Schwerpunkt liegt auf der Armenfürsorge und Impfstoffen. In seinem Werk „Makrobiotik“ thematisiert er das persönliche Gesundheitsverhalten und die staatliche Gesundheitsfürsorge.

1795
In der Friedrichstraße entsteht mit der Pépinière eine Bildungsanstalt für Militärärzte in Berlin. Die Studierenden besuchen Vorlesungen im Collegium medico-chirurgicum und erhalten eine praktische Ausbildung an der Charité. Ab 1818 heißt die Pépinière Medizinisch-chirurgisches Friedrich-Wilhelms-Institut, ab 1895 Kaiser-Wilhelm-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen.

1787
Auf Initiative von Christian Andreas von Cothenius und im Auftrag von König Friedrich Wilhelm II. wird die Tierarzneischule gegründet und das Anatomische Theater gebaut.



1803
Das Anatomische Museum wird auf Basis der aus 3070 Präparaten bestehenden Privatsammlung des Anatomen Johann Gottlieb Walter gegründet.

1810
Das Theatrum anatomicum und das Anatomische Museum werden Teil der neu gegründeten Berliner Universität.

1811
Der Prozess gegen den Psychiater Ernst Horn wegen Kunstfehlern in der Behandlung einer Patientin findet statt. Er gilt als der erste moderne Arzthaftungsprozess in Preußen (↗ S. 72).

1832
Johann Friedrich Dieffenbach veröffentlicht das erste Lehrbuch zur Krankenpflege in Preußen. Er treibt die plastische Chirurgie voran und optimiert später die 1846 eingeführte Äthernarkose.

1840
Johann Lukas Schönlein, der die deutsche Medizin durch die Einführung naturwissenschaftlicher Methoden reformiert, zieht nach Berlin, wo er Direktor der Medizinischen Klinik der Charité wird. Er wendet sich gegen die verbreitete naturphilosophische Denkrichtung.



1869
Der Chirurg und Augenarzt Albrecht von Graefe wird zum Vorsitzenden der neu gegründeten Berliner Medizinischen Gesellschaft gewählt. Von Graefe führt einige der ersten erfolgreichen Glaukom-Operationen durch und legt den Grundstein für die moderne Augenheilkunde.

1865
An der Charité übernimmt Wilhelm Griesinger, der den ersten Lehrstuhl für Psychiatrie und Neurologie innehat, die erste neurologische Station Preußens. Er treibt einen Paradigmenwechsel in der Medizin voran, indem er „Geisteskrankheiten" als Erkrankungen des Gehirns und Nervensystems beschreibt, und leitet eine Reform des Irrenwesens an der Charité ein.

1855
Rudolf Virchow formuliert in seinem Werk „Die Cellularpathologie" einen der zentralen Grundsätze der modernen Zelltheorie: *Omnis cellula e cellula.* Das bedeutet, dass jede Zelle aus einer anderen Zelle hervorgeht. Virchow erweitert damit die Zelltheorie von Matthias Jacob Schleiden und Theodor Schwann, die beide in Berlin studierten.



1873
Rudolf Virchow kommt zu dem Schluss, dass die Epidemien, die Berlin seit dem großen Choleraausbruch von 1831 regelmäßig heimsuchen, auf „vermeidbare Umstände" zurückzuführen und eine Frage der „Aufgaben der öffentlichen Gesundheitspflege" sind. Als Abgeordneter setzt er sich für Stadthygiene und den Krankenhausausbau ein. Bis 1881 wird in Berlin ein neues Kanalisationssystem fertiggestellt.

1876
Das Kaiserliche Gesundheitsamt wird gegründet – als erste zentralisierte nationale Behörde für öffentliche Gesundheit. Dies markiert eine bedeutende Institutionalisierung der staatlichen Verantwortung für die medizinische Aufsicht und Seuchenbekämpfung.

1876
Franziska Tiburtius eröffnet entgegen der in Preußen verbreiteten Ansicht, dass Frauen für den Arztberuf ungeeignet seien, eine ärztliche Praxis in Berlin. Zwei Jahre später richtet sie mit Emilie Lehmus in der Alten Schönhauser Straße eine Poliklinik für arme Frauen und Kinder ein. Tiburtius absolvierte ein Medizinstudium in Zürich; in Preußen darf sie praktizieren, aber nicht den Titel „Arzt" tragen.

1883
Mit den Sozialreformen des Reichskanzlers Otto von Bismarck wird in Deutschland das weltweit erste System der gesetzlichen Krankenversicherung eingeführt. Diese bahnbrechende Gesetzgebung ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer institutionalisierten Sozialfürsorge und eines öffentlichen Gesundheitsschutzes.

1882
Der Chirurg Bernhard von Langenbeck baut an der Charité einen chirurgischen Hörsaal, der zu einem wichtigen Zentrum der modernen chirurgischen Ausbildung wird. Seine Innovationen machen Berlin zu einem Zentrum der Chirurgie in Europa.

1882
Der Mediziner und Mikrobiologe Robert Koch macht eine der folgenreichsten Entdeckungen der Medizingeschichte, indem er das Bakterium *Mycobacterium tuberculosis* als Erreger der Tuberkulose identifiziert. Es folgt eine langjährige wissenschaftliche Debatte zwischen Koch und Virchow, in der Koch die Bakterien als Krankheitsursache in den Mittelpunkt stellt, während Virchow die pathologischen Prozesse auf zellulärer Ebene betont. Kochs bakteriologische Techniken – insbesondere seine Methoden zur Kultivierung von Bakterien – tragen dazu bei, die Mikrobiologie als wissenschaftliche Disziplin zu begründen. Er erhält 1905 den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin.



1884
Emil von Behring beginnt an Diphtherie erkrankte Kinder zu behandeln. Die Krankheit verläuft im Kindesalter oft tödlich und belastet das Leben unzähliger Familien in Preußen. Bis 1890 gelingt es ihm, ein therapeutisches Serum gegen Diphtherie zu entwickeln, was als Geburtsstunde der modernen Immuntherapie gilt. Der später als „Retter der Kinder" bekannte Immunologe erhält 1901 den ersten Nobelpreis für Physiologie oder Medizin.

1891
Das Robert Koch-Institut wird als „Königlich Preußisches Institut für Infektionskrankheiten" in Berlin gegründet. Robert Koch leitet das Institut bis 1904. Bis heute ist es eine wichtige Einrichtung des öffentlichen Gesundheitswesens, die direkt dem Gesundheitsministerium unterstellt ist und insbesondere für die Erforschung von Infektionskrankheiten und die epidemiologische Überwachung zuständig ist.

1894
Robert Koch erweitert das Verständnis mikrobieller Krankheiten durch die Entdeckung des Cholera-Erregers *Vibrio cholerae*. Dies bestätigt die bakterielle Grundlage der Cholera und trägt dazu bei, die Maßnahmen zur Wasserhygiene zu verbessern.

1903
Ernst von Leyden, Prominentenarzt und Leiter der I. Medizinischen Klinik der Charité, gründet die erste Krebsabteilung der Charité.

um 1900
Berlin ist ein weltweites Zentrum der Medizin, die Medizinische Gesellschaft zählt 1200 Mitglieder. Im Sommersemester 1902 sind 1018 Studierende in der medizinischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin immatrikuliert, 1219 im Wintersemester 1902/03. Frauen sind in Preußen noch nicht zum Studium zugelassen.

1899
Das Pathologische Museum wird mit 2000 Quadratmetern Ausstellungsfläche im Rahmen des Umbaus der Charité eröffnet. Rudolf Virchow wählte den Standort des heutigen Berliner Medizinhistorischen Museums persönlich aus, da es sowohl als Lehrstätte als auch als Zentrum für pathologisch-anatomische Forschung dienen sollte. Bis 1901 wächst die Sammlung auf 23.066 Präparate an.

1898
Der Chirurg August Bier, späterer Direktor der Chirurgischen Universitätsklinik in Berlin, führt die erste erfolgreiche Spinalanästhesie (Rückenmarksbetäubung) in Kiel durch. Durch diese Methode können Patient:innen komplexen Operationen ohne vollständige Bewusstlosigkeit unterzogen werden.

1894
Der Urologe Maximilian Nitze leistet Pionierarbeit auf dem Gebiet der endoskopischen Fotografie. Ihm gelingen mit dem eigens entwickelten „Photokystoskop" die ersten fotografischen Aufnahmen von inneren Organen.



1904
Hans Virchow, Sohn von Rudolf Virchow, bietet in Berlin erstmals Präparierkurse für Frauen im Rahmen eines medizinischen Ausbildungsprogramms an. Bereits ab 1898 organisierte Helene Lange Vorbereitungskurse für Frauen, um ihnen den Zugang zur akademischen Bildung zu ermöglichen.

1906
In Berlin-Wedding wird auf Initiative von Rudolf Virchow das Rudolf-Virchow-Krankenhaus eröffnet, das nach dem Prinzip der Gartenstadt konzipiert ist. Es gilt als das modernste Krankenhaus Europas und vereint Fortschritte in Hygiene, Architektur und medizinischer Organisation.

1908
Frauen erhalten in Preußen das Recht auf ein reguläres Studium, auch im Fach Medizin. Zuvor waren sie nur als Gasthörerinnen zugelassen (seit 1896). Eine bedeutende Wegbereiterin ist Lydia Rabinowitsch, die eng mit Robert Koch zusammenarbeitet, insbesondere zur Erforschung der Übertragungswege von Tuberkulose (siehe Beitrag in **ALBERT** Nr. 8). Die Medizinerin Rahel Hirsch, die unter anderem in Zürich studiert hat, leitet ab 1908 die Poliklinik der Charité.




PROF. SAUERBRUCH
OPERIERT –

1919
Magnus Hirschfeld gründet das Institut für Sexualwissenschaft in Berlin und setzt sich für sexuelle Freiheit, Aufklärung und die Entkriminalisierung gleichgeschlechtlicher Beziehungen ein.

1914
Der Ausbruch des Ersten Weltkriegs führt zu einer tiefgreifenden Umstrukturierung des Berliner Gesundheitswesens. Viele Ärzte werden an die Front berufen, während die Berliner Krankenhäuser für die Versorgung von Kriegsverwundeten umgerüstet werden. Die Charité spielt eine zentrale Rolle bei der Organisation der militärischen Krankenpflege und medizinischen Kriegsforschung.

1909
Der Mediziner Paul Ehrlich entwickelt mit Salvarsan das erste gezielt wirkende Chemotherapeutikum gegen die damals weitverbreitete Geschlechtskrankheit Syphilis. Die Substanz, auch unter dem Namen „Heilarsen" bekannt, wird 1910 klinisch eingeführt und markiert den Beginn der modernen Chemotherapie. Ehrlich, der bis 1899 in Berlin geforscht hat, erhält 1908 den Nobelpreis für seine Beiträge zur Immunologie.

1928
Ferdinand Sauerbruch wird Direktor der Chirurgischen Klinik der Charité. Er entwickelt eine Unterdruckkammer für Brustkorboperationen sowie innovative Prothesen für Kriegsversehrte und ist einer der bekanntesten Chirurgen seiner Zeit. Als Gutachter des Deutschen Reichsforschungsrats gibt er später seine Zustimmung zu den Menschenversuchen Josef Mengeles in Auschwitz.

1929
Der Assistenzarzt Werner Forßmann führt sich in Eberswalde einen Katheter in das Venensystem ein, um zu beweisen, dass das Einführen eines Katheters in die rechte Herzkammer möglich ist. 1956 erhält er mit André Cournand und Dickinson W. Richards den Nobelpreis für Entdeckungen zur Herzkatheterisierung.

1930
Im Berliner Stadtteil Buch nimmt das Institut für Hirnforschung unter der Leitung des Neuroanatomen-Ehepaars Oskar und Cécile Vogt seine Arbeit auf. Das Institut ist Teil der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und wird in der DDR zu einem international anerkannten Zentrum für Krebs- und Herz-Kreislauf-Forschung. Im Jahr 1992 entsteht daraus das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, heute Max Delbrück Center.

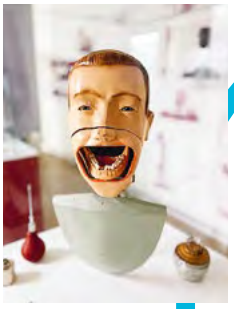


2. Mai 1945
Die Rote Armee besetzt die Charité. Während des Krieges werden 90 % der Gebäude der Charité durch Bomben zerstört, von der Sammlung des Pathologischen Museums sind von 35.000 Präparaten nur 1800 erhalten. Die DDR-Regierung beschließt den Wiederaufbau der Charité.

1940er Jahre
In Berliner Kliniken, darunter der Charité, kommt es zu medizinischen Menschenversuchen an KZ-Häftlingen, Zwangsarbeiter:innen und Patient:innen. Diese Experimente betreffen unter anderem Impfstoffe, chirurgische Eingriffe und Medikamententests und verstoßen massiv gegen medizinische Ethik.

1939
Im Rahmen des sogenannten T4-Programms beginnt die systematische Ermordung von Menschen mit geistigen und körperlichen Behinderungen. Die zentrale Planungsstelle hat ihren Sitz in der Berliner Tiergartenstraße 4 (T4). Unter dem Deckmantel der „Euthanasie" werden zwischen 1939 und 1941 etwa 70.000 Patient:innen in eigens dafür eingerichteten Tötungsanstalten ermordet. Der Selektion geht jeweils eine ärztliche Begutachtung voraus.

1933
Mit der Machtübernahme der Nationalsozialisten wird die Berliner Medizin zunehmend ideologisch gleichgeschaltet. Viele jüdische Ärzte und Ärztinnen verlieren ihre Approbation oder werden aus Universitäten und Kliniken vertrieben.



1949
Petros Kokkalis, Pionier der Herz- und Thoraxchirurgie in der DDR, wird Direktor des Instituts für experimentelle Herz- und Gefäßchirurgie am Krankenhaus Friedrichshain in Ost-Berlin. Seine Arbeit zur extrakorporalen Zirkulation bildet die Grundlage für den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine.

1951
Mit der Gründung der Medizinischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin erfolgt die formale Vereinigung der Charité mit der Universitätsmedizin.

1962
Der Österreicher Otto Prokop wird zum Direktor des Instituts für Rechtsmedizin an der Charité in Ost-Berlin berufen, wo er wesentliche Impulse für die moderne forensische Medizin setzt. 1964 obduziert er den an der Berliner Mauer erschossenen Grenzsoldaten Egon Schultz.

1967
Moritz Mebel, Chefurologe der Charité, führt gemeinsam mit Otto Prokop und Harald Dutz die erste erfolgreiche Nierentransplantation in der DDR durch. Die Transplantationsmedizin gehört zu den Prestigeprojekten der DDR (↗ S. 34).



2003
Die Charité – Universitätsmedizin Berlin entsteht als Europas größtes Universitätsklinikum durch Zusammenschluss des Universitätsklinikums Benjamin Franklin und der Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin.

1998
Das Berliner Medizinhistorische Museum der Charité wird eröffnet. Sein Vorläufer ist das 1899 von Rudolf Virchow errichtete Pathologische Museum.

1982
Das Bettenhochhaus der Charité wird unter Anwesenheit von Erich Honecker eröffnet. Es gilt als Prestigeprojekt der DDR-Gesundheitspolitik, bietet über 1200 Patient:innen Platz und ist mit seinen 21 Stockwerken auch in West-Berlin sichtbar.

1969
Ingeborg Rapoport erhält an der Charité den ersten Lehrstuhl für Neonatologie in Europa. In ihrer Abteilung baut sie eine Station für Neugeborenen-Intensivtherapie und eine Forschungsgruppe auf. Im Westen übernimmt Emil Sebastian Bücherl den Lehrstuhl für Chirurgie an der Freien Universität Berlin und führt eine der ersten Herztransplantationen in Deutschland durch. Er gilt als Pionier der Kunstherzforschung und Transplantationsmedizin.

1968
Das Universitätsklinikum Steglitz wird in West-Berlin eröffnet. Es vereint als erstes deutsches Universitätsklinikum Forschung, Lehre und Krankenversorgung in einem Gebäude.

2007
Das Exzellenzcluster NeuroCure nimmt seine Arbeit zu neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen auf, es wird seither durch die Exzellenzinitiative von Bund und Ländern durchgehend gefördert (↗ S. 31).

2009
Zum ersten Mal findet der World Health Summit in Berlin mit rund 700 Teilnehmenden statt. Mittlerweile kommen jährlich rund 4000 internationale Gesundheitsexpert:innen nach Berlin, um sich zu Themen der globalen Gesundheit auszutauschen (↗ S. 44).

2010
Im Rahmen des Charité Human Remains Project werden Provenienzen von menschlichen Überresten aus kolonialen Kontexten ermittelt. 2011 übergibt die Charité in einer feierlichen Zeremonie 20 Schädel von Herero und Nama aus der Zeit der Kolonialkriege (1904–1908) an Namibia. Weitere Gebeine folgen.

2013
Das Max Delbrück Center und die Charité gründen mit Senat, Bund und der Helmholtz-Gemeinschaft das Berliner Institut für Gesundheitsforschung (Berlin Institute of Health, BIH) als zentrale Forschungseinrichtung für Translationale Medizin. 2021 wird das BIH in die Charité integriert.

2026
Das neue Berliner Exzellenzcluster ImmunoPreCept erforscht den Übergang von Gesundheit zu Krankheit und legt einen neuen Schwerpunkt auf zelluläre Prävention (↗ S. 26).

Fachliche Beratung: Monika Ankele

Albert fragt: Warum galt die Philosophie in der Antike als heilsam?

Christian Vogel ist Gastprofessor für Klassische Gräzistik am Institut für Griechische und Lateinische Philologie an der Freien Universität Berlin. Er arbeitet schwerpunktmäßig zu antiken Bildungskonzepten sowie Praktiken philosophischer Wissensvermittlung.

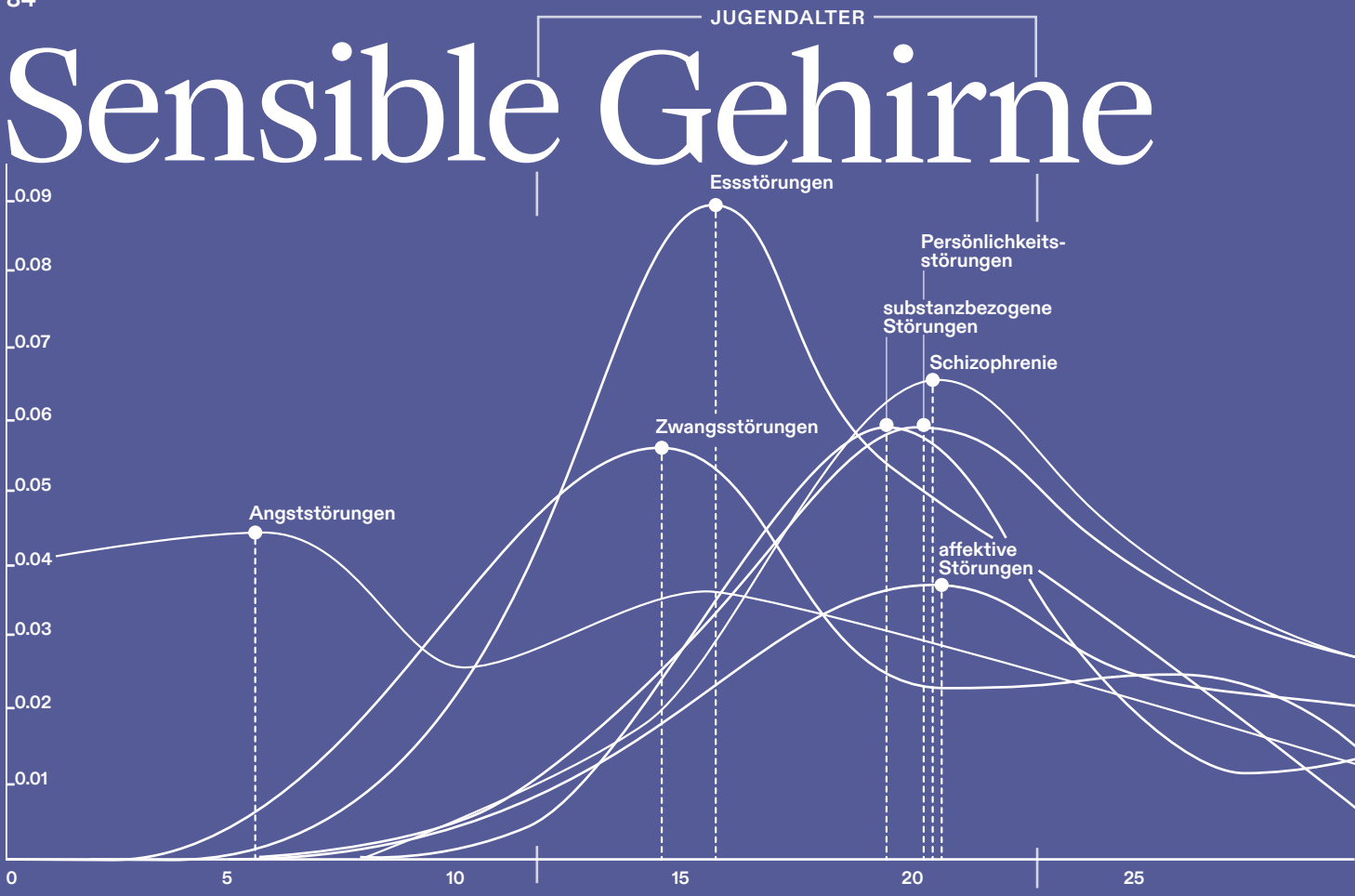
In der Antike galt Philosophie als Heilkunst – nicht nur für den Geist, sondern auch im Dienst der körperlichen Gesundheit. Einerseits war sie Werkzeug der Medizin: Ärzte nutzten philosophische Methoden, um Krankheiten rational zu erklären und auf wenige Grundprinzipien zurückzuführen. So forderte der berühmte Mediziner Galen, ein guter Arzt müsse auch Philosoph sein – vertraut mit Logik für die Diagnostik und mit dem Verständnis von Gesundheit als Zusammenspiel von Körper und Seele.

Andererseits verstand sich die Philosophie selbst als Heilmittel der Seele. Für Platon und Aristoteles war die Seele das zentrale Ordnungsprinzip des Menschen. Ihre gesunde innere Ordnung galt als Voraussetzung für Glück – und als Bedingung körperlichen Wohlbefindens. Seelische Vermögen unterschieden sie nach ihrer Ausrichtung auf Sinnliches oder Einsichtiges. Die Vernunft mit ihrem Blick auf das Ganze sollte führen, sinnliche Begierden und Geltungsstreben sollten sich unterordnen. Der Weg dorthin führte über Bildung – und über Lusterziehung. Denn woran ein Mensch Freude hat, zeigt und prägt seine seelische Verfasstheit.

Die hellenistischen Schulen – Stoiker, Epikureer, Skeptiker – sahen wiederum in der Philosophie ein Mittel gegen seelische Unruhe – ausgelöst durch unstillbare Wünsche, irrationale Ängste oder das Streben nach letzter Gewissheit. Ziel war Seelenruhe – durch Weltdeutung, innere Unabhängigkeit und kluges Erwartungsmanagement.

Philosophie war so immer auch Lebens- und Heilkunst. Sie half, sich selbst zu erkennen, das Denken zu ordnen und mit Maß und Einsicht zu leben – für eine gesunde, glückliche Seele.

Sensible Gehirne



Psychische Erkrankungen treten besonders häufig in der Jugend auf. Behandelt werden sie jedoch vor allem bei Erwachsenen, wenn sie voll ausgebildet sind. Es braucht dringend eine frühere Erkennung, Behandlung und Prävention psychischer Erkrankungen bei jungen Menschen

Ein Plädoyer von Peter J. Uhlhaas

Psychische Erkrankungen stellen eine der größten Herausforderungen für Gesellschaft und Wissenschaft dar. Störungen wie Schizophrenie, Depressionen und Persönlichkeitsstörungen verursachen enorme psychosoziale Kosten und führen häufig zu langfristigen Beeinträchtigungen und reduzierter Lebensqualität bei den Betroffenen. Trotz vielversprechender Erkenntnisse der Genetik und Hirnforschung sind die Ursachen dieser Erkrankungen weiterhin unklar. Eine Neuorientierung in der Erforschung und Behandlung ist daher dringend erforderlich.

Im Jugendalter überschneidet sich das Auftreten psychischer Erkrankungen mit tiefgreifenden Veränderungen in der Architektur und Funktionsweise neuronaler Schaltkreise. Während sogenannter sensitiver Phasen – zeitlich begrenzter Entwicklungsprozesse des Gehirns – haben Umwelteinflüsse eine nachhaltige Wirkung auf die Funktionalität und Organisation neuronaler Schaltkreise. Doch diese Phasen sind zugleich wichtige Zeitfenster für präventive Interventionen, damit eine psychische Erkrankung frühzeitig verhindert beziehungsweise ihr Verlauf positiv beeinflusst werden kann.

In den letzten Jahren wurden weltweit neue klinische Versorgungsmodelle für Jugendliche entwickelt, die ihre besondere soziokulturelle Einbettung berücksichtigen. Das erste und umfangreichste Beispiel ist das australische „Headspace-Programm“. Dieses Behandlungsmodell bietet Jugendlichen und jungen Erwachsenen landesweit niedrigschwellige Hilfe bei psychischen Störungen und Substanzkonsum. Viele Länder haben das Modell mittlerweile kopiert. In Berlin findet sich mit dem „Soulspace“ ein erstes Beispiel in Deutschland.

Ebenfalls in Berlin entsteht mit dem Einstein-Zentrum Youth Mental Health (ECYM) ein Forschungsprogramm, das sich gezielt auf psychische Erkrankungen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von zwölf bis 25 Jahren konzentriert und die Frühintervention sowie Prävention psychischer Störungen entscheidend voranbringen soll. Dazu werden

wir eine Kohorte von 1000 Jugendlichen mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung einer Psychose, einer bipolaren Störung oder einer Borderline-Persönlichkeitsstörung sowie gesunde Kontrollpersonen rekrutieren und bis zu vier Jahre lang begleiten.

Das detaillierte Gesamtbild aus Gehirnaktivität, Lebensumfeld und Alltagsverhalten eröffnet neue Wege für Prävention und Früherkennung.

Ziel des ECYM ist es, die biologischen und umweltbedingten Grundlagen psychischer Erkrankungen im Jugendalter besser zu verstehen. Mit modernsten Bildgebungsverfahren wie etwa Quantensensoren werden wir kleinste Magnetfelder im Gehirn messen und so Biomarker identifizieren, die für die Diagnose und Vorhersage psychischer Störungen bedeutend sein könnten. Parallel untersuchen wir den Einfluss von Umweltfaktoren wie Urbanität, Stress und Trauma auf die psychische Gesundheit. Hierbei kommen innovative digitale Verfahren wie Ecological Momentary Assessments zum Einsatz, die mithilfe von Smartphone-Daten das Erleben und Verhalten junger Menschen im Alltag erfassen. Das detaillierte Gesamtbild aus Gehirnaktivität, Lebensumfeld und Alltagsverhalten eröffnet neue Wege für Prävention und Früherkennung und kann langfristig auch über Berlin hinaus als Modell dienen.

Mit dem ECYM entsteht somit ein einzigartiger Forschungsschwerpunkt zu psychischen Störungen im Jugendalter in Deutschland, das den überfälligen Paradigmenwechsel in der Behandlung und Erforschung von psychischen Erkrankungen vorantreiben wird. Es ist ein wichtiger Schritt, dem weitere folgen müssen, um das Jugendalter endlich in den Mittelpunkt von Prävention und Früherkennung zu stellen.

Peter J. Uhlhaas ist Professor für Früherkennung und Frühintervention psychischer Erkrankungen an der Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Er ist Sprecher des neuen Einstein-Zentrums Youth Mental Health.

»Harding hat die Historie hervorragend lesbar aufbereitet, berichtet ausführlich und zeigt viel Empathie in diesem Krimi.«
JOCHEN ZENTHÖFER, FAZ

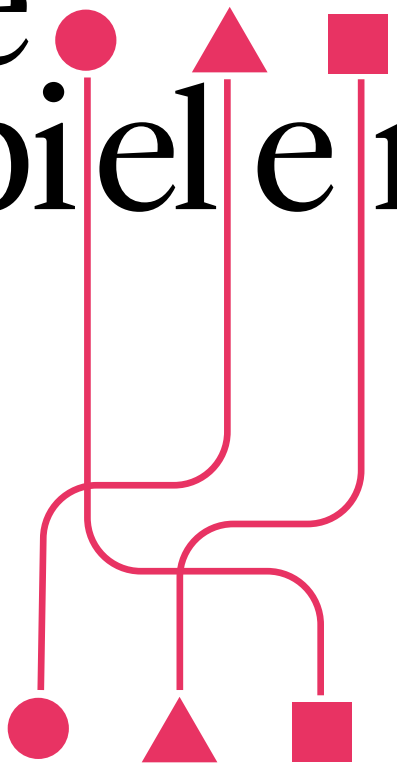


Italien, Sommer 1944
Eine Gruppe deutscher Soldaten trifft in einer Villa in der Nähe von Florenz ein. Hier wohnt Robert Einstein, der Cousin eines der prominentesten Gegner des Naziregimes: Albert Einstein. Doch während dieser in Amerika in Sicherheit ist, gilt dies für Robert nicht. An ihm kann sich das Regime rächen. Zwölf Stunden nach ihrer Ankunft sind die Soldaten verschwunden – und eine Familie ist tot. Dieses Verbrechen verfolgt die Überlebenden bis heute.

Wer hat die Morde angeordnet?
Wer war daran beteiligt? Und warum
kamen die Täter ungestraft davon?

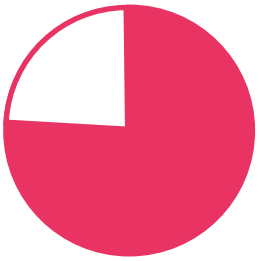
Thomas Harding
Die Einstein-Vendetta
Aus dem Englischen
352 Seiten, 14,2 x 21 cm
Hardcover | mit Farbabbildungen
ISBN 978-3-96428-293-4
€ [D] 26,00
2. Auflage
Jacoby Stuart

„Wir sollten damit aufhören, Tierversuche gegen andere Modelle auszuspielen“



Interview Nora Lessing

Sie sind zentral für die biomedizinische Forschung und Entwicklung neuer Medikamente. Doch selbst vielversprechende Tierversuche führen häufig nicht zum gewünschten Ergebnis. Können Alternativmodelle wie Organoide, 3D-Biodruck oder computergestützte Verfahren helfen, zu aussagekräftigeren Ergebnissen zu kommen und Tiere zu schützen?
Darüber sprach **ALBERT** mit Stefan Hippenstiel, dem Sprecher des Einstein-Zentrums 3R



Zwischen 2009 und 2023 ist die Anzahl der gemeldeten Versuchstiere in Deutschland um 24 % zurückgegangen, obwohl das Forschungsvolumen zugenommen hat.

Herr Hippenstiel, ob Grundlagenforschung oder Medikamentenentwicklung: Weite Teile der biomedizinischen Forschung stützen sich auf Tierversuche. Gibt es dafür gute Gründe?

Stefan Hippenstiel In der Medizin wird an Modellen geforscht und ein Modell spiegelt immer nur Teile des Gesamten wider. Das bedeutet, dass alle Modelle – etwa eine genetisch veränderte Maus oder eine Zellkultur in einer Petrischale – immer nur für ganz bestimmte Forschungsfragen geeignet sind. Nun gibt es in der Tat ethische, aber auch praktische Gründe, warum man bestimmte Dinge am Menschen nicht untersuchen kann und deshalb auf Tiere zurückgreift. Entsprechend sind Tierversuche in der Biomedizin notwendig – und werden es sicherlich auch in Zukunft noch sein.

In welchen Bereichen sind Tierversuche zum Beispiel nicht ersetzbar?

Ein gutes Beispiel ist für mich die Forschung an mitwachsenden Herzklappen. Braucht ein Kind aufgrund eines angeborenen oder erworbenen Herzfehlers eine neue Herzklappe, dann würde eine Klappe aus Plastik schnell zu klein werden – das Kind wächst ja. Da man das Kind im Laufe der Jahre nicht ständig operieren will, versucht man, mitwachsende Klappen zu konstruieren – und die muss man natürlich auch in einem lebenden, wachsenden Organismus testen. Das könnte man zum Beispiel in einem Schaf oder in einem Kalb tun. Ich wüsste nicht, wie man das an einer Zellkultur oder einem anderen Modell erforschen wollte.



Im Jahr 2023 wurden in Deutschland die meisten Versuchstiere für die Grundlagenforschung eingesetzt, nämlich 40 %.

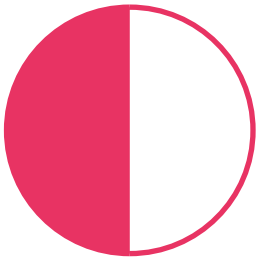
Laut Tierschutzorganisationen und der Initiative „Ärzte gegen Tierversuche“ bewähren sich nur rund 10 Prozent der an Tieren getesteten Substanzen, können also erfolgreich als Medikamente für den Menschen eingesetzt werden. Folgt daraus, dass wir jedes Jahr sinnlos Millionen von Versuchstieren töten?

Es stimmt, dass die translationale Kette – also die Übertragung von Ergebnissen aus dem Tierversuch oder anderen Modellen in den Menschen – unglaublich ineffizient ist. Und dennoch glaube ich nicht, dass wir die hierbei auftretenden Schwierigkeiten allein den Tierversuchen zuordnen können. Wenn das so einfach wäre, hätte die pharmazeutische Industrie längst einen anderen Weg beschritten. Die Translation ist ein sehr komplizierter, vielgliedriger Prozess und es gibt zahlreiche Gründe, warum vieles zunächst vielversprechend aussieht, am Ende aber doch nicht funktioniert. Die Frage, die sich hier stellt, ist: Was lernen wir daraus? Wie kommen wir zu einer besseren Quote? Ich glaube, insbesondere mit Modellen wie Organoiden, die auf menschlichen Zellen basieren, könnten wir womöglich eine Verbesserung erzielen (↗ S. 29).

Organoide, die in ihrer Funktion menschlichen Organen ähneln, könnten also helfen, Tierversuche mit der Zeit zu ersetzen, und zugleich für mehr Erfolge in der biomedizinischen Forschung sorgen?

Mit solchen Prognosen muss man vorsichtig sein und Tierversuche sind sicherlich auch in Zukunft noch notwendig. Aber es scheint so, dass sie zumindest mittlerweile kein Wachstumsmarkt mehr sind. Der CEO von Charles River Laboratories, einem der größten Bereitsteller von Tieren für Tierversuche, ist 2024 an

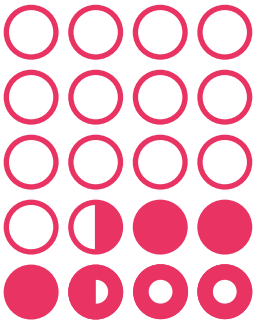
In Berlin hat sich die Anzahl der verwendeten Versuchstiere von 2014 bis 2023 halbiert – auf rund 133.000 Tiere.



die Öffentlichkeit gegangen und hat gesagt: Dieses Gewerbe ist an einem Wendepunkt. Das Unternehmen investiert nun eine halbe Milliarde US-Dollar in alternative Modelle. Hierzu zählen sowohl Organoide als auch computergestützte Verfahren. Auch Staaten investieren aktuell stark in neue Modelle, die USA zum Beispiel im Rahmen des Complement Animal Research In Experimentation Program der National Institutes of Health (NIH). Die Niederlande investieren auf nationaler Ebene 124 Millionen Euro über den Dutch National Growth Fund – ein bemerkenswertes Signal. Ich muss aber noch einmal auf den Begriff der „Alternativen" zu sprechen kommen, den ich schwierig finde: Er impliziert: Dieselben Versuchsreihen, die bislang mit Tieren durchgeführt wurden, könnten künftig mittels anderer Modelle fortgeführt werden. In Teilen der Industrie stimmt das womöglich, aber in der wissenschaftlichen Grundlagenforschung ist das eher nicht der Fall. Vielmehr wird man mit den neuen Modellen zunehmend eine andere Forschung betreiben als bislang.

Weshalb ist es in der akademischen Forschung schwieriger, Tierversuche zu ersetzen?

Ich gebe Ihnen ein Beispiel: In der Industrie muss jeder, der ein neues Medikament entwickelt, nachweisen, dass es nicht schädlich für die Leber ist. Würde man für diese Lebertoxizitätstests, die bisher in der Regel an Nagern durchgeführt werden, Ersatzmethoden finden, die dann auch vom Gesetzgeber anerkannt und offiziell zum Standard gemacht werden, könnte man dadurch viele Tierversuche ersetzen. In der akademischen Forschung wie bei uns an der Charité ist die Situation aber eine gänzlich andere: Wir haben viele kleine Projekte, viele unterschiedliche Fragestellungen, die sich auch sehr schnell ändern können. In der Folge wird ein bestimmter Tierversuch häufig nur einige Jahre lang durchgeführt, dann wird er womöglich an eine neue Fragestellung angepasst. Hier dann jeweils passende alternative Modelle zu entwickeln würde wahrscheinlich länger dauern als die Versuchsreihen selbst. Zudem werden Studien vor der Publikation stets von unabhängigen Gutachter:innen geprüft, deren Einschätzung eines Modells sehr unterschiedlich ausfallen kann. Derartige strukturelle Besonderheiten der akademischen Grundlagenforschung machen es sehr schwer, Tierversuche zu ersetzen. Der Großteil aller Tierversuche findet aber genau hier statt.



Der Anteil der Tierversuche für translationale Forschung lag in Berlin 2023 bei 13,6 %, für Grundlagenforschung bei 34,5 %.

Als Sprecher von Charité 3R sowie des Einstein-Zentrums 3R setzen Sie sich dafür ein, alternative Modelle in der Berliner Forschungslandschaft voranzutreiben und so Tierleid zu reduzieren. Angesichts all der genannten Herausforderungen – wie gehen Sie dabei vor?

Das 3R-Konzept geht auf zwei Herren namens William Russell und Rex Burch zurück und steht für Replace, Reduce, Refine. Das Ziel ist, Tierversuche zu ersetzen, zu reduzieren und zu verbessern. Sowohl das Einstein-Zentrum 3R als auch Charité 3R fördern das in verschiedenen Bereichen. In der Charité treiben wir Verbesserungen beispielsweise in unserem Tierhaus voran, indem wir Wege finden, den Schutz der Tiere zu optimieren und Leid zu mindern. Das betrifft den Bereich Refine. Um Tierversuche insgesamt zu reduzieren, haben wir unter anderem ein Forschungsprojekt und eine Professur ins Leben gerufen, die moderne Bildgebungsverfahren vorantreiben. Etablieren sie sich, sind in diesem Bereich weniger Tierversuche notwendig. Mit Blick auf das Replacement, also den Ersatz, konzentrieren wir uns auf die Weiterentwicklung humanbasierter Modelle – zum Beispiel in unserer Primary Tissue Pipeline. Hier isolieren wir Stammzellen aus dem Gewebe von Patientinnen und Patienten, das nach Operationen normalerweise weggeworfen

würde, und züchten daraus Organoide. Mit diesen kann man dann Ergebnisse erzielen, die man ansonsten womöglich auf Grundlage von Tierversuchen gewonnen hätte.

Und im Einstein-Zentrum 3R?

Auch dort verbinden wir wissenschaftliche Exzellenz mit dem Ersatzgedanken und setzen dabei einen klaren Schwerpunkt auf die Weiterentwicklung humanzellbasierter Organoide – also Modelle menschlicher Organe, die aus humanen Zellen gezüchtet werden und an denen sich vieles erforschen lässt. Zugleich investieren wir viel Zeit und Mühe in die Ausbildung: In vielen verschiedenen Formaten informieren wir Studierende und Promovierende über 3R. Einer unserer Partner, die Freie Universität Berlin, hat zum Beispiel ein europaweites Webinar mit mehr als 1000 Teilnehmenden ins Leben gerufen, in dem über die Möglichkeiten von 3R berichtet wird. Was wir hier in Berlin im Rahmen des Einstein-Zentrums tun, hat also eine große Strahlkraft und macht Berliner Forschung weit über die Hauptstadt hinaus bekannt. Weiterhin wollen wir die Öffentlichkeit besser über Tierversuche und neue Modelle informieren. Auf der Homepage „Alternativen verstehen" haben wir zum Beispiel eine Rubrik geschaffen, unter der wir in allgemein verständlicher Sprache erklären, was die neuen Methoden leisten können.

Welche Erfolge können Sie in der Charité und im Einstein-Zentrum schon vorweisen?

Da gibt es viele. Toll finde ich zum Beispiel, dass es einer unserer Forschungsgruppen gelungen ist, eine neue Art von Darm-Organoid herzustellen: Diese Miniorgane enthalten Bindegewebszellen, die die Ausreifung der Darmschleimhaut verbessern. Das Modell ist dadurch deutlich näher an der menschlichen Organrealität, sodass wir daran bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen perspektivisch zum Beispiel die Wechselwirkung von Bindegewebe und Zellen auf der Oberfläche des Organs untersuchen können. Ein Projekt, das mir ebenfalls sehr gut gefällt, kommt aus der Lungenheilkunde. Hier nutzen Kolleginnen und Kollegen Organoide, um neu auftretende Krankheitserreger zu untersuchen. Erfolgreich einsetzen konnten sie das zum Beispiel in der COVID-19-Pandemie. An der Technischen Universität Berlin ist mittlerweile eine Forschungsgruppe in der Lage, Miniorgane per 3D-Biodruck herzustellen, um in Zusammenarbeit mit externen Institutionen zum Beispiel zu untersuchen, wie sich Strahlentherapie auf Lungentumorzellen auswirkt. Das Projekt finde ich auch deshalb großartig, weil es zwei technische Innovationen miteinander verbindet: dreidimensionale Zellkulturen und die Hochtechnologie des Biodrucks.

In den letzten Jahren zeigt sich, dass viele biomedizinische Forschungsergebnisse einer Überprüfung nicht standhalten. Das lässt auf gravierende qualitative Mängel schließen – auch in Versuchsreihen, die an Tieren durchgeführt werden. Wie stellen Sie im Rahmen des Einstein-Zentrums 3R sicher, dass sich dieser Trend nicht fortsetzt?

Ein wichtiges Ziel des Einstein-Zentrums ist es, die Qualität biomedizinischer Modelle zu verbessern. Zugleich ist es sehr anspruchsvoll, für humanbasierte 3D-Modelle klare Standards und wiederholbare Versuche zu schaffen. Um zu untersuchen, wie es um die Forschungsqualität in diesem Bereich bestellt ist, haben wir vor Kurzem mit vielen Mitwirkenden ein Metareview gemacht, das gerade noch begutachtet wird und auf das ich sehr stolz bin. Wir haben die Fakten aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Publikationen zu 3D-Modellen extrahiert – was genau wird beschrieben, was nicht? Fokussiert haben wir dabei Publikationen im Kontext der COVID-19-Pandemie.



Mäuse sind die häufigsten Versuchstiere: In Berlin waren es 2023 rund 114.000 Tiere – 86,2 %.

An zweiter Stelle folgten Ratten mit 7,1 %.

Affen werden in Berlin nicht eingesetzt.

Der Anteil der Tierversuche der Kategorie „schwere Belastung“ (höchste Belastung) ist seit 2014 im Sinne des 3R-Prinzips „refine“ in Deutschland von knapp 6 % auf gut 3 % zurückgegangen.



Quelle: www.tierversuche-verstehen.de

Zu welchem Ergebnis sind Sie gekommen?

Zusammenfassend kann man sagen: Das Reporting zu diesen 3D-Modellen ist oftmals ein reines Desaster. Ganz viele Dinge, die man zwingend hätte beschreiben müssen, wurden nicht niedergelegt. Das heißt, die Forschung ist in vielen Teilen kaum nachzuvollziehen. Ich finde das schlimm. Natürlich stand ich auch selbst als Forschender in diesem Bereich in der Pandemie unter Zeitdruck. Aber gerade in einer Situation, in der die Politik aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse schnelle Entscheidungen trifft, ist es wichtig, bei aller notwendigen Geschwindigkeit die Sorgfalt nicht außer Acht zu lassen. Dazu gehört eine profunde Dokumentation. Und genau die hat es leider bei einigen Versuchsreihen nicht gegeben.

Was lässt sich daraus ableiten?

Durch die Metastudie haben wir im Einstein-Zentrum unglaublich viel darüber gelernt, was man nicht tun sollte und was man dringend verbessern muss. Das zeigt auch, wie wichtig es ist, dass Wissenschaft sich kritisch reflektiert – eben nicht nur im Bereich der Tierversuche, sondern auch in so einem komplizierten neuen Feld wie der Organoidforschung. Es wird oft gesagt, Tierversuchsstudien seien nicht gut reproduzierbar, weil sie nicht gut beschrieben sind. Mein persönlicher Eindruck ist, dass wir Forschenden diese Fehler gerade in der Organoidforschung wiederholen, während bei Tierversuchen bereits seit Längerem stark an einer verbesserten Darstellung gearbeitet wird. Die Erkenntnisse aus unserer Metastudie könnten zu einer Roadmap für die Berliner Organoid-3R-Forschung werden: Hier wird deutlich, welche Qualitätskriterien wir einhalten müssen, um reproduzierbare Forschung zu betreiben.

Wenn alles so läuft, wie Sie sich das wünschen, was werden die Charité-3R-Initiative und das Einstein-Zentrum 3R in den kommenden Jahren erreichen?

3R muss ein nicht mehr wegzudenkender, selbstverständlicher Baustein in der Berliner Wissenschaft werden. Zudem sollte künftig jede und jeder, der oder die von uns ausgebildet wurde, fehlerfrei fünf Minuten über 3R sprechen können. Mit Blick auf die Forschung wünsche ich mir, dass wir unsere Modelle immer gezielt nach der Forschungsfrage auswählen und uns dabei sowohl trauen Neues auszuprobieren, als auch uns von Modellen zu verabschieden, die sich nicht ausreichend bewährt haben.

Insgesamt hoffe ich, dass wir eine freundliche und sachliche Diskussion mit allen Stakeholdern in Gang bringen – von der Politik über Tierrechtsorganisationen bis hin zur allgemeinen Öffentlichkeit – und dass wir damit aufhören, Tierversuche gegen andere Modelle auszuspielen. Organoide etwa sind eine disruptive Technologie, in die man selbst dann investieren müsste, wenn dadurch kein einziger Tierversuch ersetzt würde. Diese Modelle bringen uns schlicht in der Forschung voran. Zugleich haben Tierversuche nach wie vor ihre Berechtigung und es wird bei der Wahl des Modells auch zukünftig immer auf die Fragestellung ankommen: Je nachdem, was man herausfinden möchte, ist das eine oder das andere Modell besser geeignet.

Stefan Hippenstiel ist Professor für experimentelle Infektiologie und Pneumologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Als Sprecher der Initiative Charité 3R und des Einstein-Zentrums 3R setzt er sich für eine hohe Forschungsqualität in den biomedizinischen Fächern und die Weiterentwicklung humanzellbasierter Modelle ein.

Das Einstein-Zentrum 3R (EC3R) und die Initiative Charité 3R wollen die Übertragbarkeit biomedizinischer Forschungsergebnisse auf den Menschen verbessern. Hierzu entwickeln sie neue Modelle wie humanzellbasierte Miniorgane. Zugleich setzen sie sich für einen verbesserten Tierschutz in der Forschung ein. Beteiligt am EC3R sind die Charité, das Berlin Institute of Health, das Max Delbrück Center, das Robert Koch-Institut, die Freie Universität Berlin, die Humboldt-Universität zu Berlin, die Technische Universität Berlin und das Bundesinstitut für Risikobewertung.

WISSEN SCHAFFT LÖSUNGEN.

40 Hochschulen, 70 Forschungseinrichtungen und rund 200.000 Studierende bringen Berlin kreativ zum Brodeln.

Mehr unter braincity.berlin

BRAIN CITY BERLIN



Impressum

ALBERT
Das Journal der Einstein Stiftung Berlin
Ausgabe Nr. 11 – Gesundheitsforschung

Herausgeber
Einstein Stiftung Berlin
Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin
einsteinfoundation.de

V.i.S.d.P.
Dr. Thorsten Wilhelmy

Redaktion
Mirco Lomoth, Marina Meurer

Fachliche Beratung
Dr. Magnus Rüde

Kontakt
T +49 30 20370 228
albert@einsteinfoundation.de
einsteinfoundation.de/albert

Gestaltung
Heimann + Schwantes

Druck
Gallery Print, Berlin

Lektorat
Helen Bauerfeind

Autor:innen
Christina Berndt, Ulrich Dirnagl, Matthias Eckoldt, Till Hein, Sascha Karberg, Lars Klaaßen, Viktoria Klosowski, Nora Lessing, Mirco Lomoth, Marina Meurer, Lazar Milin, Johanna Mirea, Luise Pann, Martin Rennert, Dietrich von Richthofen, Jess Rohmann, Peter J. Uhlhaas

Bildnachweise
Illustration Titel [AI], S. 22+23, 24–32, 36+38+41+42 [alle AI], 44, 60+64, 68, 78–82, 86–90: Heimann + Schwantes
S. 6, 9, 10: Herlinde Koelbl
S. 16–21: Alina Simmelbauer
S. 34+35: Bibliothek & Sammlung Medical Humanities, Institut für Geschichte der Medizin und Ethik in der Medizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, IGM-AV-1457
S. 46–50: Stefanie Loos
S. 52–55: Doro Spiro
S. 63: Sci Rep 12, 10614 (2022)
S. 66: Pablo Castagnola / Max Delbrück Center
S. 70: King's College London Archives, Ref. KDBP1/1/867
S. 71: generiert mit Midjourney von Gesine Born, Bilderinstitut Berlin
S. 72: Wikimedia File: Cox Swing.jpg, aus: Joseph Guislain: Traité sur l'aliénation mentale et sur les hospices des aliénés. Vol. 1, Pl. 3. (1828)
S. 73: Wikimedia File: Portret van Ernst Horn, RP-P-1914-2338.jpg, Sammlung Rijksmuseum, Friedrich Wilhelm Bollinger nach einem Gemälde von Heinrich Anton Dähling, 1816
S. 74: Wikipedia Datei: Drehbett.jpg, P.J. Schneider: Entwurf zu einer Heilmittellehre gegen psychische Krankheiten, Tübingen 1824
S. 75: Wikimedia File: York, the Retreat. Instituted in 1792. Wellcome M0013446.jpg
S. 76: aus: Horn, Ernst: Öffentliche Rechenschaft über meine zwölfjährige Dienstführung als zweiter Arzt des k. Charité Krankenhauses, München, Bayerische Staatsbibliothek urn:nbn:de:bvb:12-bsb10286997-2
S. 78: „Ur-Charité", Bibliothek & Sammlung Medical Humanities, IGM-B-UFK-1433
S. 78: Wikipedia Datei: Berlin, Marstall, Anatomisches Theater, Innenraum, 1720.jpg
S. 79: Charité Berlin 1740, Wikimedia File: Berlin Charite 1740.jpg
S. 79: Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre / zwanzig Vorlesungen, gehalten während der Monate Februar, März und April 1858 im pathologischen Institut zu Berlin von Rudolf Virchow. Wellcome Collection
S. 80: M0013262: Exterior of the Institut fur Infektionskrankheiten building. Wellcome Collection
S. 80: Rahel Hirsch im „Physikalischen Zimmer" der II. Medizinischen Klinik der Charité, um 1910, Charité-Album, Institut für Geschichte der Medizin und Ethik in der Medizin
S. 80: Prof. Lydia Rabinowitch Kempner of Berlin, Bain News Service photograph collection, ggbain 06697 // hdl.loc.gov/loc.pnp/ggbain.06697
S. 81: Ferdinand Sauerbruch lecturing: two scenes. Process print after photographs by E. Salomon, 1930, Wellcome Collection 569253i
S. 81: Bartenstein at German Wikipedia, File: Sauerbrucharm mit Hüfnerhand noBG.jpg
S. 82: ullstein bild - ADN-Bildarchiv
S. 84: aus: Der Nervenarzt (2025). https://doi.org/10.1007/s00115-025-01847-1
S. 92+93: Felix Petermann / Max Delbrück Center
S. 94: Wiebke Peitz / Charité
S. 96: Fie Bystrup

© 2026

Einstein Stiftung Berlin
ISSN 2365-4066

Nachdruck nur nach vorheriger Einwilligung

Die Einstein Stiftung wird gefördert durch das Land Berlin.

Senatsverwaltung für Wissenschaft, Gesundheit und Pflege BERLIN



Eiskalter Blick

3D-Bilder schockgefrorener Zellstrukturen in nie dagewesener Präzision: Das Kryoelektronenmikroskop auf dem Campus Berlin-Buch durchleuchtet die kleinsten Strukturen des Lebens

Von Mirco Lomoth

Wenn die Wissenschaftler:innen unter sich sind, nennen sie sie „Kara", nach einer der Walküren der nordischen Sagen. Denn sie ist eine Kämpferin, sagen sie, eine unermüdliche Arbeiterin. 24 Stunden am Tag, sieben Tage in der Woche durchleuchtet das Kryoelektronenmikroskop auf dem Campus Berlin-Buch biologische Proben. Es sind tiefgefrorene, sehr dünne Schnitte von Zellen, die in einem ultrahohen Vakuum einem Elektronenstrahl ausgesetzt werden. Der Strahl durchdringt die Probe und Detektoren messen, was auf der anderen Seite ankommt. Ein Bildverarbeitungsprogramm setzt daraus ein hochaufgelöstes 3D-Bild zusammen – ein Modell, das kleinste biologische Strukturen und Moleküle räumlich darstellt.

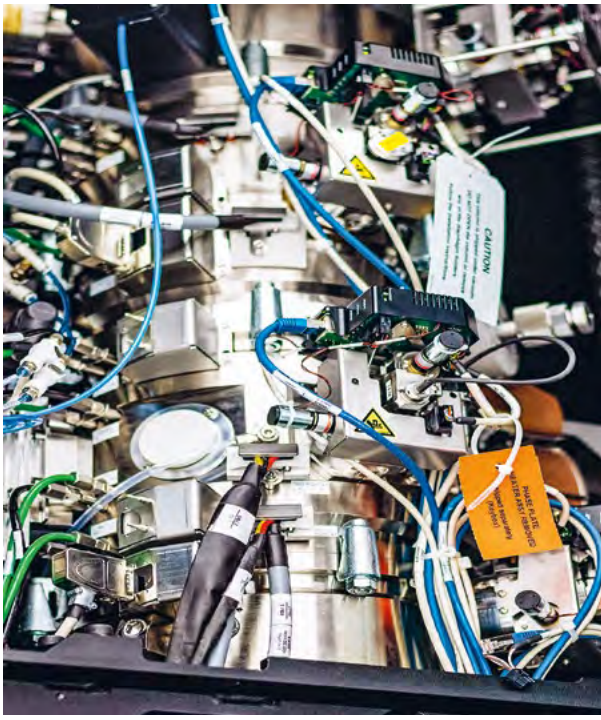
Anders als bisherige Elektronenmikroskope erfasst das Kryoelektronenmikroskop Moleküle, Viren oder Zellbestandteile in der Zellumgebung. Die Zellen müssen dafür nicht chemisch fixiert, also mit Schwermetallen angefärbt oder dehydriert werden, was ihre Struktur auf molekularer Ebene verändern kann. Stattdessen gehen sie durch blitzschnelles Schockgefrieren (Kryofixierung) auf minus 196 Grad in einen glasartigen Zustand über. Ihre Struktur und jedes einzelne Molekül bleiben dabei intakt. Wenn man nun eine hauchdünne Lamelle aus der Zelle herausschneidet, kann man durch sie hindurchschauen wie durch ein Fenster und ihre Strukturen in situ erforschen – also in ihrem natürlichen Zustand innerhalb der Zelle.

Eine nobelpreiswürdige Technologie

So ist es möglich zu erkennen, welche Moleküle zu einem gewählten Zeitpunkt in einer Zelle nebeneinander existieren und wie sich einzelne Zellstrukturen zueinander verhalten. Das hat die Strukturbiologie und die Erforschung biologischer Molekülstrukturen revolutioniert. Die Technologie ist so bahnbrechend, dass ihre Erfinder Jacques Dubochet, Joachim Frank und Richard Henderson 2017 mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet wurden. Forschende haben mithilfe der Kryoelektronenmikroskopie zum Beispiel die Struktur des Zika-Virus so genau bestimmt, dass die Entwicklung eines Impfstoffes möglich wurde.

Auf dem Campus Berlin-Buch hat das Kryoelektronenmikroskop sogar ein eigenes Gebäude bekommen. Dort kann es abgeschirmt von Temperaturen, magnetischen Strahlungen und Schwingungen der Außenwelt seine Arbeit verrichten.

Drei Wissenschaftler unter der Leitung von Christoph Diebolder wachen zusammen mit Techniker:innen der Herstellerfirma darüber, dass „Kara" die besten Bedingungen hat, um möglichst aussagekräftige Daten zu produzieren. Gemeinsam mit Forschenden der Charité – Universitätsmedizin Berlin, des Max Delbrück Centers für Molekulare Medizin und des Leibniz-Forschungsinstituts für Molekulare Pharmakologie entwirft das Team fortlaufend Experimente und legt den genauen Ablauf der Messungen fest.



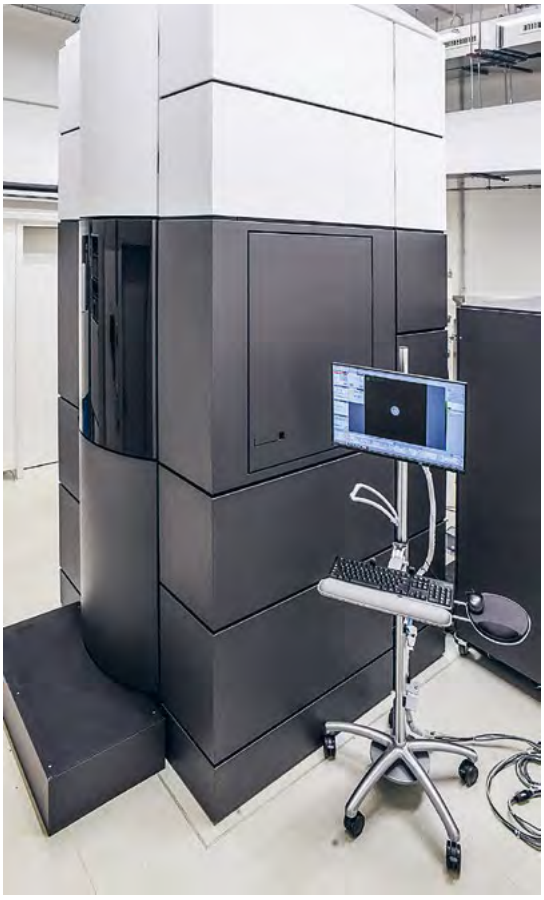
Anders als bisherige Elektronenmikroskope erfasst das Kryoelektronenmikroskop Moleküle, Viren und Zellbestandteile in der Zellumgebung.

Fluoreszenzmarker und Ionenstrahl-Schnitte

Jedes Experiment erfordert eine ganze Reihe komplexer Arbeitsschritte. Die Probe muss zunächst auf einen wenige Millimeter kleinen Objektträger aufgebracht und in flüssigem Ethan bei einem Druck von mehreren Tausend Bar so schnell auf minus 196 Grad heruntergekühlt werden, dass keinerlei Eiskristalle zurückbleiben, sondern die Probe glasartig erstarrt. Dann bestimmen Diebolder und sein Team den exakten Ausschnitt für die Messung. Das Sichtfeld des Kryoelektronenmikroskops ist aufgrund der enorm hohen Auflösung sehr klein – eine Zelle ist riesig dagegen. Unter einem Konfokalen Kryolichtmikroskop kennzeichnen sie daher den zu durchleuchtenden Bereich der Zelle – zum Beispiel ein Verbund von zehn Molekülen – mit fluoreszierenden Markern. Ein Ionenstrahl schneidet anschließend unter einem Rasterelektronenmikroskop eine äußerst dünne Lamelle aus der Probe.

Erst danach kann „Kara“ mit ihren Messungen beginnen. Oft starten diese am Abend, laufen über Nacht und für mehrere Tage. „Dann ist es nicht so einfach, ruhig zu schlafen, aber wir haben die Möglichkeit, die Datenaufnahme von zu Hause zu überwachen, um zu reagieren, wenn etwas schiefläuft“, sagt Diebolder.

Allein „Karas“ Hauptdetektor produziert zwei bis drei Terabyte Daten am Tag. Diese Daten mithilfe von Hochleistungsrechnern weiterzuverarbeiten kann schon mal einen ganzen Monat dauern. „Es ist erstmal enttäuschend, die Ergebnisse zu sehen, weil die Bilder sehr verrauscht sind, aber beim Prozessieren kristallisieren sich die Strukturen heraus“, sagt Diebolder. „Irgendwann kommt dann der Aha-Effekt, wenn man merkt, dass man einzelne Atome sieht, die ein Molekül dazu verleiten, etwas Bestimmtes zu tun.“ Es ist ein eiskalter Blick auf die winzigsten Strukturen der Zellen, auf einen schockgefrorenen Ausschnitt aus den Grundlagen des Lebens.



Kryoelektronenmikroskop auf dem Campus Buch

Typ	**Thermo Fisher Scientific Titan Krios G3i**
Inbetriebnahme	**2020**
Anschaffungskosten	**8 Millionen Euro (Mikroskope und andere Geräte), 3 Millionen Euro (eigenes Gebäude)**
Auslastung	**75 Prozent (bei 24/7-Betrieb)**
maximale Auflösung	**1,8 Angström (0,000001 mm)**
Daten pro Jahr	**0,5 Petabyte**
betreibende Institutionen	• **Charité – Universitätsmedizin Berlin** • **Leibniz-Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie** • **Max Delbrück Center**
Förderung	• **Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Anschaffung** • **Berlin University Alliance (BUA) für die Erweiterung und Nutzung durch Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin und Technische Universität Berlin**

↗ mdc-berlin.de/cryo-electron-microscopy

Albert fragt: Wird Long COVID heilbar sein?

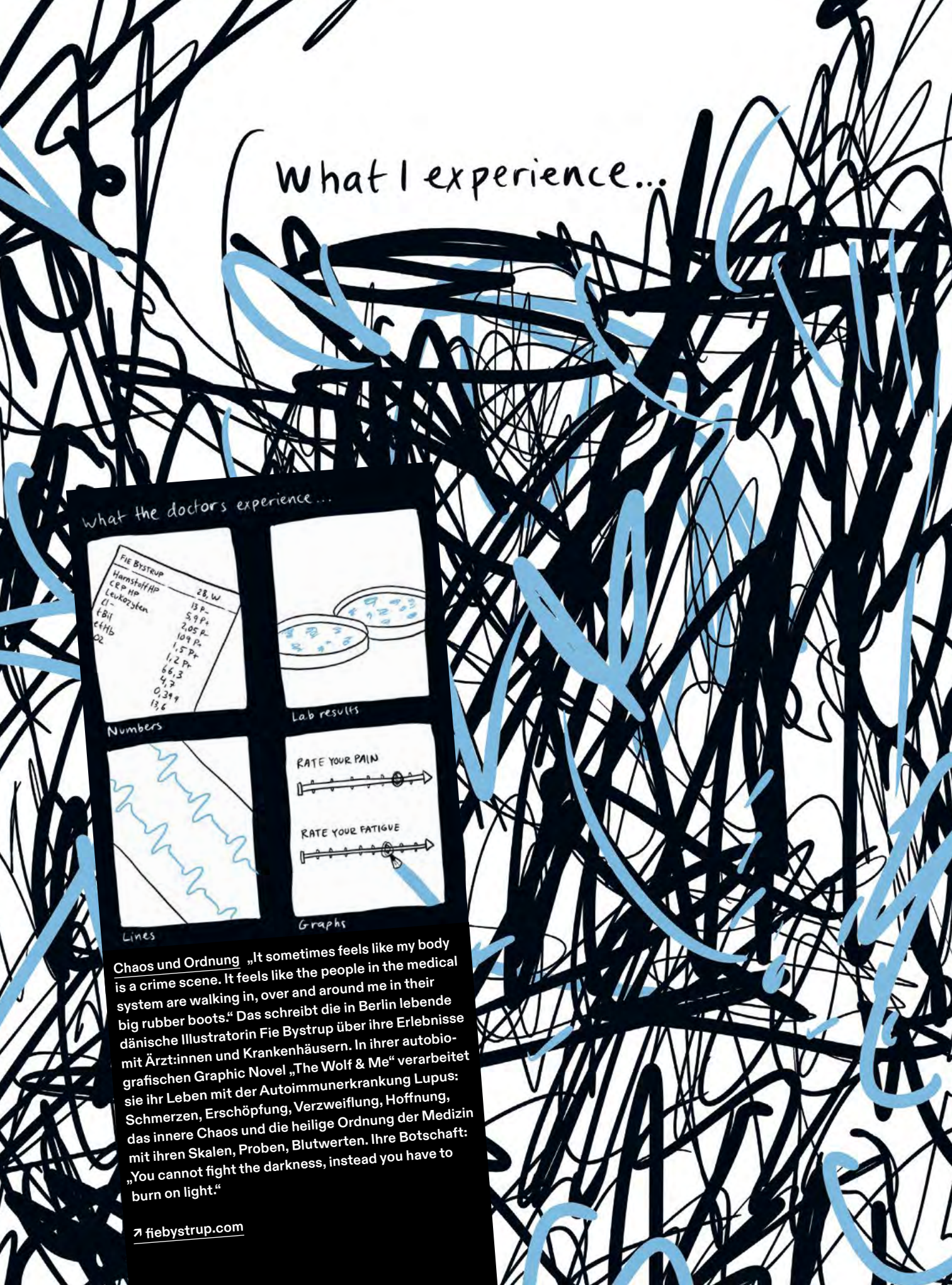
Carmen Scheibenbogen leitet die Abteilung Immundefekte und Postinfektiöse Erkrankungen am Institut für Medizinische Immunologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören die Myalgische Enzephalomyelitis (ME/CFS) und Long COVID. Sie leitet die größte Ambulanz für erwachsene Menschen mit ME/CFS in Deutschland.

Long COVID beschreibt anhaltende Symptome nach einer Infektion mit SARS-CoV-2-Viren – von Erschöpfung über kognitive Störungen bis hin zu Schlafproblemen. Eine besonders schwere Form ist ME/CFS (Myalgische Enzephalomyelitis/Chronisches Fatigue-Syndrom), die bei etwa 10 bis 20 Prozent der Long-COVID-Erkrankten auftritt. Dabei verschlimmern sich die Symptome häufig schon nach leichter Anstrengung und führen zu einem „Crash", auch Post-Exertionelle Malaise (PEM) genannt. Dieser kann Wochen bis Monate andauern und den Alltag erheblich beeinträchtigen.

Postinfektiöse Symptome können auch nach anderen Infektionen auftreten, besonders bei Frauen – ein Umstand, der ihre Akzeptanz erschwert: Erkrankungen wurden lange Zeit als psychiatrische Störungen eingeordnet und ihre wissenschaftliche Untersuchung wurde vernachlässigt. Auch bei Long COVID sind drei Viertel der Betroffenen Frauen.

Heute weiß man, dass ein fehlgesteuertes Immunsystem und Autoantikörper, die sich gegen den eigenen Körper richten, eine Schlüsselrolle spielen. Erste Therapiestudien, darunter zur Immunadsorption – ein Verfahren zur Entfernung solcher Antikörper –, zeigen positive Ergebnisse. Allerdings gibt es noch keine zugelassenen Therapien.

Allein in Deutschland gibt es mindestens eine Million Long-COVID-Erkrankte. Die Hoffnung auf Heilung, zumindest für einen Teil von ihnen, ist jedoch realistisch. Denn eine Grundlage für die Medikamentenentwicklung haben wir schon: Wir kennen Marker und können im Blut sehen, wenn Zellen Autoantikörper produzieren. Jetzt hängt es von Forschungsmitteln ab, wie schnell Medikamente auf den Markt gebracht werden können.



Chaos und Ordnung „It sometimes feels like my body is a crime scene. It feels like the people in the medical system are walking in, over and around me in their big rubber boots.“ Das schreibt die in Berlin lebende dänische Illustratorin Fie Bystrup über ihre Erlebnisse mit Ärzt:innen und Krankenhäusern. In ihrer autobiografischen Graphic Novel „The Wolf & Me“ verarbeitet sie ihr Leben mit der Autoimmunerkrankung Lupus: Schmerzen, Erschöpfung, Verzweiflung, Hoffnung, das innere Chaos und die heilige Ordnung der Medizin mit ihren Skalen, Proben, Blutwerten. Ihre Botschaft: „You cannot fight the darkness, instead you have to burn on light.“

↗ fiebystrup.com

Die Stiftung

Die Einstein Stiftung fördert Wissenschaft und Forschung in und für Berlin – unabhängig und auf internationalem Spitzenniveau. Die geförderten Wissenschaftler:innen und Nachwuchstalente leisten Außergewöhnliches in ihrem Fachgebiet. Eine hochkarätig besetzte Wissenschaftliche Kommission stellt sicher, dass unabhängig von der Fachrichtung oder der Institution die vielversprechendsten Anträge identifiziert werden. Antrags- und förderberechtigt sind die vier Berliner Universitäten – die Freie Universität Berlin, die Humboldt-Universität zu Berlin, die Technische Universität Berlin, die Universität der Künste Berlin – sowie die Charité – Universitätsmedizin Berlin. Seit Gründung der Stiftung im Jahr 2009 wurden rund 250 Wissenschaftler:innen – unter ihnen drei Nobelpreisträger –, über 70 Projekte und zehn Einstein-Zentren gefördert. Um die Qualität in der Wissenschaft voranzubringen, vergibt die Stiftung zudem jährlich den internationalen Einstein Foundation Award for Promoting Quality in Research in Kooperation mit dem QUEST Center for Responsible Research am Berlin Institute of Health in der Charité (BIH).

einsteinfoundation.de

DAS JOURNAL
Wir wollen Berliner Spitzenforschung nicht nur fördern, sondern auch anschaulich machen. Deshalb gibt es ALBERT, das jährlich erscheinende Journal der Einstein Stiftung. Kostenfrei.
einsteinfoundation.de/albert

DIE VERANSTALTUNGEN
Sie möchten die schlauen Köpfe der Einstein Stiftung live erleben? Wir laden regelmäßig zu Vorträgen und Gesprächen mit geförderten Professor:innen und Fellows ein.
einsteinfoundation.de/einblicke

DER PODCAST
Exzellente Wissenschaft für die Ohren! In unserer Podcast-Reihe #AskDifferent erörtern Wissenschaftler:innen die großen und kleinen Fragen, die sie bewegen. Hören Sie rein!
einsteinfoundation.de/podcast

DIE PORTRÄTSERIE
Unsere Serie Elephants & Butterflies bringt die Forschung der geförderten Wissenschaftler:innen und das, was sie bewegt, bildhaft auf den Punkt.
einsteinfoundation.de/elephants-butterflies

Wenn Sie nichts verpassen möchten, melden Sie sich für unseren Newsletter an: einsteinfoundation.de/newsletter oder folgen Sie uns auf Instagram oder Linkedin.

ALBERT

„Ein bisschen Kranksein ist manchmal ganz gesund.“

Rudolf Virchow zugeschrieben, zitiert nach Universitas 62. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 2007, S. 1318

EINSTEIN
Foundation.de