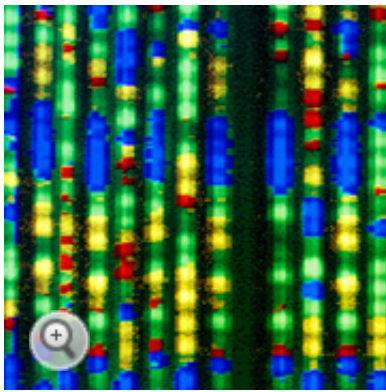


Persönliches Genom

Mit dem Erbgut auf dem Chip zum Arzt

Die Entzifferung des Erbguts wird billiger und schneller. Bald werden Patienten ihre DNA-Sequenz auf dem Chip ihrer Versichertenkarte mit zum Arzt nehmen, glaubt der Evolutionsbiologe Axel Meyer. Und die Therapie wird mit Hilfe riesiger Datenbanken für jeden Patienten maßgeschneidert.

Neun Jahre ist es her, dass Bill Clinton und Tony Blair der Welt stolz die "Entschlüsselung" des menschlichen Genoms verkündeten. Das Human Genome Project war ein veritabler Kraftakt, der Tausende von Wissenschaftlern in mehr als einem Dutzend Ländern 15 Jahre lang beschäftigt hatte. Die Entzifferung des ersten menschlichen Genoms kostete damals noch einige Milliarden US-Dollar.



Corbis

DNA-Sequenz: Das "perfekte" Genom gibt es nicht, wir sind alle Mutanten

Der wissenschaftliche Meilenstein wurde gleich gesetzt mit der ersten Mondlandung oder der Erstellung des Periodensystems der Elemente.

Viel Getrommel. Etwas bescheidener gesagt: Im Jahr 2000 wurde erstmals die Reihenfolge fast aller der mehr als drei Milliarden Bausteine des genetischen Materials des Menschen bestimmt. Die feierliche Verkündung war verfrüht, denn es dauerte noch sechs weitere Jahre, bis das menschliche Genom wirklich vollständig sequenziert war. Und das noch immer nicht völlig fehlerfrei: Auch heute noch kommt schätzungsweise auf 10.000 DNA-Basenpaare ein Fehler.

Nun ist es zwar entziffert, aber entschlüsselt ist es noch längst nicht. Was genau unsere etwa 25.000 Gene tun, wie sie zusammenarbeiten und wie Variationen von Gensequenzen Krankheiten bewirken, weiß man noch immer nicht vollständig. Ganz zu schweigen davon, dass wir noch nicht einmal annähernd aus der Abfolge der DNA-Sequenz ablesen können, wie ein Mensch aussieht, was für Eigenschaften er hat, und welche Krankheiten er mit welcher Wahrscheinlichkeit bekommen wird.

Es ist zu einfach zu glauben, dass ein einzelner Gendefekt eine Krankheit verursacht. Dieser Fall ist eher die Ausnahme als die Regel. Und es ist ebenso zu einfach anzunehmen, dass wir wissen werden, was einen Menschen auszeichnet, wenn wir seine Genomsequenz kennen. Diese Fragen zu beantworten ist weitaus komplizierter.

Die Entzifferung des Genoms wird immer schneller und billiger

In bis zu drei Millionen Mutationen können sich zwei Menschen voneinander unterscheiden. Sie können verschieden viele Kopien von Genen besitzen, oder noch weitaus größere Unterschiede in ihrem Erbgut aufweisen. Die Kombinationsmöglichkeiten dieser Varianten sind immens groß und die Effekte der Mutationen aufeinander noch weitestgehend unbekannt - und meistens summieren sie sich auch nicht linear einfach auf.

Um herauszufinden, wie sie zusammenwirken braucht man riesige Datenbanken - und viele menschliche Genome. Und man muss sie mit den jeweiligen Krankheitsgeschichten, den Vorfahren und den Kindern der sequenzierten Leute in Verbindung zu bringen.

Aber dies ist kein unmögliches Unterfangen mehr, denn die Entzifferung des Genoms wird immer schneller und billiger. In den letzten beiden Jahren sind bereits die kompletten Genome einer Handvoll einzelner Menschen bestimmt und veröffentlicht worden. Meist waren es Wissenschaftler, der erste von ihnen war der Nobelpreisträger und **Mit-Entdecker der DNA-Struktur, James Watson.**

Dank neuer Technologien war dafür nur noch ein kleines Team notwendig, die Entzifferung von Watsons Genom dauerte weniger als ein Jahr und kostete nur noch rund eine Million US-Dollar.

Und die Kosten sinken immer weiter: Die Genome einer Afrikanerin, eines Chinesen und eines Koreaners, die kürzlich entziffert wurden, kosteten nur noch 100.000 US-Dollar.

Kürzlich schafften Wissenschaftler die Sequenzierung eines menschlichen Genoms für nur noch 48.000 US-Dollar. Derzeit läuft das "1000 Genome Project" mit dem Ziel, die Genome von mehr als 1000 Menschen zu entziffern. Die Sequenzierungskosten dafür liegen noch viel niedriger. Wenn das Projekt abgeschlossen ist, wird die Beziehung von genetischer Variation zu medizinischem Zustand auf einer solideren Basis stehen.

Aber bei den 1000 menschlichen Genomen wird es nicht lange bleiben. Das "1000-Dollar-Genom" ist nur noch eine Frage der Zeit. Dank einer weiteren neuen Methode, die im nächsten Jahr marktreif sein soll, wird die einstige Milliarden-Arbeit bald noch sehr viel einfacher, schneller und erschwinglicher werden.

Und mit ihr wird auch die medizinische Diagnostik Riesenschritte vorwärts machen, wenngleich wir von einem wirklichen Verständnis der Information des menschlichen Genoms trotzdem noch weit, weit entfernt sind.

Dennoch - durch die Bestimmung vieler weiterer Genome von Gesunden und Krebspatienten wird es sich beispielsweise errechnen lassen, welche Mutationen in welchen Kombinationen mit welchen Krankheiten zusammenhängen - zum Beispiel einige Krebsarten.

Die Kommerzialisierung des Genoms rückt näher

Werden wir dann wissen, wie oder warum Krebs entsteht? Nicht wirklich, aber es sind wichtige erste Schritte einer langen, vorhersehbaren Entwicklung, um zu diesem Verständnis näher zu kommen. Eine Heilung bedeutet dies aber selbstverständlich auch noch nicht.

Auch die Kommerzialisierung des Genoms rückt näher. Das Zeitalter der persönlichen kompletten Genomanalyse ist schon da. Ab nächstem Jahr kann sich jedermann sein Genom für nur wenige tausend Dollar bestimmen lassen.

Firmen wie "23AndMe" verlangen schon heute sogar nur 399 US-Dollar, um 100 genetische Risiken für Krankheiten und andere genetische Merkmale mit fragwürdigem Sinn charakterisieren zu lassen. Dies ist jedoch der bisher noch zugegebenermaßen naive Anfang der persönlichen Genomik.

Geht der technische Fortschritt auf diesem Gebiet so rasant weiter, werden in wenigen Jahren medizinische Diagnostiklabors, die heute Tests auf HIV machen, auf Rezept des Hausarztes komplette Genome einzelner Patienten bestimmen.

Das unmittelbare Ziel ist die persönliche Pharmakogenomik - die auf die jeweilige genetische Ausstattung maßgeschneiderte medikamentöse Behandlung - mit besserer Wirksamkeit und weniger Nebenwirkungen.

Bald werden wir alle, zumindest wir in der westlichen Welt, unser persönliches Genom auf unserer Chipkarte zum Arzttermin mitbringen - oder dem Arzt Zugang zu zentralen Datenbanken erlauben.

Ärzte und genetische Berater werden mit Hilfe der Erbgut-Informationen und riesiger Datenbanken Patienten hinsichtlich ihrer Medikamente, ihrer Familienplanung, oder gar genetischer Therapien beraten. Dies wird dann echte persönliche Medizin sein, die auf berechenbaren genetischen Wahrscheinlichkeiten und nicht auf dem Gefühl oder der begrenzten Expertise des Hausarztes beruht.

Das perfekte Genom gibt es nicht

Die moralischen und versicherungstechnischen Implikationen dieser genomischen Zukunft sind immens, und auch noch zum großen Teil ungeklärt. Werden genetisch "gesündere" Patienten womöglich darauf drängen - oder dazu berechtigt sein? - weniger für ihren Versicherungsschutz zu zahlen?

Dennoch, das "perfekte" Genom gibt es nicht, wir sind alle Mutanten.

Diese Entwicklung wird kommen. Wissenschaftler, Ethiker und Philosophen werden sich damit auseinander zu setzen haben. Und die ethische, moralische und finanzielle Einschätzung dieser Zukunftstechnologien wird sich von Nation zu Nation unterscheiden. Mit der Folge, dass wohlhabende Patienten sich die Nation werden aussuchen können, in der sie sich testen oder gar behandeln lassen möchten - ganz ähnlich wie es schon heute der Fall ist in der Reproduktionsmedizin.

Die Macht des Schicksals - also mit welchen Genvarianten uns unsere Vorfahren und die Mutation und Rekombination dazu ausgestattet haben - wird dann klarer zu erkennen sein, wenn wir genau wissen werden welche Mutationen wir ins uns tragen. Vielleicht werden wir so schon von Geburt an Medikamente bekommen, vielleicht wird sogar die genetische Kompatibilität von Eltern vorab getestet und die genetische Lotterie Fortpflanzung kontrollierbarer. Ich sage nicht, dass dies eine in allen Aspekten wünschenswerte Zukunft ist, aber diese Entwicklungen sind vorhersehbar und werden alles verändern.

Man mag diese "Schöne Neue Welt" verdammen, aber aufhalten kann man sie nicht.

URL:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/persoennesliches-genom-mit-dem-erbgut-auf-dem-chip-zum-arzt-a-635890.html>

Mehr auf SPIEGEL ONLINE:

Vererbte Krankheiten: Forscher zweifeln am Nutzen von Gentests (25.05.2009)

<http://www.spiegel.de/spiegel/a-626442.html>

"Personal Genome Project": Zehn Forscher veröffentlichen ihre Gene im Netz (21.10.2008)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/personal-genome-project-zehn-forscher-veroeffentlichen-ihre-gene-im-netz-a-585571.html>

Genomanalyse: Peepshow ins Ich (02.06.2008)

<http://www.spiegel.de/spiegel/a-557978.html>

US-Angebot: Googeln in den eigenen Genen - für 999 Dollar (23.01.2008)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/us-angebot-googeln-in-den-eigenen-genen-fuer-999-dollar-a-530343.html>

Titel: Die Sprache des Lebens

</spiegel/print/d-26448598.html>

Sequenzier-Rekord: Forscher entziffern menschliches Erbgut für 48.000 Dollar (11.08.2009)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/sequenzier-rekord-forscher-entziffern-menschliches-erbgut-fuer-48-000-dollar-a-641799.html>

Mehr im Internet

"Edge"

<http://www.edge.org>

"Edge" - The World Question Center

<http://www.edge.org/questioncenter.html>

Evolutionsbiologie Uni Konstanz

<http://www.evolutionsbiologie.uni-konstanz.de/index.php?section=25>

1000 Genomes Project

<http://www.1000genomes.org/>

SPIEGEL ONLINE ist nicht verantwortlich für die Inhalte externer Internetseiten.

© SPIEGEL ONLINE 2009

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigung nur mit Genehmigung der SPIEGELnet GmbH