

Wie viel Computer steckt unter der Haut? Zur Geschichte der Patientensimulatoren

Prof. Dr.-Ing. Constantin Canavas

Fakultät Life Sciences
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Lohbrügger Kirchstr. 65
D-21033 Hamburg
costas.canavas@ls.haw-hamburg.de

Abstract: Igor atmet, hebt den Thorax, klumpert mit den Augen, spricht zu den Personen, die ihn umgeben, schwitzt, uriniert, bekommt Krampfanfälle und andere Krankheitssymptome, beginnt zu bluten – und gelegentlich stirbt. Nur arbeiten kann er nicht, auch keine Treppe steigen. Aber kann ein bettlägeriger Mensch mehr als Igor? Igor ist ein moderner Patientensimulator – 80 kg schwer, lebensecht, eins von den Modellen, die in den letzten Jahren vorwiegend zu Schulungszwecken entwickelt wurden. Seine Aufgabe besteht in der Repräsentation physiologischer Körperfunktionen. Dies erfolgt zum einen durch seine (zuweilen) verstörende Menschenähnlichkeit – sehr wichtig für die Schulungsaufgabe – zum anderen mit Hilfe eines rechnergestützten Simulationsprogramms und eines Trainers, der dahinter steht.

Die Geschichte der Patientensimulatoren verläuft entlang zweier Stränge. Am einen Strang dominiert die Ähnlichkeit mit dem Körperbau eines realen Menschen – von den Wunden-Simulatoren der 1950er Jahre bis zu den Puppen zur Übung der künstlichen Beatmung. Der andere Strang verfolgt die rechnergestützte Simulation von Reaktionsmustern in Zusammenhang mit Hirnfunktionen, dem Blutkreislauf oder den Muskeln – z.B. bei (simulierten) Infektionen, Injektion von Wirkstoffen oder bei anderen äußeren Anregungen. Die Entwicklung der zweiten Kategorie von Simulatoren bis zu den kabellos computergesteuerten Modellpuppen der letzten Jahre – liefert ein anschauliches Bild der Wechselwirkung zwischen Pädagogen bzw. Trainern, Technikentwicklern, Marktakteuren und geschulten oder Laien Techniknutzern. Am Beispiel von Igor (der eigentlich „iSTAN“ heißt) kann nachgezeichnet werden, inwiefern die Überziehung einer leistungsfähigen Rechenmaschine mit Muskeln und Hautersatz in einer Universitätsklinik die realitätsgetreue Wiedergabe physiologischer Reaktionsmuster unterstützt und welche weitere Entwicklungen von Patientensimulatoren auf dem Markt zu finden sind.

Die Wechselwirkung zwischen Simulatortechnik und gesellschaftlichen Normen kann an einzelnen Entscheidungsprozessen hervorgehoben werden, etwa in der meistens virilen Prägung der gegenwärtigen Modelle wie Igor/iSTAN, oder in der Festlegung der Körperfunktionen, die simuliert werden. Im Zuge der Propagierung von öffentlichen medizintechnischen Praktiken wie die halbautomatische Defibrillation (PAD) werden schließlich solche Modelle zunehmend durch Laienhände entkleidet und behandelt. Die Realitätsnähe des Simulatorkörpers soll einerseits Hemmungsgrenzen im Umgang mit dem Körper des Anderen zu überwinden helfen. Zum anderen sollen aber autonome medizintechnische Geräte wie der PAD über eine – zumindest für die Laien-Nutzer – undurchsichtige Intelligenz verfügen, welche traditionelle medizinische Entscheidungen übernehmen, wie z.B. die Auslösung einer Defibrillationsentladung am Patientensimulator oder am Patienten selbst.

1 Einleitung

Die Anwendung von Übungs- bzw. Schulpuppen – modern gesprochen: Trainings-simulatoren – in der medizinischen Ausbildung hat eine lange Tradition, und ist auch mit dem Einsatz von Leichen (z.B. in der Anatomie)¹ und – lebenden oder toten – Tieren (bzw. Tierteilen, z.B. Tierhaut bei Vernähungsübungen) eng verbunden. Hauptziel ist es, die Handlungen des medizinischen Personals hinsichtlich Diagnose und Therapie zu üben, zu überprüfen und effektiver zu gestalten. Dies ist immer vor Augen zu halten, wenn im folgenden Beitrag die Geschichte der Patientensimulatoren aufgerollt wird, um die im Titel gestellte Frage zu beantworten, nämlich wie viel Computer, d.h. Software und Hardware, unter der Haut solcher Vorrichtungen steckt. Als historischer und kultureller Rahmen wird die Tradition der („westlichen“) Schulmedizin in der Neuzeit mit einem Schwerpunkt in der Gegenwart betrachtet.

¹ Über die Spektakel der Anatomie in der Moderne s. z.B. Philipp Sarasin: „Der öffentlich sichtbare Körper“ in [ST98, S. 419-452].

2 Historische Vorläufer: Von den Humanoiden des 18. zur Physiologie des 19. Jahrhunderts

Modelle des Menschen zur Schulung und Übung medizinischen Personals setzen eine *äußerliche Ähnlichkeit* des Hilfsmodells mit dem realen Menschen (bzw. mit einem betreffenden Körperteil) voraus, oder aber sie bieten die Möglichkeit, bestimmte *Funktionen* des menschlichen Körpers (im gesunden oder im Krankheitszustand) wiederzugeben. Letztere Kategorie hängt mit den Vorstellungen und Entwürfen über den anatomischen Aufbau des menschlichen Körpers und die darin stattfindenden Vorgänge zusammen. Eine wichtige Station dieser Vorstellungen in der Tradition der europäischen Moderne bilden die hydro-pneumatischen Feuermaschinen des Physiologen Hans Georg Stahl und der „*homme-machine*“ des polemischen französischen Arztes und Philosophen Julien Offray de La Mettrie. Diese Ansätze aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts bieten auch den theoretischen Keim zur Herausbildung der Physiologie als *der* Leitwissenschaft im 19. Jahrhundert².

Auch wenn die mechanistischen Vorstellungen über die Physiologie des menschlichen Körpers – seit Descartes über H. G. Stahl bis zu La Mettrie – mit den menschenähnlichen (androiden bzw. humanoiden) Automaten des 18. Jahrhunderts in Verbindung gebracht werden, so sind die berühmt gewordenen humanoiden Puppen von J. de Vaucanson („der Flötenspieler“, 1738, sowie „der Tamburin-Spieler“), oder „der Schreiber“, „die Organistin“ und „der Zeichner“ der Uhrmacher Pierre (1721-1790) und Henri-Louis Jaquet-Droz (1752-1791) keine Beispiele einer medizinisch relevanten Praxis. Lediglich „die künstliche Ente“ von J. de Vaucanson (1739), die aus der Hand fressen, das Gefressene „verdauen“ und das „Verdaute“ danach ausscheiden konnte, käme in Frage als Exemplar einer Maschine, welche die Körperphysiologie simulieren sollte³. Erst die Erkenntnisse der Physiologie des 19. und 20. Jahrhunderts legten hinreichende theoretische Grundlagen für das Verständnis der Funktionen der einzelnen Organe und deren Repräsentation mit Hilfe von elektromechanischen Äquivalent-Schaltungen.

² [ST98, S. 23 ff.]

³ Es gilt als wahrscheinlich, dass die „Ausscheidung“ unabhängig von der vermeintlichen „Verdauung“ stattfand – d.h. die Kontinuität der Vorgänge wurde nur vorgetäuscht. Über die Ente von J. de Vaucanson und die beabsichtigten Missverständnisse liegen umfangreiche, wenn auch sehr heterogene Belege vor. Für eine erste kommentierte Übersicht im Kontext der Androiden- bzw. Humanoiden-Welle in Frankreich während des 18. Jahrhunderts s. [Wg02].

3 Physiologiesimulatoren

Die gängige Repräsentation der Physiologie des menschlichen Körpers durch eine Zergliederung in einzelne – wie auch immer mit einander gekoppelte – Funktionen widerspiegelt sich in den modernen medizintechnischen Vorrichtungen der Intensivstation und der Notfallmedizin⁴. Vor diesem Hintergrund werden als Patientensimulatoren SW-Pakete bezeichnet und kommerziell angeboten, welche Signale erzeugen, die charakteristische Funktionen einzelner Organen bzw. kritische Lebensfunktionen eines Patienten simulieren und die von Überwachungssystemen, z.B. Monitoren in der Intensivstation, dargestellt und protokolliert werden können. Insofern dienen solche Simulatoren dazu, die Einsatz- und Funktionsfähigkeit einer gegebenen medizintechnischen aber auch medizin-pflegerischen Umgebung hinsichtlich des Patienten-Monitorings zu testen. Als Beispiele von Vitalparametern, die von solchen Simulatoren gezielt erzeugt werden können, werden u. a. Temperatur, Respiration, Blutdruck und Elektrokardiogramm (EKG) genannt. Eine besondere Rolle spielt dabei die Möglichkeit zur Erzeugung (durch Simulation) von EKG-Arrhythmien. Anbieter solcher Simulatoren sind meistens Firmen, die auf dem Gebiet der Mess- und Prüftechnik in der Medizintechnik aktiv sind⁵. Anwendung finden solche Systeme in der Schulung auf dem Gebiet der Notfallmedizin und in Zusammenhang mit der hochtechnisierten Umgebung einer Intensivstation (z.B. zur Personalschulung beim Umgang mit entsprechenden medizintechnischen Geräten, aber auch zur Überprüfung von medizintechnischen Geräten bzw. im Rahmen von Maßnahmen zur Überprüfung der Qualitätssicherung).

Eine weitere Entwicklung bildet die Integration verschiedener biomedizinischer Forschungsgebiete in einer neuen Dachdisziplin wie dem »Soft Computing«, dem »Natural Computing« bzw. dem »Life-science Computing«, die allerdings primär der modellorientierten Grundlagenforschung dient,⁶ nicht jedoch der Personalschulung.

⁴ Über die epistemologischen Hintergründe solcher „Entwürfe des Menschen im kybernetischen Zeitalter“ s. [Rs03].

⁵ S. z.B. das Angebot über den Patientensimulator PSI 300 der Fa. mtk Peter Kron GmbH bzw. PS-415 der Fa. Metlog: http://www.metlog.net/produkte/pdf/ps415_deu.pdf.

⁶ So z.B. das Physiome Project.

4 Von Übungspuppen zu Patientensimulatoren

Explizit für die Personalschulung werden Puppen – meistens in Menschengröße – eingesetzt, welche mit Hilfe einer rechnergestützten SW verschiedene Situationen, z.B. in der Intensivstation, simulieren. Bereits in den 1990er Jahren wurden solche Simulatoren zur Erfassung von Verhaltensmustern der Anästhesisten in Stresssituationen in der Intensivstation verwendet⁷. Für die speziellen Belange der Anästhesie wurde Wert auf die anatomische Menschenähnlichkeit solcher Organe wie Mund, Kehlkopf, Speiseröhre und Lungen. Diese konnten per Fernsteuerung durch den Trainer in Störfunktionen versetzt werden, z.B. Zungenschwellung oder Kehlkopfspasmus. Außerdem konnten Störungen im Blutdruck und/oder Herzschlag angelegt, Herz- und Atemgeräusche z.B. mit dem Stethoskop gehört, und Körperreaktionen auf zugeführte Medikamente erfasst werden.

Charakteristisch für die Entwicklung von puppenähnlichen Patientensimulatoren, aber auch für die beschränkenden Bedingungen bzgl. der Rolle der Informatik, ist der Fall der Übungspuppen der norwegischen Fa. Lærdal [TB02]⁸. Die Firma startete im Jahr 1940 mit der Herstellung von Holzspielzeug und Büchern für Kinder. Die Erweiterung der Produktpalette durch möglichst menschenähnliche Kinderpuppen aus Weichgummi bahnte nach dem Ende des 2. Weltkrieges eine neue Entwicklungslinie: Wunden-Imitationspuppen für die Militärmedizin und den Zivilschutz. Dadurch rückte das Gebiet der ersten Hilfen und der Notfallmedizin allmählich ins Zentrum der Aktivitäten des Unternehmens. Der Durchbruch gelang 1958-1960 mit der realitätsnahen Schulungshilfe für die Mund-zu-Mund-Beatmung, eine Maske aus Weichgummi mit dem Gesicht eines 16jährigen Mädchens, welches im 19. Jahrhundert in der Seine ertrunken aufgefunden worden war. „Resusci Anne“ wurde ein Verkaufsschlager, und Norwegen ein Pioneerland in der Wiederbelebungsschulung. Es folgten Variationen der Puppe wie z.B. ein „Resusci Baby“, und – nach der Hervorhebung der Bedeutung von Herzmassage bzw. Thoraxkompression für die Praxis der Wiederbelebung – speziell medizinisch ausgerichtete Entwicklungen wie „Arrhythmia Anne“, „Vacuum Mattress“ oder „disaster kit“. 1971 folgte die Einführung von „Recording Resusci Anne“ mit einem Ausdruck des Wiederbelebungsergebnisses als feed-back für die übende Person. Seit Ende der 1970er Jahre ist Lærdal *das* führende Unternehmen für Schulungspuppen in der Notfallmedizin. Die Entwicklungen von mobilen (externen) Public Access Defibrillatoren (PAD) zur präklinischen Behandlung von Herzkammerflimmern wurden durch entsprechende Entwicklungen der Lærdal Schulungspuppen in den 1980er Jahren begleitet bzw. unterstützt. Seit 2000 führt Lærdal Texas, die Fusion von Lærdal und Medical Plastics Laboratories Inc., den SimMan, den bekanntesten rechnergestützten Patientensimulator. Seit 2004 ist die Lærdal Group auch in Mikrosimulation und Virtueller Realität im Rahmen der medizinisch-pflegerischen Ausbildung aktiv.

⁷ So z.B. der rechnergestützte Simulator EAGLE in der Charité der Humboldt Universität zu Berlin.

⁸ S. auch unter <http://www.laerdal.de/>

Sind die Entwicklungen des Lærdal-Patientensimulators zunächst durch die verblüffende äußere Menschenähnlichkeit bestimmt, so zeigen neuere Konkurrenzentwicklungen die Möglichkeiten aber auch die Begrenzungen der Rolle der Informatik in der Patientensimulation. Hierzu ist der kabellos ferngesteuerte Patientensimulator iSTAN (Standard Man) der Fa. Medical Education Technologies Inc. (METI) zu nennen⁹. Der iSTAN kombiniert die äußere Menschenähnlichkeit der Lærdal-Puppe mit den Ansätzen der oben erwähnten rechnergesteuerten Anästhesisten-Ausbildung der 1990er Jahre. Die programm-basierte Intelligenz des Simulators umfasst sowohl physiologische Reaktionsmuster (Puls, Atmung usw.) als auch Szenarien für die Wechselwirkung von mehr als 60 Medikamentenprofilen. Die kabellose Fernsteuerung (z.B. über den Laptop des Trainers) ermöglicht den Einsatz des Simulators nicht nur in den Schulungsräumen, sondern auch extern (out of hospital).

Der iSTAN-Simulator wird mehrfach in der Rostocker Simulationsanlage für Notfallausbildung (RoSoNa) an der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin der Universität Rostock eingesetzt [Kc08]. Hier stehen (eigentlich: liegen) mehr als 40 Schulungspuppen verschiedener Alters- und Gewichtsklassen für die Schulung von Studierenden, Ärzten und Rettungsassistenten zur Verfügung. Die bekannteste von Ihnen ist Igor. Igor wiegt 80 Kg. Er atmet, hebt den Thorax, klumpert mit den Augen, spricht zu den Personen, die ihn umgeben, schwitzt, uriniert, bekommt Krampfanfälle und andere Krankheitssymptome, beginnt zu bluten – gelegentlich könnte er auch sterben.

Dennoch: Igor ist keine Neuauflage eines autonomen Frankenstein-Monsters. Er ist für Schulungszwecke konzipiert, und wird entsprechend angesteuert. So ist die Stimme, mit der Igor zum Arzt bzw. zum Personal spricht, eigentlich die Stimme des Trainers¹⁰. Seiner technisch denkbaren Autonomie sind also „pädagogisch“ inspirierte Grenzen gesetzt. So verhält es sich z.B. auch mit dem möglichen „Sterben“. Der „Tod“ der Puppe wird häufig als Tabu betrachtet – zu groß könnte die Gefahr einer Traumatisierung der Trainees (Schulungspersonen) sein.

⁹ http://www.meti.com/products_ps_istan.htm

¹⁰ S. die plastische Darstellung einer Übungssituation in [Hf09].

Diese Aspekte führen uns zur Wechselwirkung zwischen Simulatortechnik und gesellschaftlichen Normen, sofern letztere die Grenzen des Einsatzes des technisch Möglichen festlegen (oder festlegen sollten). Andererseits bietet die Übung mit einem menschenähnlichen Modell an Jedermann die Möglichkeit, sich mit lebenskritischen Situationen auseinander zu setzen. Im Zuge der Propagierung von öffentlichen medizintechnischen Praktiken wie die halbautomatische Defibrillation (PAD) [GSV06] werden solche Modelle (Puppen) zunehmend durch Laienhände entkleidet und behandelt. Die Realitätsnähe des Simulatorkörpers soll einerseits Hemmungsgrenzen im Umgang mit dem Körper des Anderen zu überwinden und doch eine menschenwürdige Distanz zu wahren helfen. Zum anderen sollen aber die autonomen medizintechnischen Geräte wie der PAD über eine – zumindest für die Laien-Nutzer – undurchsichtige, programmgesteuerte Intelligenz verfügen, welche traditionelle medizinische Entscheidungen übernehmen soll, wie z.B. die Auslösung einer Defibrillationsentladung am Patientensimulator – oder, im Ernstfall, am Patienten selbst. Der Patientensimulator dient dabei nicht nur als *Übungspuppe*, sondern auch als Instrument, wodurch die Überzeugungsarbeit für die Sinnigkeit bestimmter gesellschaftlicher Praktiken (wie die Nutzung von externen Defibrillatoren durch medizinische Laien) eingeleitet bzw. erleichtert werden soll.

5 Zusammenfassung

So sehr die informationstechnischen und elektrotechnischen Entwicklungen die „Biographie“ der Patientensimulatoren bestimmen und (zumindest kommerziell) vorantreiben, so bleibt doch die Widerständigkeit des Körpers mit seinem Gewicht und seiner begrenzten Bewegungsfähigkeit, sowie die optische, akustische und haptische Wahrnehmung des fremden Körpers entscheidend für die reflexartigen oder überlegten Reaktionsmuster von Experten und Laien. Die künstliche Intelligenz, die unter der Haut des Patientensimulators steckt, soll zwar dazu dienen, bestimmte aus diesen Reaktionsmustern zu stärken, andere wiederum zu schwächen. Die Geschichte der Fa. Lærdal zeigt jedoch, dass manche oft unterschwellig wirkende historische bzw. kulturelle Einflussfaktoren durchaus in der Lage sind, selbst manche, mitunter entscheidende Aspekte der technischen Entwicklung zu bestimmen.

Patientensimulatoren bleiben ein verlockendes Instrument für vielfältige gesellschaftliche „Experimente“ – oft mit überraschende Wendungen. Vor kurzer Zeit wurden an junge Mädchen bzw. Teenagerpaare in Deutschland Kindersimulatoren verteilt in der Erwartung, dass sich die Jugendlichen von „realitätsfremden Vorstellungen“ über das Kinder-Kriegen befreien könnten – eine Art der Beeinflussung von Verhaltensmustern, zugleich eine fragwürdige Form der Geburtenkontrolle durch erhoffte Vorbeugung von Teenagerschwangerschaften¹¹. Am Ende des Experiments wollte eine Teilnehmerin ihre Simulationspuppe auf jeden Fall behalten und sie weiterhin zusammen mit ihrem Freund „betreuen“.

¹¹ S. [Bm09]

Literaturverzeichnis

- [Bm09] Bunjes, M.: Der Babysitter-Blues. Der Freitag, 28.05.2009, Nr. 22, S. 30.
- [GSV06] Gruner, M.; Stegherr, S.; Veith, J.: Frühdefibrillation (3., überarb. Aufl.). Stumpf + Kossedey, Edewecht, 2006.
- [Hf09] Hinrichsen, F.: Kollaps auf Knopfdruck. An Robotern üben junge Mediziner den Ernstfall. Die Zeit, 20.05.2009, Nr. 22, S. 35.
- [Kc08] Klein, Chr.: Modernster Patientensimulator an der Uniklinik Rostock. Keiner simuliert so gut wie Igor. Thieme (online) 15.12.2008 in www.thieme.de/viamedici/studienort_rostock/aktuelles/patientensimulator.html
- [Rs03] Rieger, St.: Kybernetische Anthropologie. Eine Geschichte der Virtualität. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 2003.
- [ST98] Sarasin, Ph.; Tanner, J. (Hg.): Physiologie und industrielle Gesellschaft. Studien zur Verwissenschaftlichung des Körpers im 19. und 20. Jahrhundert. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1998.
- [TB02] Tjomsland, N.; Baskett, P.: The Resuscitation Greats: Åsmund S, Lærdal. Resuscitation 53(2002), 115-119.
- [Wg02] Wood, G.: Edisons's Eve. A. A. Knopf, New York, 2002.