

# Der virtuelle Mensch

## Humanexperimente im Computer

## The Virtual Human

### Experiments on Computer-Modelled Humans

Norbert Leitgeb



Norbert Leitgeb ist Leiter des Instituts für Health Care Engineering und der Europaprüfstelle für Medizinprodukte und Mitglied zahlreicher internationaler Gremien. Er beschäftigt sich mit der Entwicklung und Bewertung neuer Methoden zur Gesundheitsversorgung, Patientensicherheit, mit biologischen Wirkungen elektromagnetischer Einflussfaktoren und Risikomanagement sowie mit der Konformitätsbewertung und Marktzulassung von Medizinprodukten. Er schrieb bisher über 260 Fachartikel und mehrere Fachbücher.

Norbert Leitgeb Head of the Institute of Health Care Engineering and the European Notified Body of Medical Devices, and member of numerous international committees. His working fields include the development and assessment of new health care technologies, patient safety, biologic effects of electromagnetic factors, risk management, and the conformity assessment and market approval of medical devices. He has written over 260 scientific papers and several textbooks.

**Leistungsfähige Rechenverfahren und detailgetreue numerisch-anatomische Humanmodelle können die aus ethischen und methodischen Gründen problematischen Experimente an lebenden Menschen nicht nur ersetzen, sondern bieten heute zusätzlich faszinierende neue und schmerzfreie Forschungsmöglichkeiten zu Gesundheitsrisiken.**

In der medizinischen Diagnostik und Therapie, aber auch im Alltag werden Menschen immer häufiger und immer stärkeren elektrischen und elektromagnetischen Einflussfaktoren ausgesetzt: Elektrische Ströme fließen unbeabsichtigt durch den Körper, wenn während Operationen oder auf Intensivstationen immer mehr Medizingeräte am Patienten angeschlossen sind. In der Chirurgie ermöglichen Hochfrequenzströme blutungsarme Schnitte, niederfrequente elektrische Ströme werden zur Therapie, zur Rehabilitation und in Form tragbarer Geräte zur Langzeitbehandlung chronischer Schmerzen eingesetzt. Elektrische Ströme werden aber auch im privaten Bereich verwendet, z. B. zum Muskelaufbau in Fitness-Centern oder für kosmetische Zwecke zur Körperformung und Reduktion von Fettgewebe. Hochspannungselektroschocks beenden Herzkammerflimmern oder behandeln psychiatrische Erkrankungen, hochfrequente elektromagnetische Felder dienen zur Wärmetherapie und zur Abtötung von Tumorzellen durch lokale Überwärmung, „superstarke“ Magnetfelder, Magnetfeldgradienten und Hochfrequenzimpulse ermöglichen die Abbildung des Körperinneren mit faszinierender Gewebsdifferenzierung und räumlicher Auflösung. Elektromagnetische Wellen werden mithilfe von am Körper getragenen Sendern zur Übertragung akustischer Daten an Hörgeräte oder im Rahmen von Telemedizin, Telemonitoring, Telehomecare und pHealth zur

**Powerful computational methods and realistic numerical-anatomical human models not only allow for substituting experiments on living human beings, but also offer additional fascinating new and pain-free possibilities for research on health risks.**

In medical diagnostics and therapy as well as in daily life, people are exposed to electric, magnetic and electromagnetic factors with increasing strength and frequency. During surgery or in intensive care units, more and more electromedical devices are simultaneously attached to the body, thus increasing the unintentional flow of electric currents across the body. Radio-frequency electric currents permit bloodless cutting in surgery, and low-frequency electric currents are applied in therapy, rehabilitation and in long-term treatment of chronic pain using devices worn on the body. Electric currents are also used for body building in fitness centres or for cosmetic body-shaping and fat reduction. High-tension electric shocks are used in terminating cardiac fibrillation and in the treatment of psychiatric disorders. Radio-frequency electromagnetic fields are used in thermo therapy and to kill tumour cells by overheating. Super-strong magnetic fields, magnetic gradients and radio-frequency pulses allow imaging of the body with fascinating tissue differentiation and spatial resolution. Emerging technologies apply electromagnetic waves emitted by body-worn transmitters to transmit acoustic signals to hearing aids or in telemedicine to transmit biosignals for telemonitoring, tele-homecare and pHealth. In daily life, technical equipment such as transformers, high-tension power lines, mobile phones, mobile telecommunication base stations and emerging technologies, such as systems for wireless power transmission, radio frequency identification (RFID), WLAN networks, PLAN applica-

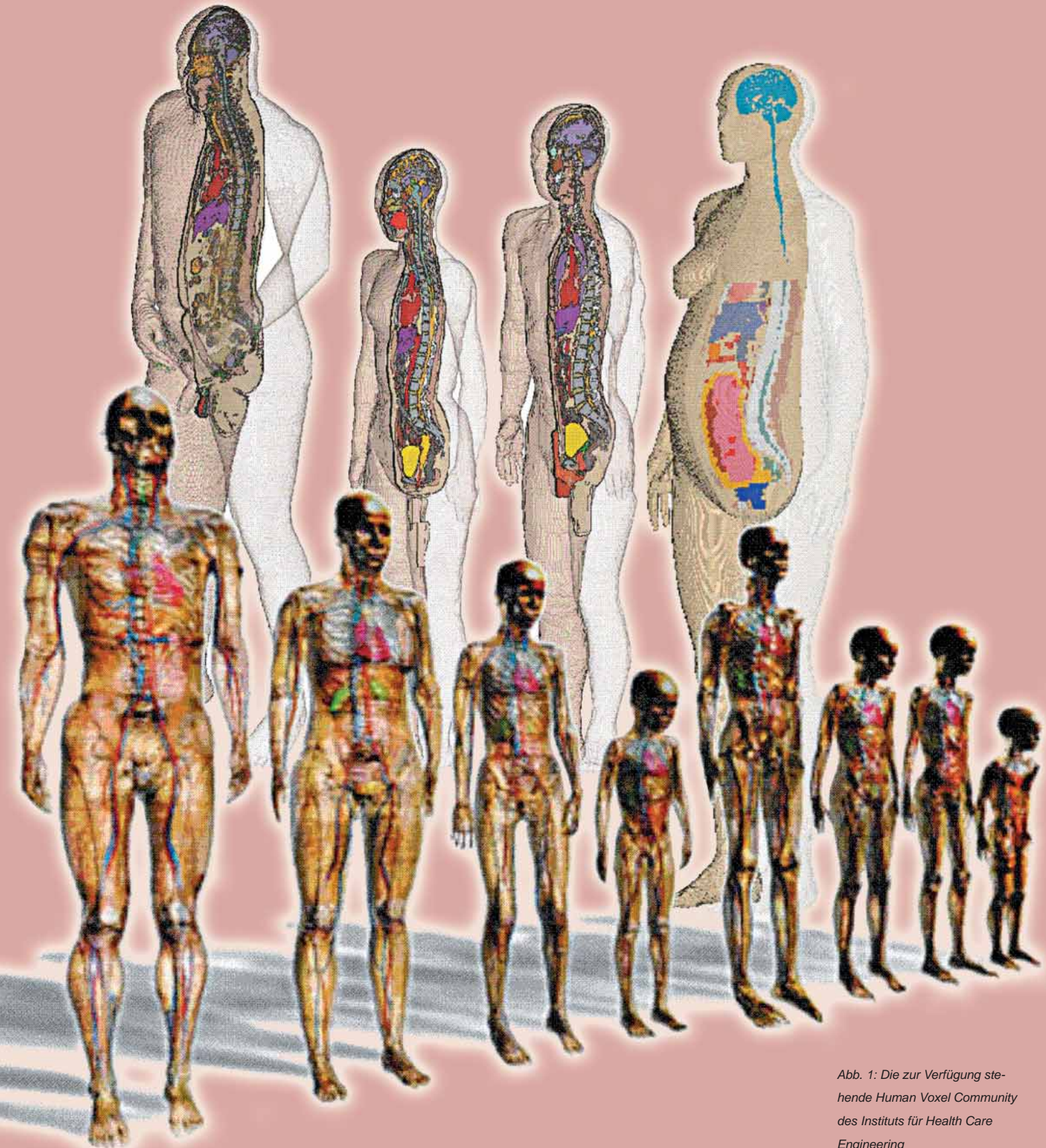


Abb. 1: Die zur Verfügung stehende Human Voxel Community des Instituts für Health Care Engineering

Fig. 1: Numerical-anatomical models of virtual humans.

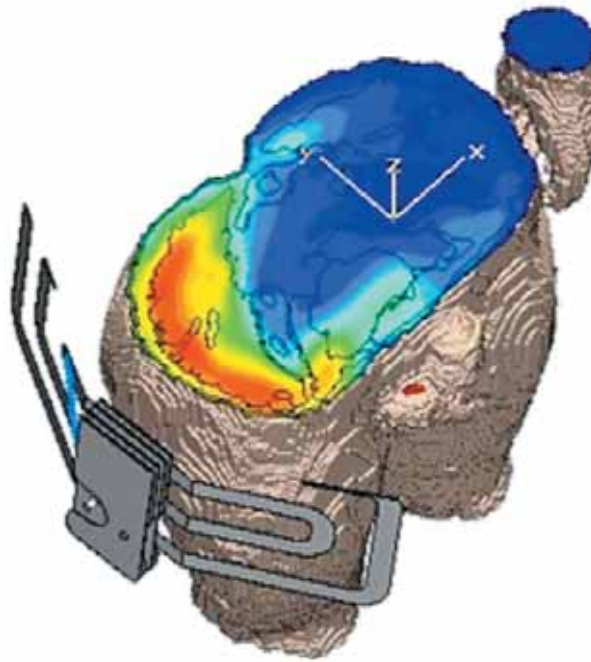


Abb.2: Gebiete unbeabsichtigter Übererwärmung außerhalb des Behandlungsgebietes bei Wärmebehandlung der Hüfte mit Dezimeterwellen-Diathermie (27MHz).

Abb. 3: Untersuchung der Überexposition des Fötens bei der Untersuchung der Mutter mit Magnetresonanztomografie.

Fig.2: Unintentionally overheated regions outside the target area during hip treatment with decimeter wave diathermia (27 MHz).

Fig. 3: Investigation of excess foetal exposure during magnetic resonance computer tomographic imaging of the mother.

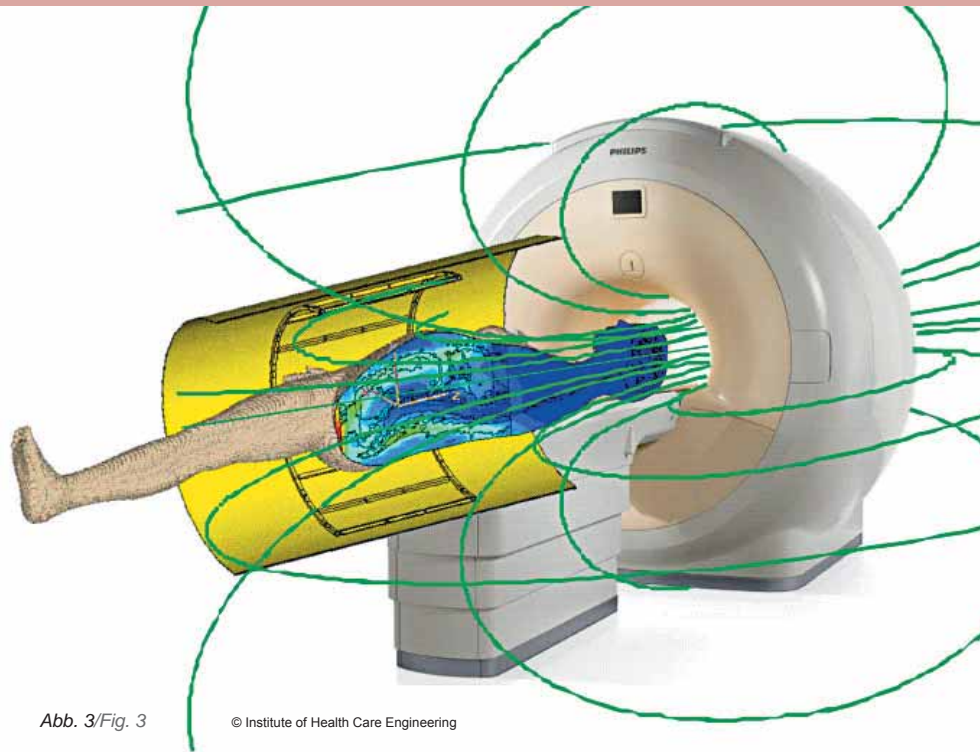


Abb. 3/ Fig. 3

Überwachung und Übertragung von Biosignalen verwendet.

Im Alltag lösen technische Einrichtungen wie Transformatoren, Hochspannungsleitungen, Handys, Mobilfunkmasten oder neue Technologien wie drahtlose Energieübertragungssysteme, Hochfrequenzidentifikations-(RFID-)Systeme, WLAN-Netze, PLAN-Anwendungen oder Nackscanner für Sicherheitschecks Ängste vor möglichen Gesundheitsschäden aus. Im Bereich der Exekutive stellt sich die Frage nach potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen im Zusammenhang mit der Risikoabschätzung und ethischen Rechtfertigung des Einsatzes von neuen Elektroschockwaffen (TASER).

Alle diese Anwendungen haben eines gemeinsam: Sie erfordern die Untersuchung, Quantifizierung und gesundheitliche Bewertung der Wirkungen elektrischer und elektromagnetischer Einwirkungen auf den menschlichen Körper. Derartige Untersuchungen können heute auch ohne ethisch problematische direkte Experimente an Menschen durchgeführt werden, indem modernste leistungsfähige Rechenverfahren und virtuelle Menschen in Form von numerisch-anatomischen Modellen von Menschen eingesetzt werden.

Das Institut für Health Care Engineering verfügt dazu bereits über zahlreiche numerisch-anatomische Humanmodelle von Männern, Frauen, Schwangeren, Jugendlichen und Kindern, in de-

tions and body scanners for security checks trigger concern about potential adverse health effects. In law enforcement, investigations of potential health consequences are required for risk assessment and ethical justification of new electroshock weapons (TASER).

All these applications have one thing in common: they require investigation, quantification and health risk assessment of the impact of electric and electromagnetic factors on human health and safety. Today, such investigations can be performed without the ethical concerns of direct in-vivo experiments on humans by applying the most recent computational methods and virtual humans in the form of numerical-anatomical human models.

The Institute of Health Care Engineering has access to numerous numerical-anatomical human models of adult men and women, pregnant women, juveniles and children, with anatomical details resolved down to a size of 2mm and body tissues differentiated by their related electrical parameters. These virtual humans are derived from the data of real humans and have been developed by the Institute of Health Care Engineering and based on international collaborations provided by institutions from Great Britain, Switzerland, Japan and the USA.

With these facilities the Institute of Health Care Engineering possesses the essential require-

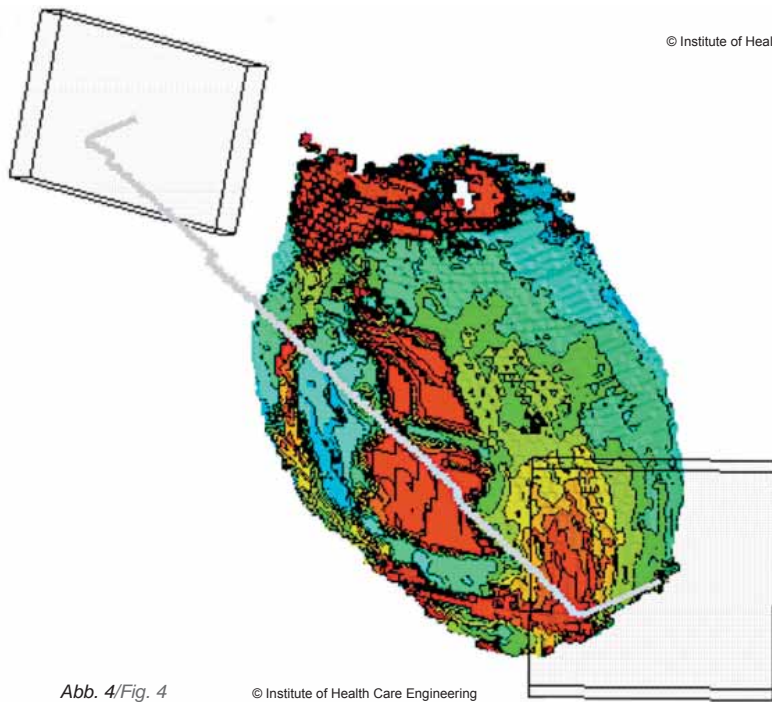


Abb. 4/ Fig. 4

© Institute of Health Care Engineering

Abb. 5/ Fig. 5

© Institute of Health Care Engineering



nen die anatomischen Details bis auf 2 mm aufgelöst und die Gewebe durch ihre unterschiedlichen elektrischen Gewebeeigenschaften differenziert sind. Die Modelle basieren auf den Daten realer Menschen und wurden teilweise am Institut selbst entwickelt oder ihm aufgrund der internationalen Zusammenarbeit mit Großbritannien, der Schweiz, Japan und den USA zur Verfügung gestellt.

Damit verfügt das Institut für Health Care Engineering über wesentliche Voraussetzungen und das Know-how, um weiterhin im internationalen Spitzenfeld im Bereich der medizinischen Anwendungen, aber auch der Technologiebewertung und Risikokommunikation zu forschen und gesundheitliche Fragestellungen untersuchen zu können, die nicht nur auf den Bereich der Patientensicherheit und der diagnostischen und therapeutischen medizinischen Anwendungen beschränkt sind, sondern auch im Bereich der Energieversorgung, der Telekommunikation, des Handels, der Wirtschaft und der Exekutive auftreten. Die Beiträge des Instituts werden international beachtet und sind in der Zwischenzeit bereits beispielsweise in die Bewertung der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) eingeflossen.

ments and the know-how for research at top international level in the area of medical safety technology, technology assessment and risk communication. This allows investigation of health-relevant issues which are not only limited to the broad range of diagnostic and therapeutic medical applications but also include health risk assessment in electric power supply, telecommunications, trade, economy and law enforcement. Contributions of the institute have already gained international recognition, for example, from the World Health Organisation (WHO), the International Commission for Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) and the International Electrotechnical Commission (IEC).

Abb. 4: Verteilung der elektrischen Stromdichte an der Oberfläche des Herzens bei Defibrillation.

Abb. 5: Exposition des Körperinneren durch elektrische Stromdichten, die durch das Zusammenwirken des elektrischen und magnetischen Feldes einer Hochspannungsleitung verursacht wurden.

Fig. 4: Distribution of the intracorporal electric current density along the cardiac surface during defibrillation.

Fig. 5: Exposure of the body to electric current densities induced by synergetic interaction of electric and magnetic fields from high-tension power lines.