Druck im Körper

Die Medizintechnik steht vor einer Revolution. Neue Techniken wie 3D-Druck und personalisierte Simulation ermöglichen es, für jeden Patienten individuelle Medizinprodukte zu entwerfen und kostengünstig herzustellen

Bevor ein neues Automodell zum ersten Mal auf der Straße fährt, ist es virtuell tausende Male gegen die Wand gefahren – in Crashtestsimulationen, die heute bei der Entwicklung von Automobilen Standard sind und echte Crashtests fast vollständig ersetzt haben. In der Medizintechnik ist das leider noch anders. Dort sind echte „Crashtests" – Tests an Patienten – gang und gäbe. Während die Automobilindustrie mit Simulationen vor allem Kosten sparen will, fehlten der Medizinbranche bislang geeignete Simulationswerkzeuge. Wo sich zehn Fahrzeuge des gleichen Modells beim Aufprall immer gleich verformen, reagieren zehn Patienten auf Implantate völlig unterschiedlich. „Ein lebender Körper ist nun mal kein Auto sondern ein sehr individuelles und zudem hochgradig nichtlineares System und das ist schwer zu simulieren", sagt Volkmar Schönfeld, Vertriebsmitarbeiter für SIMULIA bei Dassault Systèmes.

Doch mittlerweile gibt es Software, die auch dies meistert. Die Konstruktion mittels CAD-Programmen wie bspw. SOLIDWORKS ist heute auch bei der Entwicklung von Medizinprodukten Standard, die Simulation allerdings – also die virtuelle Funktionsprüfung – steckt noch in den Kinderschuhen, obwohl Simulationsprogramme mittlerweile so leistungsfähig sind, dass sie auch Vorgänge im Körper realitätsgetreu nachbilden können. Dazu beziehen sie eine große Bandbreite an physikalischen und chemischen Vorgängen ein, etwa das Strömungsverhalten von Blut in den Adern, wenn Blutdruck oder Herzfrequenz steigen, mechanische Verformungen durch Bewegungen des Körpers oder die Wärmeverteilung im Gewebe.

Autor:

Bernd Müller, freier Journalist, Bonn

Bild 1: Neue Entwicklungen in der Simulationstechnologie ermöglichen es Medizinern, mit einer 3D-Brille vor einem Bildschirm in ein schlagendes Herz einzutauchen. Das Projekt Living Heart von Dassault Systèmes ist keine Spielerei sondern unterstützt dabei, komplizierte Operationen zu planen. (Alle Bilder: Dassault Systèmes)

Kreislauf aus Konstruktion und Simulation

Der Hersteller kann mit solchen Simulationsanwendungen die Funktion und Sicherheit eines Medizinprodukts steigern. Und er kann den Entwicklungsprozess beschleunigen und idealerweise auch Kosten sparen. Denn Simulation und CAD sind heute eng verzahnt. Der Entwurf eines Hüftgelenks lässt sich mit einem Mausklick auf seine korrekte Funktion im Körper simulieren. Deuten sich Probleme etwa bei der Stabilität an, wird die Konstruktion im CAD-Programm verändert und erneut simuliert. Durch diese Rückkopplung aus Konstruktion und Simulation lassen sich neue Produkte schnell und kostengünstig optimieren, noch bevor der erste Prototyp hergestellt und am Patienten getestet wurde. Mehr noch: Weil jeder Körper anders ist und jeder Patient ein anderes Krankheitsbild hat, sollten Medizinprodukte auch individuell gestaltet sein. Mit der beschriebenen Methode rückt die individualisierte Medizintechnik ein großes Stück näher.

Heute schon möglich

Was derzeit möglich ist, hat Dassault Systèmes mit der Entwicklung eines Stents gezeigt. Stents weiten verstopfte Arterien und sind durch das elastische Gewebe des Blutgefäßes und den Blutfluss hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Trotzdem sollen sie möglichst ein Leben lang halten und nie ausgetauscht werden. Die Experten von Dassault Systèmes haben das Metallgeflecht eines herkömmlichen Stents im CAD-Programm SOLIDWORKS designt und dann mit einer Finite-Elemente-Analyse auf mechanische Belastung untersucht. Das Ergebnis war nicht optimal. Vor allem an den engen Biegeradien des Metallgeflechts kommt es zu hohen Belastungen, die im ungünstigen Fall im Lauf der Jahre zu Brüchen führen können, die die Elastizität des Stents und seine Fähigkeit, das Blutgefäß offen zu halten, mindern. In einem mehrfachen Kreislauf von Designoptimierung und Simulation konstruierten die Experten schließlich einen Stent, der an den neuralgischen Stellen geringere Belastungsspitzen aufweist und dadurch haltbarer ist. Mit bloßem Auge sind die Unterschiede nur erkennbar, wenn man den her-

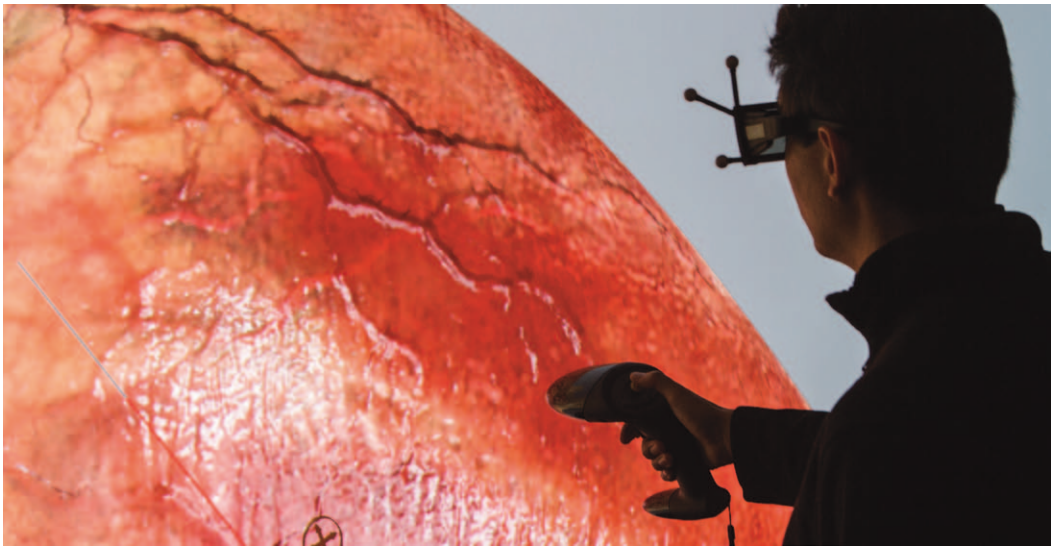

Bild 2: Simulationsprogramme sind mittlerweile so leistungsfähig, dass sie selbst Vorgänge im Körper realitätsgetreu nachbilden können.

Bild 3: Realistische Simulationen werden in Zukunft Ärzten als Hilfsmittel dienen, sowohl in der Ausbildung als auch bei der individuellen Behandlung von Patienten.

kömmlichen und den neuen Stent nebeneinander hält. So sind in dem optimierten Design die dünnen Stege in der Mitte leicht verdickt und etwas geschwungen, wodurch die Biegeradien etwas geringer ausfallen.

Ganzheitliches Systems Engineering

Im Beispiel des Stents ging es nur um eine konstruktive mechanische Optimierung. In vielen Branchen, auch in der Medizintechnik, sind Produkte indes eine Kombination aus Mechanik, Elektronik und Software. Diese Komponenten werden leider immer noch zu oft separat entwickelt. Dabei greifen in einem optimalen Produkt Mechanik und Steuerung ineinander. Zur Verdeutlichung wieder ein Beispiel aus der Automobilindustrie, die auch hier Vorreiter ist: Der Elektromotor zum Öffnen einer Heckklappe muss die Kofferraumklappe auch dann noch heben können, wenn Schnee darauf liegt. Mit einer Schönwettersimulation würde dieser Anwendungsfall erst entdeckt, wenn der Prototyp schon auf der Straße steht.

Modellbasiertes Systems Engineering

Ein Ausweg ist das modellbasierte Systems Engineering, das für die Entwicklung komplexer und intelligenter Systeme immer wichtiger wird. Mit „Modell" ist hier nicht allein das optische Design gemeint, das man in einem CAD-Programm entwirft, sondern auch Mechanik, Elektrik und Software. Das Modell enthält alle Anforderungen und Spezifikationen für das spätere Produkt und berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus eines Produkts, darunter auch Qualitätstests und Anforderungen ans Recycling.

Unter dem Dach des Systems Engineering wachsen die Entwurfswerkzeuge zusammen. Dassault Systèmes ist hier mit seiner 3DEXPERIENCE Plattform Vorreiter. Sie vereint unterschiedliche Softwareanwendungen und ermöglicht deren tiefe Prozessintegration. Dazu zählen unter anderem die 3D-Design-Programme SOLIDWORKS, bereits mit integrierten konstruktionsbegleitenden Simulationstools, und CATIA oder die Simulationsprogramme von SIMULIA.

Offene Innovationsprozesse

Systems Engineering ist nicht das Ende. In Zukunft verbindet es sich mit der Erkenntnis von Open Innovation, dass sich Entwicklungsprozesse nicht nur technisch sondern auch organisatorisch öffnen müssen – in das Unternehmen hinein und über Unternehmensgrenzen hinaus. Ursprünglich für Branchen wie die Automobil- oder die Luftfahrtindustrie gedacht, wird dieses Prinzip auch die Medizintechnik erobern. Auch dort könnte es offene Wertschöpfungsprozesse geben, etwa so: Der Hersteller eines Computertomographen betreibt eine Anlage in einer Klinik, bezahlt wird das Gerät pro Diagnose. Die Daten werden in der Simulation weiterverarbeitet und von einem Arzt bewertet.

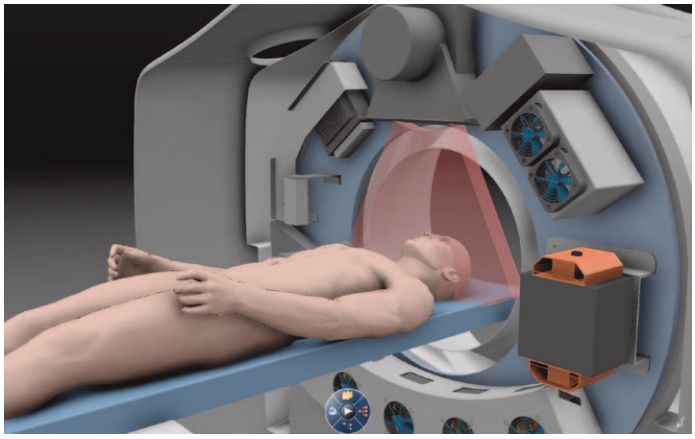

Bild 4: Passt ein bestimmter Stent oder eine Herzklappe in das Herz eines Patienten? Auf Basis eines Scans des Patienten wird in Zukunft ein 3D-Modell des individuellen Organs erzeugt werden, an dem der Arzt Tests durchführen kann, um solche Fragen zu beantworten.

Bild 5 und 6: Puls unter Kontrolle: Smart Watches messen nicht nur die individuellen Daten ihrer Träger. Sie lassen sich auch von Vornherein immer individueller auf dessen Anforderungen zuschneiden. Diese Entwicklung zeigt sich auch in der Medizintechnik.

Dieser gibt bei einem Hersteller von Kniegelenken den Auftrag, passend für diesen Patienten ein Gelenk herzustellen, das dann in einer Operation eingesetzt wird.

Dieses Beispiel enthält gleich zwei interessante Entwicklungstrends. Da ist zum einen die Verbreitung von Simulationen für Ärzte, sowohl in der Ausbildung als auch für die individuelle Behandlung von Patienten. Ein beeindruckendes Projekt ist Living Heart von Dassault Systèmes. Mediziner können mit einer 3D-Brille vor einem Bildschirm in ein schlagendes Herz eintauchen, dessen Bestandteile auseinandernehmen und von allen Seiten betrachten. Das ist keine Spielerei sondern äußerst nützlich, um komplizierte Operationen zu planen. Aus den Scans eines Patienten wird ein 3D-Modell seines schlagenden Herzens erzeugt. Der Arzt kann darin testen, ob ein Stent oder eine Herzklappe in das individuelle Herzmodell passt und wie die Reaktion des Körpers sein könnte. Ist die gewählte Klappe zu groß oder zu klein? Wird sich das mechanische Verhalten des Herzens ändern? Wie wird der Blutstrom beeinflusst? Welche Medikation ergänzt den Vorgang am besten? Living Heart ist eine Hoffnung für Millionen von Menschen, denn kardiovaskuläre Erkrankungen sind weltweit die Todesursache Nummer eins.

Individuelle Implantate

Der zweite Entwicklungstrend ist die Herstellung individualisierter Implantate. Von Stents war schon die Rede, gleiches ist für viele weitere Produkte denkbar. Das Zahninlay, das anhand eines digitalen Abdrucks in einer halben Stunde aus einem Keramikmaterial herausgefräst wird, findet man heute schon in vielen Zahnarztpraxen. Einen großen Fortschritt bringt der 3D-Druck. So ist es denkbar, Implantate schnell und kostengünstig auszudrucken. Ein Bruch heilt besser, wenn statt einer Standardmetallplatte eine eigens an den Patienten angepasste Platte aus dem Drucker eingesetzt wird.

Richtig spannend wird es, wenn solche Implantate nicht mehr in einer Fabrik gedruckt und in der Klinik eingesetzt werden, sondern direkt im Körper des Patienten. Interessant ist das zum Beispiel für Exoskelette, Gehhilfen, die normalerweise außen ans Bein angelegt werden und die Bewegung unterstützen. Solche Prothesen müssen künftig nicht mehr „Exo“ sein. Bei Dassault Systèmes gibt es bereits Überlegungen, Endoskelette im Körper mit einem 3D-Drucker direkt auf den Knochen zu drucken.

▶ *Dassault Systèmes*
www.3ds.com

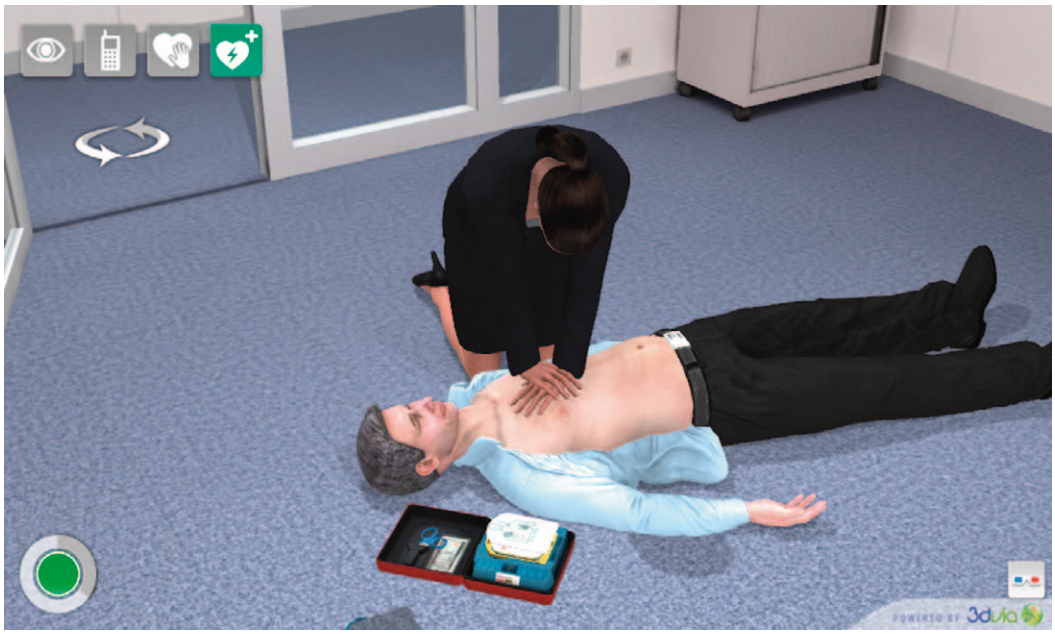

Bild 7: Erste Hilfe im virtuellen Test: Mit dem Spiel „Staying Alive“ von Dassault Systèmes kann der Spieler am Bildschirm in einer 3D-Umgebung üben, wie er reagieren sollte, wenn jemand einen plötzlichen Herzstillstand erleidet. Im Spiel geht es dabei wie in der Realität um eine schnelle Reaktion.