



Medizin der Zukunft

# Ich und der digitale Avatar

von Alan Niederer / 28.6.2017, 05:30 Uhr

Die Sequenzierung des Erbguts hat eine Entwicklung losgetreten, an deren Ende der digitale Avatar steht. Was das für den Patienten heisst, soll ein fiktiver Arztbesuch von 2050 erläutern.



Es ist Mittwochmorgen. Der 83-jährige Mann betritt das Gesundheitszentrum und geht zur Empfangstheke. Routiniert steckt er seinen digitalen Pass, der zugleich seine Gesundheitskarte ist, in den dafür vorgesehenen Schlitz. Sofort erscheint der Desk-Manager, ein Roboter, der mit freundlicher Stimme den Mann begrüsst und erklärt, dass die geplante Kontrolluntersuchung in Testeinheit 14 stattfinden wird. Dann fokussiert die künstliche Sprechstundenhilfe auf die Begleitperson neben dem Mann: «Ihr Enkel?»



Künstlich hergestellte Wesen: Ausschnitt aus dem Science-Fiction-Film «Avatar». (Bild: Everett Collection / Keystone)

«Ja», sagt der Mann stolz. «Leo wird vielleicht Medizin studieren. Deshalb möchte er einmal sehen, wie so ein Gesundheits-Check abläuft.»



Schweiz 2050

## Die NZZ blickt auf eine Schweiz im Jahr 2050

24.5.2017, 17:16

«Das ist toll», antwortet der Desk-Manager. «Als ehemaliger Hausarzt können Sie ihm sicher erklären, wie sich die Medizin in den letzten Jahren verändert hat.»

Und wie sie sich verändert hat, denkt der Mann und geht zur angegebenen Testeinheit. Wie alle sechs Monate wird er in der engen Kabine vollautomatisch untersucht. Dabei wird ein hochauflösendes MRT-Bild des ganzen Körpers angefertigt, und ein Laborautomat führt an einem Tropfen Blut verschiedene Funktionsmessungen durch. Die so gewonnenen Informationen fliessen in Echtzeit in den digitalen Avatar des alten Mannes ein.

«Der digitale Avatar ist eine grosse Sache», sagt der Mann zu seinem Enkel.

### MEISTGELESEN IN DIESEM RESSORT

Medizin der Zukunft

#### Ich und der digitale Avatar

Alan Niederer / vor 3 Stunden

Altersvorsorge

#### Was Berset nicht zu sagen wagt

Hansueli Schöchli / vor 3 Stunden

Weltweite Freizügigkeit

#### Ein Migrationsexperte träumt von der Schweiz als Vorreiterin

Markus Schär / 27.6.2017



Anzeige

### Burgenland: Kulinarik, Kultur & Veloferien

Vom Wein, über die Oper, bis hin zur E-Bike Tour: Ideen für genussvolle Ferienerlebnisse.

«Ich weiss, Opa», erwidert Leo und lächelt. «Der virtuelle Patient . . . Heute ist doch fast alles virtuell.»

Vor ein paar Jahren liess sich der alte Mann von seinem Hausarzt, der heute Medical Coach heisst, das Prinzip des digitalen Avatars erklären. Danach willigte er ein, einen solchen Doppelgänger von sich anlegen zu lassen. Der Arzt hatte ihn überzeugt, dass sich damit die medizinische Versorgung verbessern liesse. Zudem hatte heute jeder einen solchen Avatar, auch Leo.

Die Idee dahinter ist eigentlich einfach, denkt der Mann, während er auf Anweisungen des Desk-Managers wartet. Doch die Umsetzung war ein Riesenkrampf. Als Arzt und interessierter Zeitgenosse erlebte er die Entwicklung hautnah mit. Die gewaltigen Fortschritte in Genetik, Molekularbiologie und IT machten es möglich, den menschlichen Körper als eine Art Computer zu verstehen. Demnach entsteht Leben, Gesundheit oder auch Krankheit dann, wenn genetische Information (Genotyp) in eine bestimmte biologische Ausprägung (Phänotyp) umgesetzt wird – wobei bei diesem Umsetzungsprozess auch die im Körper wirksamen Umweltbedingungen eine Rolle spielen.

Im Prinzip ist es wie bei der Wettervorhersage. Aus bekannten Anfangsbedingungen und dem Wissen über die komplexen Wechselwirkungen der meteorologischen Parameter lässt sich am Computer das Wetter von morgen simulieren. Dass das so gut gelingt, hat zwei Gründe. Erstens haben Forscher die chemisch-physikalischen Grundlagen des Wetters studiert. Und zweitens haben sie so viele Messungen durchgeführt, dass sie die noch bestehenden Wissenslücken durch statistische Assoziationen schliessen konnten. Diese Vorgehensweise hat sich auch die Medizin zunutze gemacht, wobei unsere Anfangsbedingungen als Erbgut in den Zellen zu finden sind. Ist es einmal im Leben sequenziert, liegt der komplette Bau- und Funktionsplan einer Person vor.

Der alte Mann schmunzelt. Er kann sich noch gut erinnern, wie die Entschlüsselung des menschlichen Genoms um das Jahr 2000 herum für Aufregung sorgte. Zu Recht, denn damit hatte alles begonnen: die Präzisionsmedizin, die personalisierte Gesundheitsvorsorge . . . und der digitale Avatar. Mit der raschen und bezahlbaren Sequenzierung des Erbguts war es möglich geworden, zum Ursprung von Gesundheit und Krankheit vorzudringen.

Früher, als er selber noch als Hausarzt tätig war, ging er von den Beschwerden des Patienten aus. Anhand dieser Symptome führte er ein paar Untersuchungen wie EKG, Labor oder Röntgen durch. Danach stand die Diagnose meist fest. Doch die Diagnose war nicht besonders präzise. So gab es noch den Prostatakrebs, den Herzinfarkt, die Thrombose.

### **Die gewaltigen Fortschritte in Genetik, Molekularbiologie und IT machten es möglich, den menschlichen Körper als eine Art Computer zu verstehen.**

Das hat sich fundamental geändert. Heute hat jeder Krebspatient seinen – molekularbiologisch – eigenen Tumor, der sich im Verlauf der Krankheit und durch die Behandlung zusätzlich wandelt. Dieses

Prinzip der Heterogenität gilt nicht nur für Tumor- und andere Krankheiten, sondern auch für die Patienten, die sich – unabhängig von der Krankheit – auf molekularer Ebene unterscheiden. Um solch potenziell wichtige Unterschiede zu erkennen, müssen die Ärzte heute viel mehr Informationen sammeln als früher.

So werden im Blut nicht mehr nur einzelne Eiweissstoffe bestimmt, sondern ganze Netzwerke aus chemischen Substanzen gemessen, die zum Beispiel bei Entzündungsprozessen oder Krebserkrankungen in den Zellen aktiviert werden. Mit all diesen Daten wird der persönliche Avatar des Patienten gefüttert. Dieser ist nichts anderes als ein individualisiertes Computermodell, mit dem sich mögliche Krankheiten und deren Verlauf simulieren lassen.

Die Anfänge dieses systembiologischen Ansatzes liegen vierzig Jahre zurück, erinnert sich der alte Mann. Weil das noch viel zu komplex war, nahmen sich die Forscher damals nicht gleich den ganzen Organismus vor, sondern begannen, einzelne Teilgebiete am Computer zu simulieren. So gab es schon früh ein virtuelles Krebsmodell, das knapp 600 teilweise mutierte Gene berücksichtigte. Andere Forscher simulierten das Herz und den Kreislauf. Auf diese Weise entstand über die Jahre ein digitales Patientenmodell. Um die eigenen Daten ergänzt, wird daraus der virtuelle Doppelgänger. An ihm lässt sich nicht nur simulieren, wie sich ein bestimmtes Risikogen unter verschiedenen Lebensumständen auswirkt. Am persönlichen Avatar können auch verschiedene Therapien durchgespielt werden. Die beste wird dann beim realen Patienten eingesetzt.

«Wir sollten jetzt los», sagt Leo und berührt seinen Grossvater sanft an der Schulter. Zusammen gehen sie ins Besprechungszimmer, wo sie vom Medical Coach erwartet werden, einem Arzt aus Fleisch und Blut.

«Wie geht es Ihnen?», fragt der Mediziner, während er auf den Computerbildschirm auf seinem Schreibtisch starrt.

«Ganz gut», sagt der alte Mann, «aber manchmal fühle ich mich etwas müde.» Er fragt sich, wie lange es wohl noch dauern wird, bis der Arzt auch den Gemütszustand des Patienten im Computer sehen kann. Noch ist das Modul «psychische Gesundheit» nicht ausreichend validiert, um in den Avatar integriert zu werden.

«Der Funktionszustand in den Blutzellen zeigt ein auffälliges Muster», sagt der Medical Coach. «Daraus könnte sich eine aggressive Leukämie entwickeln.»

«Das würde die Müdigkeit erklären», meint der ehemalige Hausarzt nachdenklich. «Was lässt sich dagegen tun?»

«Ich werde mich noch heute in den internationalen Knowledge-Pool einloggen und das weltweite Wissen über die bei Ihnen gemessene genetisch-biochemische Konstellation abrufen. Danach werde ich an Ihrem Avatar ein paar Simulationen mit verschiedenen Wirkstoffen laufen lassen. Gut möglich, dass wir das Signal zum Verschwinden bringen, noch bevor die Blutzellen auffällig werden.»

## **Die Leute haben es akzeptiert, dass die**

## Diagnose Krebs oft ein Todesurteil war.

«Und wenn nicht?», fragt der alte Mann, der plötzlich einen Kloss im Hals spürt. «Wäre das der Anfang vom Ende?»

«Auch dann stehen die Chancen ziemlich gut, dass wir die Krankheit in Schach halten können.»

«So wie früher die HIV-Infektion?»

«Genau – bevor wir das Virus eliminieren konnten», präzisiert der Medical Coach und lacht. «Wenn wir regelmässig unsere Messungen durchführen, können wir sehen, wann die ersten Krebszellen gegen die Medikamente resistent werden. Dann müssen wir nur die Behandlung anpassen. So sind wir dem Krebs immer einen Schritt voraus.»

«In meiner Zeit als Arzt waren wir meist einen Schritt hinterher», sagt der alte Mann.

«Das muss ganz schön frustrierend gewesen sein.»

«Nicht unbedingt. Die Leute haben es akzeptiert, dass die Diagnose Krebs oft ein Todesurteil war.»

«Heute sind die meisten Krebsarten chronische Krankheiten», sagt der Medical Coach. «Auch ohne Heilung können wir sie über Jahre beherrschen.»

«Trotzdem sterben wir», sagt der Alte trotzig.

«Ja, aber zehn Jahre später als noch vor dreissig Jahren.»

Nach diesen Worten verabschiedet sich der alte Mann vom Medical Coach. Auf dem Nachhauseweg fragt er seinen Enkel: «Und, was meint der angehende Student zur modernen Medizin?»

«Ich finde es schon faszinierend, was heute alles möglich ist», sagt Leo. «Gleichzeitig bin ich mir aber nicht mehr so sicher, wie spannend der Arztberuf ist. Es ist doch wie beim Piloten, der die meiste Zeit auf die Computertechnik vertraut und nur noch in speziellen Situationen selber aktiv wird.»

«Ja, so ist es wohl», brummt der Alte. «Du kannst ja immer noch Mathematiker oder Informatiker werden und an der Verbesserung der digitalen Avatare mitarbeiten.»

---

Der Autor dankt Professor Ruedi Aebersold von der ETH Zürich für das inspirierende Hintergrundgespräch zum Thema.



### Die Zukunft gehört der personalisierten Medizin **Dem Patienten auf den Leib geschnitten**

von Sergio Aiolfi / 28.6.2017, 05:30

Wie steht es mit den Chancen, dass bis 2050 Krebskrankheiten endgültig besiegt sind? Die Digitalisierung der Medizin und die Individualisierung der

Therapien werden die Schlüssel zum Erfolg sein.



Der digitale Avatar aus Sicht eines Ethikers  
**«Es bleibt nur eine Prognose mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit»**

von Dorothee Vögeli / 28.6.2017, 05:30

Kann man mit so viel Wissen über bevorstehende Krankheiten überhaupt noch glücklich leben? Antworten gibt der Ethiker Klaus Peter Rippe.



FEEDBACK

ZUR STARTSEITE

Anzeige

## Das könnte Sie auch interessieren



Flughafen Zürich  
**«Im Vergleich zu Hubs wie München sind wir im Nachteil»**

von Andreas Schürer / 10.5.2017

Der Gebührenstreit ist beigelegt – vorübergehend. Nun kämpfen die CEO von Swiss und Flughafen Zürich, Thomas Klühr und Stephan Widrig, für mehr Entwicklungspotenzial. Und sie warnen vor Engpässen, die der ganzen Schweiz und Süddeutschland schaden könnten.



**So findet man sich heute**

ANZEIGE

Mit einem Fingertipp zum passenden Partner!  
 Jetzt Parship.ch testen!



Ausstieg aus dem Junkfood-Geschäft  
**Nestlé muss in den USA umdenken**

**KOMMENTAR** / von Sergio Aiolfi / 16.6.2017

Nestlé erwägt, aus dem US-Süsswarengeschäft auszusteigen – eine Idee, die zur rechten Zeit kommt. Der Kauf von Whole Foods durch Amazon ist ein Indiz dafür, dass der Wind im US-Konsum gedreht hat.



Weko eröffnet Untersuchung gegen UPC  
**Umstrittene Eishockey-Rechte-Vergabe wird geprüft**

30.5.2017

Die Wettbewerbskommission mischt sich erneut in die Vergabe von Sportrechten ein. Nach einer Klage der Swisscom nimmt die Weko UPC ins Visier. Warum ist UPC angreifbar?



Verseuchtes Schwerindustrie-Zentrum  
**Norilsk lebt von Hoffnung**

von Benjamin Triebe, Norilsk / 16.6.2017



Norilsk ist eine der am meisten verschmutzten Städte der Erde. Ein Besuch am Ende Sibiriens – wo die Erde reich ist, der Schnee schwarz und der Appetit der Schmelzöfen unersättlich.



Parlamentarier

### Rentenreform für das eigene Portemonnaie

**KOLUMNE** / von Hansueli Schöchli / 21.6.2017

Die Rentenreform dient den finanziellen Interessen der meisten Parlamentarier. Deshalb muss man sich über diese Vorlage nicht wundern.



### Vergleiche Deinen Lohn!

ANZEIGE

Berechne mit dem Lohnrechner 2017 kostenlos, ob du genug verdienst.

[www.lohncheck.ch](http://www.lohncheck.ch)



Politische Rundtänze in Berlin

### Altkanzler Kohl besucht die Fraktion

von Ulrich Schmid, Berlin

Die Regierungskoalition in Berlin hat die Entscheidung über ein Betreuungsgeld neuerlich verschoben.

audiennz click

**Service** / Newsletter / Facebook / Twitter / Xing / Google+ / Instagram / RSS-Feeds / Apps / Kontakt & Feedback / Häufige Fragen / Leserbrief / Impressum / Netiquette / AGB & Datenschutz / Wetter

**Abonnement** / Alle Angebote / Zeitungen / Magazine / E-Paper / Mein Abo verwalten

**Marktplätze** / Jobs / Immobilien / Traueranzeigen

**NZZ Welt** / Shop / Reisen / Wein / Archiv / Format / Libro

**Zeitungen, Magazine und Portale** / Neue Zürcher Zeitung / NZZ am Sonntag / NZZ Folio / Frame / NZZ Geschichte / NZZ am Sonntag Stil / NZZ Z / NZZ Bellevue / NZZ Residence / NZZ Executive / NZZ Domizil

**NZZ Mediengruppe** / Unternehmen / Offene Stellen / Medienmitteilungen / LZ Medien / Tagblatt Medien / TV und Radio / NZZ Film / NZZ Podium / NZZ Podium Berlin

**Werbung** / Mediadaten / Inserieren / Zeitungen / audiennz / Rubrikenmärkte / Kontakt

**Weitere Angebote** / Abnehmprogramm eBalance / Handelsregister- u. Wirtschaftsinformationen Schweiz / Handelsregister- u. Wirtschaftsinformationen Deutschland / Swiss Economic Forum / Swiss Innovation Forum / Swiss Technology Award / Swiss Energy and Climate Summit / Family Business Award / NZZ Swiss International Finance Forum / NZZ X.Days / NZZ Real Estate Days / NZZ CEO Dinner / NZZ Netversity 50/50 / Architonic / Bauprojektinformationen Schweiz / Zurich Film Festival

**Kooperations-Angebote** / Parfüm / ImmoScout24