

H+ Premium Business Digitale Zwillinge in der Medizin

Die digitale Landkarte des menschlichen Körpers

Der „Human Reference Atlas“ ist ein digitales Modell des gesunden Körpers, mit Details bis auf Zellebene. Was dieser digitale Zwilling leisten kann – und welche Probleme er lösen soll.

Jana Ehrhardt-Joswig
06.11.2025 - 06:08 Uhr

Artikel anhören 07:43



Digitale Zwillinge: Sie sollen helfen, Therapien individuell abzustimmen und medizinische Eingriffe vorab zu simulieren. Foto: HanseMerkur

Berlin. Grob geschätzt, besteht der menschliche Körper aus etwa 37 Billionen Zellen. Jede einzelne davon hat eine bestimmte Aufgabe, kommuniziert mit anderen und verändert sich im Laufe des Lebens – durch Alter, Krankheit oder äußere Einflüsse.

Diese komplexe Dynamik will der Human Reference Atlas (HRA) sichtbar machen – ein internationales Forschungsprojekt, das den Körper eines gesunden Erwachsenen digital abbildet. Das Modell dient als Vergleichsmaßstab: Wie sieht ein Organ oder eine Zelle im Normalzustand aus, und was verändert sich, wenn eine Krankheit entsteht, der Mensch älter wird oder sich ungesund ernährt?

„Es gibt einen großen Unterschied zwischen den Zellen eines 18- und denen eines 88-jährigen Menschen“, sagt Katy Börner, Professorin für Intelligente Systemtechnik an der Indiana University Bloomington. Sie koordiniert das internationale Forschungsteam hinter dem Atlas und wird nun drei Jahre lang als Gastwissenschaftlerin am Berlin Institute of Health forschen.

So funktioniert ein „digitaler Zwilling“

Langfristig soll aus dem Atlas ein „digitaler Zwilling“ werden, der die Anatomie und die Funktionen des Körpers abbildet. Die US-Gesundheitsbehörde NIH („National Institutes of Health“) hat dafür das Projekt „Whole Person Reference Physiome“ gestartet, ein Modell, das die Prozesse innerhalb des Körpers zeigen soll, von der Atmung über den Blutkreislauf bis hin zur Zellaktivität.

Digitale Zwillinge gelten als eines der großen Zukunftsthemen in der Medizin. Sie könnten helfen, Krankheiten frühzeitig zu erkennen, Therapien individuell abzustimmen und medizinische Eingriffe vorab zu simulieren, heißt es beim Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE. Doch was in der Industrie längst Alltag ist, steckt in der Biomedizin noch in den Anfängen.



Wir wissen noch zu wenig über Gesundheit als Prozess.

Helene Langevin

National Center for Complementary and Integrative Health

„Die Forschung konzentriert sich oft auf einzelne Organe oder Krankheiten“, sagte Helene Langevin, Direktorin des National Center for Complementary and Integrative Health, dem Portal „Lab News“ über das NIH-Projekt. „Wir wissen noch zu wenig über Gesundheit als Prozess“ – also darüber, wie Zellen und Organe miteinander kommunizieren oder wie Krankheiten entstehen, oft lange, bevor erste Symptome auftreten.

So wird der Körper in 3D abgebildet

Der Human Reference Atlas umfasst laut Börner derzeit etwa 5000 anatomische Strukturen, darunter 67 Organe sowie verschiedene Gewebe und Gefäßsysteme. Zusätzlich enthält er Informationen darüber, welche Zelltypen wo vorkommen, welche Gene in diesen Zellen aktiv sind und welche Biomarker sie tragen.



**Ihnen
gefällt
dieser
Artikel?**

„Das kann man sich vorstellen wie eine Landkarte des Körpers, auf der nicht nur die großen Städte – das sind die Organe –, sondern auch Straßen und Stadtviertel – also Gefäße und funktionelle Gewebeeinheiten – verzeichnet sind“, sagt Börner.



Katy Börner, Professorin für Intelligente Systemtechnik an der Indiana University Bloomington Foto: Andreas Bückle

Damit diese „Landkarte“ nicht nur für Experten verständlich ist, spielt die Visualisierung eine zentrale Rolle. Der Human Reference Atlas zeigt den Körper in 3D – vom großen Ganzen bis ins kleinste Detail. So lassen sich gesundes und krankhaftes Gewebe direkt vergleichen, etwa bei Krebs oder altersbedingten Veränderungen. „Visualisierungen helfen uns, komplexe Zusammenhänge sichtbar zu machen“, sagt Börner.

Die Datenbasis für den Atlas liefert das Forschungsprogramm „Human BioMolecular Atlas Program“, kurz HuBMAP. Im Jahr 2018 hat es die NIH initiiert.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler analysieren dafür Gewebeproben auf Einzelzellniveau und kartieren, welche Zelltypen wo vorkommen, wie sie miteinander kommunizieren und welche Gene oder Biomarker dabei aktiv sind. Die Ergebnisse fließen direkt in den Atlas ein und werden dort räumlich verortet, etwa in einem digitalen 3D-Modell der Niere, der Haut oder des Darms.

Hier ist der Atlas bereits im Einsatz

Weitere Datenquellen sind etwa der Human Cell Atlas, ein internationales Großprojekt zur systematischen Erfassung aller Zelltypen, oder LungMAP, das sich auf Lungengewebe konzentriert. Insgesamt liefern mehr als 25 Forschungsverbünde aus den USA und Europa molekulare und räumliche Daten aus verschiedenen Organen und Geweben für den Atlas.

In Forschung und Diagnostik kommt der HRA laut Börner bereits zum Einsatz, etwa um Gewebeveränderungen bei Krankheiten zu analysieren. Für die Pathologie wurde dafür der „Cell Distance Explorer“ entwickelt.



Menschliche Gehirne brauchen Werkzeuge, um die Komplexität des Lebens zu verstehen

Katy Börner

Mit diesem digitalen Tool können Forschende und Ärzte die räumlichen Beziehungen zwischen Zelltypen – sogenannte „Zellnachbarschaften“ – genau untersuchen und sichtbar machen, wie sich diese bei Krankheiten verändern.

So erklärt es Katy Börner: „Wenn Zellen, die eigentlich nah beieinander liegen, sich voneinander entfernen, kann das ein Hinweis auf krankhafte Prozesse sein – etwa bei Krebs, Entzündungen oder altersbedingten Veränderungen.“ Der HRA hilft dabei, solche Veränderungen nicht nur zu erkennen, sondern auch zu quantifizieren und vergleichen – etwa zwischen gesunden und kranken Geweben oder zwischen verschiedenen Altersgruppen.

Bei der Lunge zum Beispiel zeigt der Atlas, dass sich bei übergewichtigen Menschen Fett im Lungengewebe ablagert. „Das verändert die Zellfunktionen und lässt Entzündungen aufflammen“, sagt Börner. Folgen können Kurzatmigkeit oder eine beschleunigte Alterung der Lunge sein.

Geschlechtergerechte Medizin ist das Ziel

Die Wissenschaftlerin ist stolz darauf, dass der HRA neben einem männlichen Modell auch eins für Frauen enthält. „Viele der bestehenden Atlas-Systeme sind nur für den männlichen Körper gemacht – und das kann nicht sein.“

Der HRA mache geschlechtsspezifische Unterschiede sichtbar. Dies, so Börner, sei die Voraussetzung für eine gerechtere und präzisere Medizin – etwa bei der Entwicklung von Medikamenten oder der Diagnose von Krankheiten, die sich bei Frauen anders äußern als bei Männern.

Ohne Künstliche Intelligenz (KI) wäre das alles nicht möglich, da die Komplexität biologischer Daten menschliche Analysefähigkeiten übersteige. KI helfe, die riesigen Datenmengen aus Zellanalysen, Gewebekartierungen und molekularen Prozessen zu strukturieren, Muster zu erkennen und medizinische Zusammenhänge sichtbar zu machen. Nicht nur für Forscherinnen und Forscher, sondern auch für Ärztinnen, Pathologen und andere Fachleute.



H+ Premium Business Start-up Ebenbuild



Mit dem digitalen Lungen-Abbild die Therapie besser steuern
