

ARBEIT AM EINDRUCK

ZUR KONSTRUKTION VON SICHTBARKEITEN UND TAKTILITÄTEN IM VIRTUELLEN KÖRPER

Inge Hinterwaldner

OPERATIVE SZENERIEN

Seit circa zwanzig Jahren werden mit Hilfe von medizinischen Bildgebungsverfahren computergestützte interaktive Körper(re)konstruktionen entwickelt, die in den diagnostischen sowie chirurgischen Alltag der Ärzte und Medizinstudenten einziehen. Der Technikhistoriker David Gugerli untersuchte die Veröffentlichungen zur virtuellen Endoskopie aus den frühen 1990er Jahren und diagnostizierte dort einen »Diskurs der nahen Zukunft«, in dem diese neuen, ungewohnten Bildwelten noch keineswegs eine Selbstverständlichkeit besaßen. Der für den medizinischen Alltag notwendigen Stabilisierung der »präzedenzlosen Seherfahrung« dienten hierbei Visionen, welche an die apriorische Normalisierung plädierten. Gugerli fand in der Fachliteratur im Wesentlichen zwei Quellen gemeinsam verfügbarer historischer Erfahrungsräume, aus denen man hierfür schöpfte: Einerseits wird eine genealogische Linie von der etablierten videobasierten Endoskopie zu den neuen Techniken gezogen, andererseits mobilisierte man Metaphern aus Science-Fiction Filmen, aus Computerspielen und Flugsimulatoren:

¹ Gugerli, David: »Der fliegende Chirurg. Kontexte, Problemlagen und Vorbilder der virtuellen Endoskopie«, in: David Gugerli/Barbara Orland (Hg.), *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*, Zürich 2002, S. 251–270, hier: S. 266. Gugerli spielt hier auf Isaac Asimovs »Fantastic Voyage« (1966) und einen wissenschaftlichen Artikel an: Meinzer, Hans-Peter: »Räumliche Bilder des Körperinneren«, in: *Spektrum der Wissenschaft* 7 (1993), S. 56–75.

»Dabei erwiesen sich die gewählten Ressourcen als äußerst ergiebig, denn sie ermöglichten den Forschungs- und Entwicklergruppen, gleich eine ganze Reihe von Orientierungsproblemen der virtuellen Endoskopie anzugehen, allen voran jenes der Navigation ohne bekannte Referenzpunkte. Wo der menschliche Körper zum reinen Datenraum mutiert, lösen sich ja auch bislang selbstverständliche Grenzen auf, werden Innen-Außen-Relationen verwischt und Organe durch ein Kontinuum von *Voxeln* substituiert. Nur Drehbücher und vorausberechnete Flugbahnen sowie die Vorstellung, in Asimovs U-Boot oder in Meinzers Späherkapsel zu sitzen, können den fliegenden Chirurgen dann noch eine beruhigende Auskunft geben über ihre aktuell gültige Position und die zu erwartenden Aussichten.«¹

An das angesprochene Problem der innerkörperlichen Navigation ohne (normativ) gesicherte Referenzpunkte, dafür versetzt mit Abstraktionen, wird im Folgenden angeknüpft. Dieses soll anhand der Erstellung konkreter Beispiele näher beleuchtet werden, die in ihrer Anwendung eindeutig handlungsorientiert sind. Ein Großteil der aktuellen Forschungen der Technologieentwickler zielt auf eine (wie auch immer angenommene) Adäquatheit im Umgang des medizinischen Personals mit den Simulationen ab. Konstituiert werden dabei komplexe operative Räume, die jenseits einer Präsentation der digitalen Anatomie eine flexible Umgebung schaffen, in der Akteure zum Einsatz kommen und Eingriffe vornehmen können.

In der Produktion computergestützter interaktiver Körpersimulationen kommen verschiedene Techniken zum Einsatz, die – flüchtig betrachtet – in ähnliche Szenerien münden. Bei genauerer Untersuchung stellt sich jedoch heraus, dass virtuelle Endoskopien und Simulationen nicht nur hinsichtlich ihrer Funktionen, sondern auch ihrer Körperkonzeptionen erhebliche Unterschiede aufweisen. Diese Differenzen in der Gestaltung von Körperlichkeit und deren Zugangsweisen zu den virtuellen Körpern sollen im Folgenden untersucht werden. Der Fokus liegt dabei auf den Nuancen, die bei den innerkörperlichen Navigationen zwischen Visualität und Taktilität entstehen.

FLY OUTSIDE IN »FLY THROUGH«

² Der bisherige Preis der virtuellen Endoskopie (im Unterschied zur kamerabasierten) ist hoch: Es besteht keine Möglichkeit zur Biopsie, es gibt keine Haptik, keine Dynamik, keine Farbinformation an den Oberflächen.

Richard Satava, einer der prominentesten Fürsprecher für den Einsatz von virtueller Realität in Medizin und Militär, und der Militärchirurg Shaun B. Jones betonen die Vorteile jener Anwendungen, die sich im radiologischen Bereich erst noch durchsetzen müssen.²

³ »Virtual colonoscopy has the advantage of being able to view the colon from any angle inside the lumen (small polyps can be hidden behind folds or twists in the colon during actual colonoscopy), or being able to fly »outside« of the lumen to see if a tumor has spread to the surrounding tissues or lymph nodes.«³

Satava, Richard M./Jones, Shaun B.: »Medical Applications of Virtual Reality«, in: Kay M. Stanney (Hg.), *Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications*, Mahwah 1999, S. 368–391; bzw. in: »http://vehand.engr.ucf.edu/handbook/Chapters/Chapter55.PDF« vom 25. März 2006.

⁴ Mit Bezugnahme auf die virtuelle Dickdarmspiegelung wird die Erfahrbarkeit der Außenseite von Organen gepriesen. Dies ist weniger eine simple Tatsachenschilderung als vielmehr ein Anspruch, den die Praxis nur sehr bedingt einlösen kann.

Pommert, Andreas: *Simulationsstudien zur Untersuchung der Bildqualität für die 3D-Visualisierung tomografischer Volumendaten*, Norderstedt 2004, S. 15.

Der Bestimmung des Problems nähert man sich am besten, indem man einen Blick auf einige technische Voraussetzungen der so genannten »Fly Throughs« wirft. Man gewinnt sie aus Datensätzen von Magnetresonanztomographien oder Computertomographien. Diese Daten kodieren Reaktions- bzw. Absorptionseigenschaften bestimmter Substanzen, die am ehesten mit »Dichte« oder »Wassergehalt« in Zusammenhang gebracht werden könnten. Die Werte werden als Graustufen schichtweise in isotropen Voxel-Einheiten aufgelöst und sodann als Indikatoren für Organgrenzen angesehen. Diese Schichtbilder werden segmentiert und zu einem dreidimensionalen Block synthetisiert. Der Segmentierung, so eine kurze Definition, »fällt dabei die Aufgabe zu, die verschiedenen in einem Datenvolumen vorhandenen Objekte zu identifizieren und entsprechend zu kennzeichnen.«⁴ Dabei sind die Grenzfindungen im Flusse, sowohl seitens der ständig weiterentwickelten tomographischen Aufnahmetechnologien als auch seitens der derzeit mit beträchtlicher Anstrengung vorangetriebenen Entwürfe für Algo-

rithmen zur Segmentierung. Die dreidimensionale Zusammensetzung der im beschriebenen Verfahren identifizierten inneren Strukturen dient sodann der Diagnose des spezifischen Patienten. Dies, so schreibt die Medientheoretikerin José van Dijck,

⁵ Van Dijck, José: »Fantastische Reisen im Zeitalter der Endoskopie«, in: Jörg Huber (Hg.), *Einbildungen*, Zürich/Wien/New York 2005, S. 47–73, hier: S. 62.

»ermöglicht es dem Auge der Chirurgen, das Körperinnere von nahezu jedem Punkt aus zu visualisieren, die Wände von Organen zu durchdringen und durch Gefäße und Trakte zu fliegen, in denen eine Kamera sich physisch unmöglich bewegen könnte. Der Trick bei virtueller Endoskopie besteht darin, dass sie dem Videofilm ähnelt, der mit einer wirklichen Kamera im Körper aufgenommen wurde, der jedoch tatsächlich nur die Projektion eines angeblich existierenden Inneren ist. Dem Konzept virtueller Endoskopie liegt die Idee zu Grunde, dass der reale Körper als räumliche Information repräsentiert wird, die zu einer hochauflösenden Visualisierung führt, welche weder Foto noch Modell ist, sondern eine animierte Rekonstruktion errechneter Daten.«⁵

Diese nichtinvasive Untersuchungsmethode am generierten Bild basiert also auf der Transformierung des Körpers in einen rationalen, mathematisierten, volumetrischen Raum mit eindeutig lokalisierbaren und adressierbaren diskreten Punkten, wie es auch Catherine Waldby sehr treffend charakterisiert.⁶ Über diese Digitalisierung des Körperlichen hinaus interessieren im Folgenden, welche Konsequenzen aus den verschiedenen Arten der Visualisierung, bzw. der Erzeugung haptischer Eindrücke erwachsen. Der reale abzubildende Körper muss gefügig gemacht werden und auch im Virtuellen sind weitere konstruierende Maßnahmen unerlässlich.

⁶ Waldby, Catherine: »The Visible Human Project as a technology of anatomical inscription«, in: Christina Lammer (Hg.), *Digital Anatomy*, Wien 2001, S. 50–64.

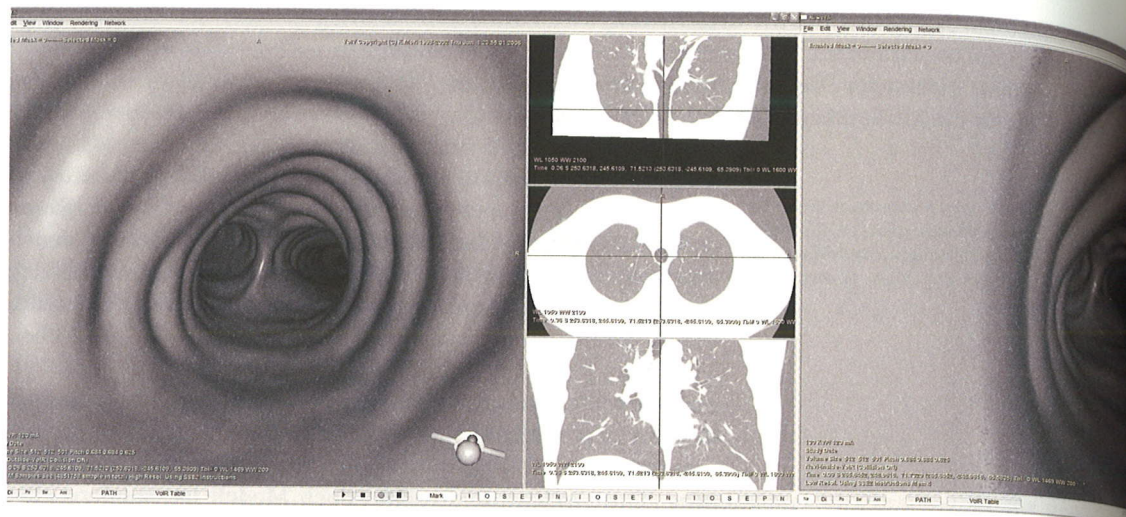
NÄHE UND DICHTHE. EINE VIRTUELLE BRONCHOSKOPIE

⁷ Boehm, Gottfried: »Zwischen Auge und Hand. Bilder als Instrumente der Erkenntnis«, in: Jörg Huber/Bettina Heintz (Hg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*, Wien/New York 2001, S. 43–54, hier: S. 52.

»Jeder Partikel des menschlichen Körpers«, so Gottfried Boehm, »läßt sich im Prinzip und bei Bedarf als ein optisches Präparat darstellen. Es sind Bilder einer extremen Auskundschaftung und damit einer Beherrschung des Menschen. Daß Personen eine Distanz beanspruchen können, daß sie in der Distanz wesentliche Eigenschaften erst erschließen, derlei »übersehen« bildgebende Verfahren. Ihre Präsenzleistungen liegen woanders.«⁷

Dieses Übersehen der Übersicht kann in Bezug auf die virtuelle Endoskopie sowie mancher Simulatoren und deren dreidimensionalen Körperrekonstruktion ganz wörtlich genommen werden.

Eine Anwendung zur virtuellen Bronchoskopie aus dem Department of Media Science an der Universität Nagoya spiegelt diese Bedingtheit von Wahrnehmbarkeit wider. Ungleich einer kamera-basierten Endoskopie, die sich notgedrungen (oder aus Sicht des



Patienten wünschenswerterweise) in anatomisch vorhandenen Röhren und Blasen abspielt, kann man sich in diesem Programm mit der Maus ungehindert durch alle Schichten des zur Untersuchung erhobenen dreidimensionalen Datenblocks bewegen. Dabei wird jedoch meist nicht berücksichtigt, dass die Grenzenlosigkeit in der Navigation nicht nur als ein »frictionless point of view«⁸ interpretierbar ist, sondern auch der Bildkörper als einer, der keinen Widerstand bietet. Dies ist deshalb der Fall, weil in den diesen Rekonstruktionen zugrunde liegenden Datensätzen keine Anhaltspunkte zur Konsistenz des Gewebes enthalten sind. Damit wahrt nichts die Grenzen der Hohlräume, was dazu führt, dass man nichts ertasten kann und im Beispiel aus Nagoya für die Navigation entlang der Bronchialäste eine gewisse Geschicklichkeit benötigt, um nicht vom (Luft-)Weg abzukommen und dadurch die »Sicht« zu verlieren. Abb. 1 a–c zeigt drei Etappen einer horizontalen Bewegung vom Inneren einer Bronchie zu deren Wänden und darüber hinaus. Das dritte Bild rechts gewährt keinen Tiefeneindruck und man erfährt visuell, worin sich eigentlich die Domäne des Tastsinns entfaltet: Nähe und Dichte. → ABB. 1a–c

Ein visualisierter dreidimensionaler Block aus Voxeln kann eine entzifferbare Angesichtigkeit nur bieten, wenn ein Abstand des Gegenstandes zum virtuellen Auge⁹ gegeben ist. Gerät man mit dem virtuellen Auge aber beispielsweise in dichtes Muskelgewebe, kann nichts erkannt werden – alles erscheint verschwommen, großflächig vage und ohne interpretierbare Details. Mitten im Gewebe starrt man auf die opake Oberfläche der nächsten und sich in großer Nähe befindlichen Voxel.¹⁰ Folglich ist mit Vorsicht zu genießen, wenn es heißt:

8

C. Waldby: *The Visible Human Project*, S. 58.

9

Wenn hier vom »virtuellen Auge« oder der »virtuellen Kamera« die Rede ist, sollten diese Wendungen als metaphorische Annäherungen nicht zu konkret gedacht werden. Die Ausdrücke »Kamera« und »Auge« werden in diesem Zusammenhang meist synonym verwendet, da die Kamera in minimalinvasiven Operationen als handgesteuertes Auge des Operationsteams verstanden wird: »In this arrangement, the camera/lens operator must serve as the eyes for the entire surgical team.« (Haluck, Randy S./Webster, Roger/Snyder, Alan/Melkonian, Mike/Mohler, Betty/Dise, Mike/LeFever, Andrew: »A Virtual Reality Surgical Trainer for Navigation in Laparoscopic Surgery«, in: James D. Westwood/Helene M. Hoffman/Gred T. Mogel/Don Stredney (Hg.), *Outer Space, Inner Space, Virtual Space. Medicine Meets Virtual Reality 2001*, Amsterdam 2001, S. 171–176, hier: S. 172).

10

Die hier beschriebene Ansicht mit opaker Oberfläche ist, wie bei den meisten Programmen dieser Art, eine von mehreren möglichen. Auch in dieser virtuellen Bronchoskopie kann man die Opazitätswerte mittels Transferfunktionen variieren.

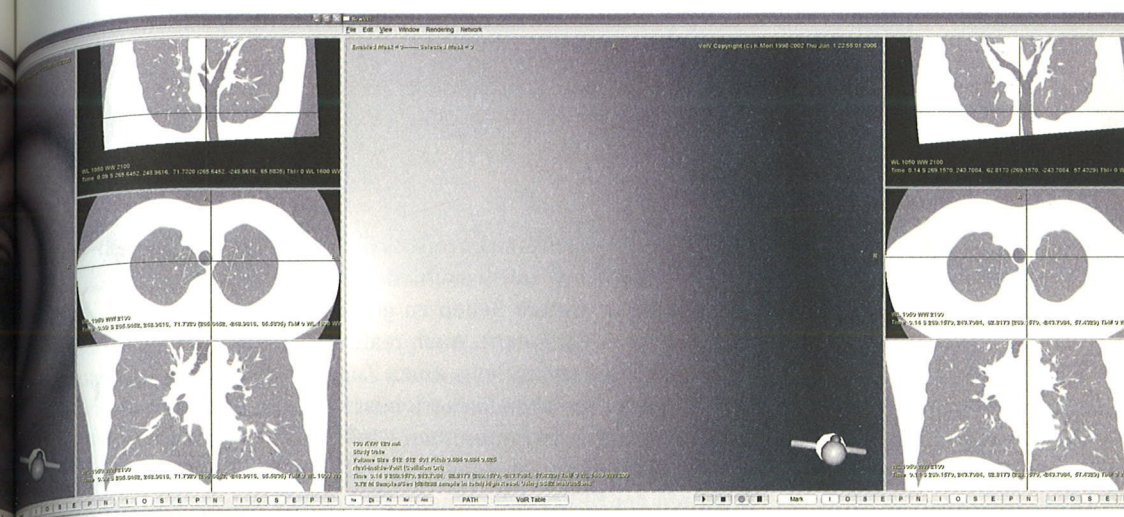


ABB. 1a–c: University of Nagoya, Department of Media Science: Virtuelle Bronchoskopie, Stills. Quelle: University of Nagoya, Department of Media Science.

11

Satava, Richard M./Jones, Shaun B.: »Virtual Environments for Medical Training and Education«, in: *Presence 6* (April 1997), S. 139–146, hier: S. 145ff.

↑

»As an example, the fully interactive »virtual anatomy« of the wounded leg [...] permits the student to explore around, between, and inside the tissues [...] to obtain a perception and understanding of the anatomic relationships and ballistic effects not otherwise possible by reading or viewing a CD-ROM.«¹¹

Was zeigt man, wenn es eine nahe Dichte oder dichte Nähe zu sehen gibt? Inmitten der Gewebe zu sein, heißt für das Auge des Radiologen erblindet zu sein im Hinblick auf eine Suche nach Referenzen. Man kann nichts erkennen, außer innerhalb und entlang der erzeugten Leere. Indirekt klingt dies beim Wissenschaftsphilosophen Timothy Lenoir und dem Mathematiker Sha Xin Wei an, wenn sie im Virtuellen von »Pfad«, »inneren Räumen« und von Objekten sprechen, die einem die Sicht verstellen können:

»In a volume-rendered data set the surgeon sees *while inside the body* what is obstructing the path, as well as what is behind or next to it, from all directions, allowing more certain navigation through these interior spaces. A structure can be zoomed in on, viewed from any angle, even (unreal) angles impossible to see in any other way. Furthermore if some organ, tissue, or fluid is obstructing the view of the object the surgeon wants to see, the obstruction can be filtered out. This means, of course, that the new surgical object in the virtual environment has an »unnatural« appearance from a pre-virtual surgery point of view – surfaces are unnaturally coloured, passageways such as the colon are »clean«, and so on. But the objective is to isolate and manipulate the tissue in question.«¹²

12

Lenoir, Timothy/Xin Wei, Sha: »Authorship and Surgery: The Shifting Ontology of the Virtual Surgeon«, in: Linda Henderson/Bruce Clarke (Hg.), *From Energy to Information: Representation in Science, Art, and Literature*, Stanford 2002, S. 283–308, hier: S. 302f.; bzw. in: »http://www.stanford.edu/dept/HPST/TimLenoir/Publications/Lenoir-XinWei_AuthorshipSurgery.pdf« vom 11. Mai 2004.

Die Dichotomie zwischen Natürlichkeit und dem Unnatürlichen, die in diesem Zusammenhang diskursiv geschaffen wird, muss an anderer Stelle im Detail erörtert werden.

DISTANZNAHMEN

Aus der Möglichkeit (zu) großer Nähe erwachsen Herausforderungen, denen man mit verschiedenen Strategien begegnet. Um das erweiterte, tiefere Sehen zu gewährleisten ist es nötig, den Gegenstand zu verändern. Auch realiter muss man sich bei minimalinvasiven Interventionen einen Zugang verschaffen. Insbesondere für endoskopische Szenerien ist virulent, dass eine Einsicht nur gewährleistet ist, wenn man – wie bereits erwähnt – für das virtuelle Auge einen Abstand schafft. Dafür muss mit bestimmten Verfahren der füllige, körperhafte Datenblock »ausgelichtet«, perforiert oder geschält bzw. auf Distanz gehalten werden. Es gibt mehrere Möglichkeiten der Einblickgebung, beispielsweise durch Subtraktion an opaker Dichte, entweder teilweise gleichmäßig (Semitransparenz), allerdings mit dem Kompromiss, dass man umso weniger von allem sieht, je weiter der Blick in die Tiefe eindringen kann, oder in Teilen vollständig, so dass man eine Oberflächenbeschaffenheit in einer bestimmten Entfernung anvisieren kann. Zieht man die Grenze relativ zum Datensatz, muss man Hohlräume schaffen. Wie aber kommt es zu den Hohlräumen? Nun sind die Atemwege (oder im folgenden Beispiel das Innere des Dickdarms) nicht einfach schon vorhandene »Leerstellen« auf den Tomographien, sondern durch verschiedenste Maßnahmen die dunkelsten Bereiche.

LICHTUNG UND GRENZBEGEHUNG. EINE VIRTUELLE KOLONOSKOPIE

Am Institut für Diagnostische Radiologie am Universitätsklinikum Zürich ist die »Software Advantage Workstation 4.2« von General Electric im Einsatz. Sie ermöglicht den Radiologen verschiedenste Ansichten auf die Patientendaten, beispielsweise einen Überblick über den segmentierten Darmabschnitt samt vorgeschlagenem mittigem Pfad für die Navigation; eine plane Ausbreitung des gesamten Darms in langen Streifen, die jeweils 45° der inneren Oberfläche zeigen; eine dreidimensionale Rekonstruktion in Nachahmung der Sicht eines echten Kolonoskops (samt Glanzlichteffekten etc.).

Die Segmentation tomographischer Volumendaten wird im radiologischen Alltag normalerweise softwareseitig vorgenommen, wobei der Radiologe das Intervall der darzustellenden Intensitätswerte festlegt. Um Raum im Virtuellen zu schaffen, wird der Darm



ABB. 2 a – d: Universitätsspital Zürich, Diagnostische Radiologie: Virtuelle Koloskopie, Stills. V.l.n.r.: a: Sicht von Außen auf das Kolon, b: direkt an der Kolonwand außen, c: Meldung sobald man sich von der Logik der Bewegung in der Kolonwand befindet, d: direkt an der Kolonwand innen. Quelle: Universitätsspital Zürich, Diagnostische Radiologie (3D-Labor).

13 Teilweise bleibt noch die Möglichkeit, mit Kontrastmitteln zu arbeiten, die dem Patienten verabreicht werden. Vgl. Satava, Richard M./Jones, Shaun B.: »Virtual Environments for Medical Training and Education«, in: *Presence* 6 (April 1997), S. 139 – 146, hier: S. 145 ff.

14 Lévy, Pierre: *Becoming Virtual. Reality in the Digital Age*, New York/London 1998, S. 39 – 40.

des Patienten vor der Tomographie entleert und danach mit Luft aufgeblasen. Die Gaswerte unterscheiden sich erheblich von den Werten der umliegenden Gewebe. Daher ist die Grenzfläche der Luftsäule relativ zuverlässig ermittelbar. Anders sieht die Lage aus, wenn man die Außenseite des Darms automatisiert definieren möchte, da es dort meistens keine Hohlkammern zur Vereinfachung der Grenzauffindung gibt.¹³ Die Grauwerte und die darauf basierenden Isooberflächen bei der automatischen Segmentation gehören der Logik des Bildgebungsverfahrens an, entsprechen aber nur bedingt den Kategorienbildungen des Menschen (der beispielsweise einzelne Organe separieren würde). Im Hinblick auf medizinische Bildgebungsverfahren fragt der Philosoph Pierre Lévy:

»What is it that makes the body visible? Its surface? Hair? Skin? A sparkle in the eye? Medical images enable us to see inside the body without breaking its sensitive surface, sectioning vessels, or cutting tissues. We could say that it brings to light other skins, buried epidermises, unsuspected surfaces that rise up from within the organism. [...] Each new device adds another type of skin, another visible body to our actual body. As in the Lucretian universe, a crowd of skins or dermatoid spectres emanate from our own body – simulacra.«¹⁴

Wenn außerhalb des Darms leicht raue Gebilde auftauchen, die keinen Organen zuzuordnen sind, entsprechen diese schlicht dem eingestellten Schwellwert. → vgl. ABB. 2a Es soll hier jedoch nicht müßigen Abwägungen nachgegangen werden, ob bei günstig gewählten Parameterwerten auch tatsächlich jene algorithmisch geglätteten Voxel an der Position der Darmaußenwand in Erscheinung treten.

Hat man nun den Hohlraum des Darms und seinen Umraum ausgeblendet, so liegt das für uns spannendste Moment in der Grenzbegehung, da auch hier, zumindest für die Breite der Darmwand, möglicherweise die überblicksresistente »Fülle« ins Sichtfeld träte. Was würde geschehen, wenn man Satavas Anweisungen Folge leistete und vom Darminneren durch die Darmwand zu deren Außenseite wechselte? Sind diese Voxel in beliebig großer Nähe

und daher beliebig groß in der Ausdehnung? Entsteht daraus ein ästhetisches Problem oder eines der Berechnung?¹⁵ Oder ist es möglich, den gekrümmten Darm auf einer Ansicht zugleich von innen wie von außen zu sehen? Der Versuch, den Grenzgang nahtlos zu vollziehen, ist in dieser gängigen Software vereitelt. → ABB. 2a – d Stattdessen wird eine gelbe Schrift auf hellblauem Hintergrund eingeführt, was die Evidenz einer Grenze zusätzlich betont. Man liest: »Inside object«, unabhängig davon, ob man von der Darmaußenansicht in sein Inneres tritt oder die Gegenbewegung von innen nach außen versucht.¹⁶ Just der Übergangsmoment wird nicht zugänglich gemacht, ein »fly through« nicht erlebbar. Während man in der Dichte, die mit der schriftlichen Meldung verdeckt wird, auch nicht sieht, wird hier entlang der aktuell definierten Ränder zusätzlich ein blinder Fleck anderer Art erschaffen, denn die beiden dem Grenzübergang nächstmöglichen Ansichten einer stetigen Bewegung sind unvermittelt erheblich verschieden. Es kommt zu visuellen Kontinuitätsbrüchen. Etliche mögliche Ansichten verschwinden zugunsten der Einblendung einer schriftlichen Meldung, die jedoch für die Orientierung am allerwenigsten notwendig ist, denn auch ein Laie unterscheidet mühelos eine »Außenansicht« von einer röhrenartigen »Innenansicht«.

ENTSCHWINDENDE OBERFLÄCHEN UND LEERE. EINE VIRTUELLE ARTHROSKOPIE

Datenbasierte Szenarien sind ursprünglich durch und durch »füllig«. Sie gewinnen eine Oberfläche durch diverse oben beschriebene Vorgehensweisen, die man als skulpturale bezeichnen könnte: Man geht von zunächst mehr Information aus als brauchbar ist; durch ein Wegnehmen schafft man die nötigen Einblickskanäle. Hingegen geht man bei modellbasierten Simulatoren eher plastisch vor: Plastisch in dem Sinne, dass in diesen Fällen kein Datenblock schon vorliegt, den man »behaut«, sondern dass man mit Software die zu modellierenden Teile aus dem Nichts aufbaut und aneinander fügt. In diesen Fällen sind die benötigten Organe erst zu generieren und zu formen. Folglich braucht man für die Zusammensetzung einer Szene Anhaltspunkte dafür, wie (je nach Bedarf im Ideal, im Durchschnitt, im Besonderen usw.) die Organe zueinander liegen. Statistiken fließen teilweise in die Modelle ein, die gerade durch die Fokussierung auf je zentral gewichtete Aspekte, also durch Abstraktion, gekennzeichnet sind. Ähnliche Überlegungen sind bei den erhobenen Datensätzen nicht notwendig, denn diese encodieren gerade den Ort der erzeugten diskreten Partikel, denen man sodann eine Zuordnung zu einem Gewebe angedeihen lässt. Obwohl auch modellbasierte Programme sich auf Daten stützen können, wird dann zumeist nur der Umriss gebraucht und dieser mit einer Textur umhüllt. Es gibt in diesen Fällen folglich

15

Es sei erwähnt, dass eine rechnerische Notwendigkeit darin besteht, den Abstand des zum Aufpunkt am nächsten liegenden Clipboards größer als null zu definieren, da es sonst zu einer Divergenz kommt.

16

Hingegen erscheint die Meldung »Outside object«, wenn man die Grenze des gesamten Datenblocks überschreitet. Zudem gibt es noch die Meldung »Undefined View«, die Situationen markiert, bei denen ein rechnerisches Problem aufgetaucht ist.

eine Anordnung in die Tiefe, aber keine Tiefenausdehnung des Visuellen: Alles Visuelle ist (Ober-)Fläche. Bei ausgefeilteren Szenarien gibt es gegebenenfalls noch zwiebelschalenartig hintereinander angeordnete, dreidimensional gekrümmte zweidimensionale Hüllen. Was geschieht nun bei unvorhergesehenen Kamerapositionen, was also wenn man hinter diese Oberflächenkulisse sieht?

Als Beispiel könnte man den modellbasierten Simulator »Virtual Environment Knee Arthroscopy Training System« (VE-KATS) zur Knieuntersuchung heranziehen, der bis 1998 an der Universität Hull entwickelt wurde und kein haptisches Feedback vorsah. Der Entwickler James Ward führt zur obigen Versuchsanordnung wie folgt aus:

»When the camera is inside a bone, you will see the inside of the surface model, or sometimes you will see through the bone as if transparent – because for some of the models we have »back face culling« enabled so that only the outward facing triangles of a structure are visible.«¹⁷

17

Ward, James: Persönliche Emailkorrespondenz vom 3. April 2006.

¹⁸ Dass eine graphische Oberfläche ohne zusätzliche Definition nur von einer Seite wahrgenommen werden kann, ist ein hinreichend bekanntes Phänomen in der Computergrafik jenseits jeglicher Abhängigkeit inhaltlicher Natur.

Zunächst ist zu bemerken, dass eine Kameraposition im Inneren der Knochen zwar nicht anzustreben ist, hier jedoch durchaus vorausschauend empfangen wird. Dies dadurch, dass man teilweise eine Ansicht (Textur auf der Innenseite der Oberfläche) vorsah, die nur aus dieser Position überhaupt zu sehen ist. In den meisten Fällen jedoch entschwindet beim Durchtritt durch die Textur der Gegenstand, dessen Oberfläche man sich soeben noch genähert hatte, aus dem Blickfeld. Es scheint als hätte man durch das Überschreiten der Oberflächengrenze den Hohlraum der ganzen Szene um das Volumen des »betretenen« Gegenstands ausgeweitet.¹⁸

Interessanter ist Wards Vorschlag, es sollte ins Weiß überblendet werden, sobald man mit der virtuellen Kamera im Organinneren weilt:

19

J. Ward: Persönliche Emailkorrespondenz vom 3. April 2006.

»It is questionable how this situation should be handled, since in reality it isn't possible to get in this position! The only correct answer is to use force feedback to prevent this happening. Without force feedback, the view should probably »white out.«¹⁹

Das »white out« markiert ein Nichtzeigen par excellence für eine Situation, die nicht eintreten dürfte, für einen Un-Fall. Diesen könnte man dadurch charakterisieren, dass man eine weiße Ansicht bietet, um nichts zu zeigen, oder noch eher, um zu verhindern, irgendetwas präsentieren zu müssen, was nicht gezeigt werden soll. Um nicht ein Nichts zu zeigen, bräuchte es Haptik, die den Un-Fall verhindert. Die Gewährung von Haptik oder einer Kollisionsdetektion, die eine Grenzüberschreitung vereitelt, verhindert erstens das Nichterkennen in der Dichte, zweitens das

Nichtsehen der anatomischen Struktur, in der man sich befindet und drittens das Sehen des Dargebotenen (z.B. »white out«), das die Ansicht des zweiten Falles verhindern möchte. Eine Kollisionsdetektion als Vorstufe des Force Feedback und als Modellierung des Nahsinns des Tastens könnte das Gelingen des Fernsinns des Sehens garantieren.

ABSTRAKTION ALS MODELLVORAUSSETZUNG

20 Das MIT Touch Lab prägte den Begriff »Computerhaptik« als Analogon zum Begriff der »Computergrafik« und bezeichnet damit eine Disziplin, die es sich zur Aufgabe macht, haptische Stimuli zu generieren: »We define Computer Haptics as the discipline concerned with generating and rendering haptic stimuli to the human user, just as computer graphics deals with generating and rendering visual images.« (Srinivasan, Mandayam A./Basdogan, Cagatay: »Haptics in Virtual Environments: Taxonomy, Research Status, and Challenges«, in: Computers and Graphics 21 (1997), S. 393–404, hier: S. 396).

21 Es gibt durchaus auch interaktive datenbasierte Simulatoren. Da sich das Voxelgefüge ohne Einbeziehung eines Modells jedoch nicht anders verändern lässt als durch ein Entfernen von Teilchen, bieten sich vor allem Motive an, bei denen keine Weichteildeformation vonnöten ist, z.B. bei Knochenbohrungen.

Bei der beschriebenen virtuellen Bronchoskopie sowie Kolonoskopie kann man sich auf der visuellen Ebene den anatomischen Strukturen beinahe beliebig nähern, ist jedoch zugleich hinsichtlich des Tastsinns unendlich distanziert, weil jeglicher Interventionsmöglichkeiten beraubt.

Will man eine Interaktivität jenseits der reinen Navigierbarkeit bzw. des reinen Sehens erlauben, ist als erste Voraussetzung eine Kollisionsdetektion in das Programm der Szenerie zu integrieren. Bei allen auch im Weiteren hier aufgeführten Beispielen ist eine Kollisionsdetektion gewährleistet, d.h. Grenzen werden vom System zwar erkannt und teilweise signalisiert (etwa durch schriftliche Meldungen oder Einfärbungen), aber eine Überschreitung nicht immer unterbunden. Eine taktil »reibungslöse« Übertretung wird erst durch eine Krafterückführung verhindert, denn die Modellierung des Taktiles ist – auch in Vertretung der chirurgischen Instrumente – als Körperlichkeit (mit Ausdehnung, Masse, Trägheit usw.) konzipiert.²⁰ Damit wäre die zweite Voraussetzung bereits benannt: Dem virtuellen Gewebe werden über rechenbare Modelle Eigenschaften attribuiert. Sinn des auf dem Weg zur Versinnlichung dazwischen geschalteten Modells, das in sich viele Entscheidungen voraussetzt, ist eine Dynamisierung der virtuellen Szenerie.²¹ Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, Teile deformieren zu können. Diese Einwirkungen werden in den Echtzeitanwendungen je aktuell errechnet. Dafür braucht es ein variables topologisches Gefüge, das zumeist nur durch eine Oberflächenstruktur eine Angesichtigkeit bietet. Jeder Schnitt in das manipulierbare Gewebe zeigt nicht Dahinterliegendes, sondern zieht die instantane Erzeugung der sich somit sukzessive ausdehnenden Oberfläche nach sich und erwächst aus einer prinzipiellen Leere.

Um für derartige Eingriffe Anhaltspunkte zur nachzunehmenden Dynamik und zum Gewebewiderstand zu erhalten, werden Messungen vorgenommen. Die Messreihen liefern zusammen mit den Parametern im Experimentdesign idealiter die nötigen Informationen, um ein Gleichungssystem zu formulieren, das das Messergebnis in den gegebenen Rahmenbedingungen nachzustellen erlaubt. Ziel ist es, eine allgemein gültigere Formel zu finden, die nicht nur die singuläre Verhaltensweise bei der durchgeführten Messreihe imitiert, sondern auch unter veränderten Umständen

plausible Ergebnisse liefert. Wenn man also einen virtuellen Körper für eine Chirurgesimulation hinsichtlich einiger weniger Aspekte mit lebensnahen Reaktionen ausstatten möchte, wird man z.B. in Tierversuchen darum bemüht sein, mittels in vivo und in situ Messungen die mechanischen Merkmale für ein betreffendes Gewebe heraus zu destillieren. Da die Atembewegung des Tieres die Messung – beispielsweise an der Leber – »verfälscht«, setzt man teilweise die Atmung zwecks Optimierung der Ergebnisse für die Dauer der Experimente künstlich aus.²² Man versucht den lebenden Körper so zu manipulieren, dass er hinsichtlich der gewünschten Messung in seiner Komplexität reduziert ist, um Uneindeutigkeiten in der Zuordnung der ermittelten Werte möglichst zu vermeiden. Die Messungen benötigen also einen unnatürlich stillgestellten und fragmentierten Körper, damit sein virtuelles »Äquivalent« über Modelle »lebensnah« animiert werden kann.

22

Vgl. z.B.: Samur, Evren/Sedef, Mert/Basdogan, Cagatay/Avtan, Leent/Duzgun, Oktay: »A robotic indenter for minimally invasive characterization of soft tissues«, in: Lemke, Heinz U./Inamura, Kiyonari/Doi, Kunio/Vannier, Michael W./Farman, Allan G. (Hg.), Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS), Amsterdam 2005, S. 713–718.

EINSICHT IN EINE ÜBUNG DES TASTENS

Auch wenn es mit daten- und modellbasierten Ansätzen prinzipiell unterschiedliche Akquisitionsmöglichkeiten für virtuelle Szenarien gibt,²³ bleibt die Herausforderung bestehen, die darin steckt, eine Sichtbarkeit anbieten zu wollen bei inneren Eingriffen, bei denen keine hohlen Kammern vorhanden sind. Diese Situation tritt beispielsweise bei Simulatoren ein, bei denen – analog zur realen Untersuchung – das Ertasten von Krankheiten geübt werden soll.

Bei der Simulation zur Übung der Lumbalpunktion (Flüssigkeitsentnahme im Lendenwirbelbereich), die 2001–2002 am Department of Computer Science an der Millersville University in Kooperation mit Medizinern entwickelt wurde, führt man eine Nadel in einen aufrecht positionierten Plastiktorso ein. Die Nadel ist an Motoren angeschlossen, sodass ein haptisches Feedback über den Widerstand der sechs simulierten Gewebe (Haut, Dermis, Bindegewebe, Muskel, Ligamentum flavum und die Dura mater) Auskunft gibt. »At each haptic layer, the student feels the surface friction, puncture force, internal friction, and damping.«²⁴ Dieselbe schlanke Puppe verlangt vom Übenden einiges an Abstraktionsvermögen, weil man an ihr Personen unterschiedlichster Statur zu erspüren bekommt. Entsprechend ändert sich jeweils der haptische Eindruck beim Stich, nicht aber der visuelle.

In der Praxis muss sich der Arzt alleinig auf seinen Tastsinn verlassen, um die Untersuchung durchzuführen. Dieser Simulator stellt darüber hinaus jedoch eine Visualisierung zur Verfügung. Dem Lernenden wird sie während der Übung allerdings nicht gezeigt. Es besteht jedoch die Möglichkeit, sich die eigenen Aktionen, die aufgezeichnet wurden, im Nachhinein im »Playback« anzusehen. Man soll spürend wissen, was man tut und sehend nachvollziehen, was man gespürt hat. Für diese nachträgliche Kontrolle

23 Es sei betont, dass die eingeführte Einteilung in »datenbasiert« und »modellbasiert« nur Tendenzen andeuten sollen. Es gibt mannigfaltige Mischformen. Auch ist es möglich, in einem modellbasierten Ansatz ein Volumen zu füllen, wie es (wie bereits besprochen) bei einem Ausgangspunkt von erhobenen Daten möglich ist, diesen innen wie außen zu lichten.

24

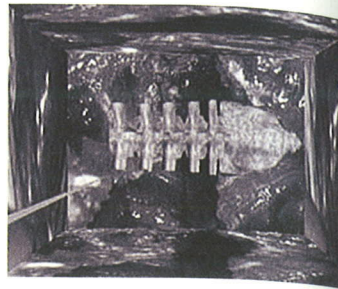
Gorman, Paul/Krummel, Thomas M./Webster, Roger/Smith, M./Hutchens, D.: »A Prototype Haptic Lumbar Puncture Simulator«, in: James Westwood/Helene M. Hoffman/Greg T. Mogel/Richard A. Robb/Don Stredney (Hg.), Envisioning Healing: Interactive Technology and the Patient-Practitioner Dialogue. Medicine Meets Virtual Reality 2000, Amsterdam 2000, S. 106–109; bzw. in: <http://www.verifi.com/mmvr2000lumbar.pdf> vom 26. August 2004.

der eigenen Vorgehensweise wird eine komplett artifizielle Bühne²⁵ aufgespannt: → ABB. 3 Man sieht in einen rechteckigen, rot-schwarz geschleckten Innenraum. Wäre nicht an drei Begrenzungsflächen dasselbe Bild zu sehen und an den beiden seitlichen wiederum ein Bildpaar identischen Motivs, so wäre man geneigt anzunehmen, es sei ein ausgestanzter Hohlraum im Körperinneren und keine applizierte »Fleisch«-Tapete. Die Fotografien zeigen vermutlich eine Ansicht des Bauchraums, da die Entwickler zeitgleich an einem Simulator zur Gallenblasenentfernung gearbeitet haben. In diesem Kästchen schwebt unverankert und in horizontaler Lage²⁶ ein freigelegtes, penibel gesäubertes helles Stück Wirbelsäule. Der Hohlraum hinterfängt das Zielobjekt visuell und hält für die graue Nadel, die links in Szene tritt, eine Eintrittsfläche bereit. Sie spiegelt die Handlung des Übenden wider. Ein Großteil dessen, was nun bei dieser Übung gespürt wird, nämlich die verschiedenen hintereinander gestaffelten Häute, werden – die Gründe der Uneinsehbarkeit sollten den obigen Ausführungen zu entnehmen sein – nicht gezeigt. Andernfalls gäbe es nicht das zu sehen, was man offenbaren will, sondern die Außenhaut, die der Plastiktorso auch in einer Form repräsentiert. In dieser Übung zur Lumbalpunktur ist der größtenteils leere Raum definiert. Er steht im Zentrum, denn es soll ersichtlich werden, an welchen Stellen im näheren Umkreis des Zielobjekts man nach ebendiesem stochernd gesucht hat. Man sieht die Nadel nicht als Punkt von hinten, sondern von der Seite, damit eine Tiefeneinschätzung vorgenommen werden kann, denn der Bildausschnitt wie der Sichtwinkel auf die Szene ist nicht veränderbar. Bei primär visuell ausgelegten Simulatoren erhält der (leere) Raum nicht denselben Stellenwert, da man dort davon ausgeht, dass die interessierenden Strukturen (»region of interest«, kurz »ROI«), die meist zentral dargestellt sind, erkannt und unumwunden angesteuert werden.

Dieser Übung des über die Nadel mediatisierten Tastens sei nun eine Übung des über eine Kamera vermittelten Sehens gegenübergestellt, die vom selben Entwicklerteam stammt. Sie sind als ein komplementäres Simulationspaar zu sehen, das sich gegenseitig ergänzt und hinsichtlich der sinnlichen Erfahrbarkeit der jeweils anderen Übung als Kommentar interpretierbar ist.

BERÜHRUNG IN EINER ÜBUNG DES SEHENS

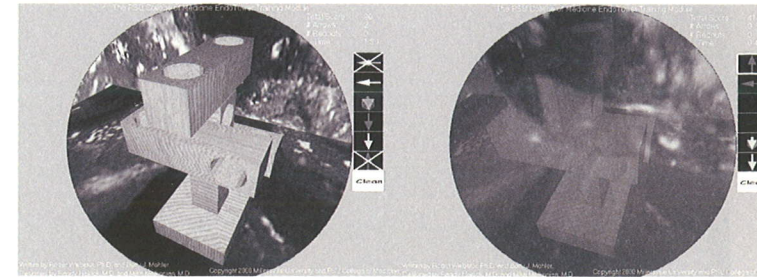
»EndoTower«, ist ein so genannter »skill trainer« zum Erlernen der Kameraführung bei endoskopischen Eingriffen. Auf dem ersten Blick ähneln »EndoTower« und der Lumbalpunktursimulator einander aufgrund des auffälligen Hintergrundes, auch wenn sie von der Logik der Übung und damit der Visualisierung diametral entgegengesetzt sind. Auch diese Szenerie ist in einen Kubus gebettet, dessen Wände mit Fotografien aus dem Körperinneren



↑
ABB. 3: University of Millersville: Lumbar Puncture Simulator, 2001–2002, Still der Playback-Szenerie.

²⁵
In der Tat deuten die hier wie in Fachartikeln verbreitet benutzten Begriffe »Szenerie« oder »Szenerie« für das dargestellte Körperinnere auf konzeptionelle Anknüpfungspunkte zur Welt des Films und des Theaters hin. Das »Playback« hingegen knüpft an die Videotechnik an.

²⁶
Das auch hier abgebildete Still aus der Simulation wurde in den entsprechenden wissenschaftlichen Berichten immer in horizontaler Lage publiziert. In einem Video der Arbeitsgruppe ist jedoch zu sehen, dass das virtuelle Rückgrat im Monitor vertikal, und damit in Entsprechung der Lage der Puppe, wiedergegeben wird. Möglicherweise entschied man sich für die querformatige Fassung in den Publikationen, um einer intuitiveren Lesart der Position der Nadel entgegenzukommen.



verkleidet sind. → ABB. 4 Jedoch entspinnt sich hier sofort ein inhaltlicher Konflikt zwischen dem Hintergrund, der ein Körperinneres andeutet und einer Figur, die man am ehesten im Kinderzimmer verorten würde. Anstelle der anatomischen Struktur präsentiert sich hier nämlich ein komplexes abstraktes Gebilde, das man aufgrund der gewählten Form und nicht zuletzt auch wegen der braunen, gemaserten Textur als übereinander getürmte Holzklötzchen identifiziert. Diese Zusammenstellung mag zunächst befremdlich erscheinen, steht jedoch bei medizinischen Simulatoren nicht allein da.²⁷ Ziel der Übung ist es, mittels eines halb realen, halb virtuellen Laparoscops mit gekippter Optik die Pfeile zu finden, die im Raum rund um das Gebilde verteilt sind und diese aufgrund ihrer Farbe und Ausrichtung zu identifizieren. Sobald man jedoch die gestapelten Holzklötzchen mit der virtuellen Kamera berührt, wird die Linse schlagartig blutverschmiert, sodass man fast nichts mehr erkennt. → ABB. 4 b Solange die Übung keine haptische Krafrückführung hatte, erfüllte diese – angesichts der Klötzchen – paradoxe bildliche Lösung zwei Aufgaben: Einerseits zeigte die Verschmutzung der Linse, die als einziges Element den Eindruck erwecken möchte, als befände man sich wirklich in einer Operationssituation, eine ansonsten womöglich verborgen gebliebene Berührung an. Andererseits wird dadurch ein narratives Element eingeführt, um einen Punkteabzug, verbunden mit einem Zeitverlust, zu motivieren, da die Linse sodann gereinigt werden muss.²⁸

Beim Simulator zur Lumbalpunktur gibt es bezeichnenderweise kein Äquivalent zur Linsenverschmutzung, weil das Interaktionsinstrument eine Nadel ist und das Sehen ein ideelles: In dieser Übung des Tastens ist die Sicht komplett unverstellt, fokussiert und befreit von jeglicher Beeinträchtigung. Konsequenterweise wird nicht fingiert, als sei die Ansicht kamerabasiert, was man auch formal daran erkennen könnte, dass die auch für die virtuellen endoskopischen Kameras typische runde Rahmung nicht gegeben ist. Durch diese Klarheit erfährt das Sehen eine uneingeschränkte, mächtige Ausprägung. Umgekehrt ist das Berühren bei »EndoTower«, einer Übung des Sehens, genauso betont, es kulminiert in einer sehr ausdrucksstarken, drastischen Visualisierung.

↑
ABB. 4 a + b: University of Millersville: Endo-Tower, 2001, Stills. a: Normale Sicht auf die »Holzklötzchen«, um die die Pfeile, welche rechts senkrecht aufgelistet sind, angeordnet wurden. b: Nach einem Kontakt mit dem Objekt ist die virtuelle Linse verschmutzt. Quelle: Haluck, Randy S./Webster, Roger/Snyder, Alan/Melkonian, Mike/Mohler, Betty/Dise, Mike/LeFever, Andrew: »A Virtual Reality Surgical Trainer for Navigation in Laparoscopic Surgery«, in: J. D. West-wood/H. M. Hoffman/G. T. Mogel/D. Stredney (Hg.), Outer Space, Inner Space, Virtual Space, S. 173 und 175; bzw. in: <http://www.verefi.com/mmvr2001endotower.pdf> vom 26. August 2004.

²⁷
Vgl. »Endo Bubble« und »Endo Basket« der Firma Simbionix, wo zum Erlernen der Handhabung chirurgischer Instrumente einerseits im Körperinneren (und später in einer metallischen Röhre) ein gelber Luftballon mit einem eingezeichneten Smiley zerstoßen bzw. andererseits eine Kugel in einen Korb gehievt werden soll. Vgl. dazu: Mishmari, Aviva: »Simbionix: Simulated surgery«, in: Globes Online, 17.7.2001, in: <http://www.globes.co.il/serveEN/globes/docView.asp?did=506289&fid=942> vom 5. Juli 2004.

²⁸
»EndoTower« ist inzwischen kommerziell von der Firma Verefi Technologies, Inc. vertreten und teilweise der motivischen Skurrilität beraubt: Das Türmchen ist nun hellblau gefärbt und steht in einem abstrakten grün-grau karierten Raum. Erhalten blieb interessanterweise jedoch die rot gefleckte Verschmutzung der virtuellen Linse.

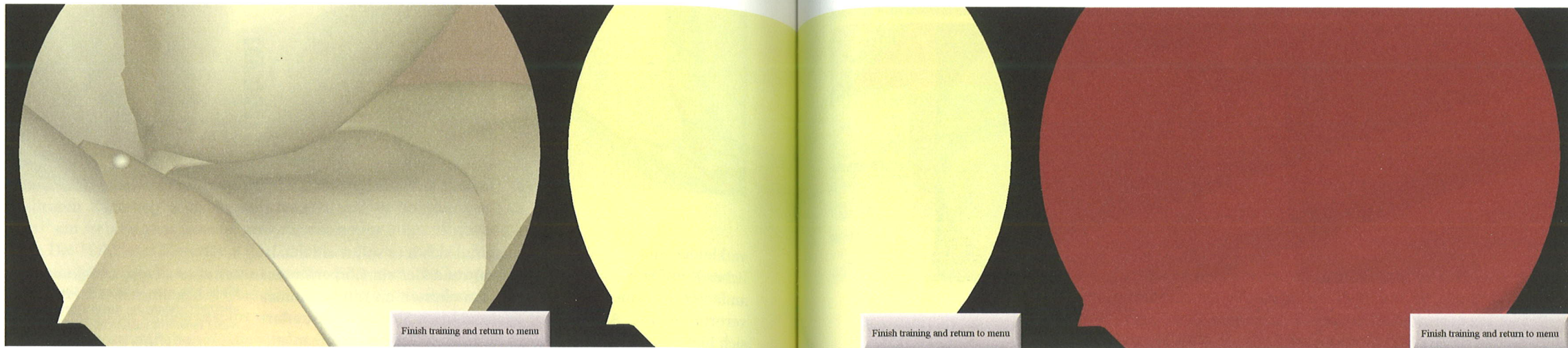


ABB. 5 a – c: University of Sheffield, Department of Computer Science: Sheffield Knee Arthroscopy Training System (SKATS), Stills. Quelle: University of Sheffield, Department of Computer Science.

29

In etwa so, wie Bruno Latour die Funktionsweise der Dinge in seiner »Kleinen Soziologie alltäglicher Gegenstände« versteht. Vgl. Latour, Bruno: Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften, Berlin 1996.

↑ VERSCHRÄNKUNG VON HAPTİK UND VISUS

Im »Sheffield Knee Arthroscopy Training System« (SKATS) signalisieren drei verschiedene Farben einen Kontakt der Spitze des Arthroskops mit einem Gewebe. Gelb zeigt an, dass sich die Kamera im Fettgewebe befindet, weiß signalisiert, dass sie mit einem anderen Gewebe in einen ungefährlichen Kontakt getreten ist, rot bedeutet, dass es zu einer gefährlichen Berührung gekommen ist. Bei gelb und weiß entschloss man sich dazu, kurz vor dem Ein- und Austritt aus den Geweben die Farben allmählich über die Szene zu blenden, um den Übenden nicht mit einem plötzlichen visuellen Wechsel zu irritieren. → ABB. 5 a + b Fast scheint es, als wollte man entsprechend dem »Vergehen« bei den ersten beiden Fällen (für das Auge) mildernde Umstände walten lassen. Bei rot hingegen gibt es keinen semitransparenten Übergang, es wird schlagartig und opak eingeblendet. → ABB. 5 c Mit dieser visuellen Lösung ist die Sicht komplett genommen. Damit ist inhärent eine Navigationshilfe und Handlungsanweisung²⁹ eingebaut, denn inmitten der monochromen Farbe gibt es keine Orientierung und keine Differenzierung (womit es uninteressant ist), so dass nur mehr der Rückzug hilft.

Wenn ich oben argumentiert habe, dass beim »EndoTower« die Art der Verschmutzung der Linse die einzige Anleihe an eine Operationssituation zu sein scheint, so würde man bei diesen drei verschiedenen homogenen Farbeinführungen, die letztlich ebenso die eigene Vorgehensweise beeinträchtigen, im ersten Moment eher an eine symbolische Lösung denken, denn an eine anatomische Anbindung. Für die Wiedergabe des Fettgewebes könnte man eine gelbliche Farbe noch akzeptieren, warum jedoch sollte

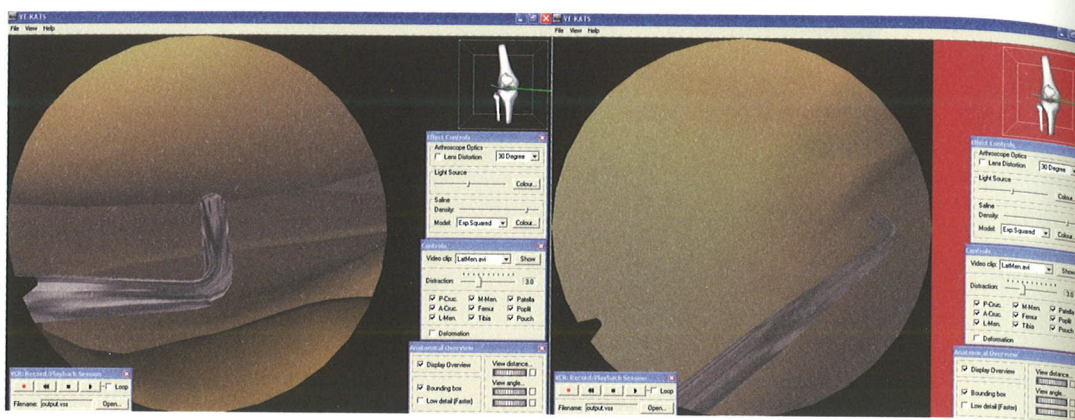
bei demselben Gewebe einmal eine bedenkliche Aktion zur Röte führen, eine weniger kühne ins Weiße? Sollte das Rot auf eine blutende Verletzung anspielen? Diese Interpretation würde durch die Aussage eines Entwicklers gestützt, die die Absicht bekundet, diese Farbbäder nur bei der Berührung mit der Spitze der Kamera eintreten zu lassen, weil nur mit ihr »gesehen« wird:

»The arthroscope is used to view the joint, whilst the hooked probe is a blunt tool that is used to assess the condition of the knee surface. [...] Contacts between various points along the shaft of the arthroscope and the probe are logged and used to inform the skill assessment. [...] Contacts between the machined arthroscope tip and knee tissue can result in patient injuries, for example damage to articular cartilage and subsequently lead to arthritis. Feedback on these contacts is given to the user in the form of a screen red out. Feedback is also given as to the proximity of the viewing lens to the knee surfaces using appropriate colour changes – white outs for articular cartilage, yellow outs for the fat pad – to help guide orientation within the joint.«³⁰

30

Waterworth, Alan: Persönliche Emailkorrespondenz vom 3. Juli 2006.

Dabei ist interessant, dass »red/yellow/white outs« nur bei Aktionen mit der Kamera angezeigt werden, nicht aber bei denen mit dem stumpfen und daher als ungefährlicher erachteten Instrument. Unweit von Sheffield entschied man sich in Hull bei der bereits besprochenen vergleichbaren Simulation hingegen dafür, umgekehrt, nur die Berührungen des Instruments visuell zu markieren, nicht die der Kamera. Im Unterschied zu jener von »SKATS« ist die Sicht der Kamera bei »VE-KATS« zu keiner Zeit beeinträchtigt, auch nicht, wenn das Operationsinstrument im Gewebe steckt. In diesem Fall wechselt der rechte Hintergrund des Programm-



fensters von schwarz auf rot. → ABB. 6 b Das Rot ist eindeutig zeichnerisch. Es ist aus der virtuellen Szenerie des Knies ausgelagert und eher im Bereich der Messungen anzusiedeln denn im Bereich einer spontanen Reaktion auf eine Berührung. Die Interaktion findet hier mit einem blinden Instrument statt, das eigentlich nur das Tasten erlaubt. Während eine Veränderung im Visuellen durch eine Handlung mit der Kamera noch zu plausibilisieren ist, muss das visuelle Signal beim Tastinstrument als »Hinweis« gesehen werden, als Indiz eines Fakts, das man eigentlich anders erfahren würde. Das Rot kompensiert hier den Druck. Es handelt sich zudem um eine sehr schematische Übertragung, da im Visuellen keine Intensitätsnuancen bereitgestellt werden. In ersterem Fall hat man es mit dem Zeigen eines Effekts bzw. einer Konsequenz zu tun, die aus der Interaktion resultiert, in letzterem ist es das Signalisieren des registrierten Fakts, dass eine Interaktion stattgefunden hat.

Nicht selten ergänzen sich in den medizinischen Anwendungen Aspekte des Haptischen und des Visuellen gegenseitig. So ist beispielsweise von »tactile graphics«³¹ oder »visual feel«³² die Rede, wenn es darum geht, die Koordination zwischen Hand und Auge zu trainieren. Einige Simulatoren nutzen Synästhesieeffekte, um eine mangelnde oder unzulängliche haptische Impression mit einer visuellen zu kompensieren:

³³ M. Srinivasan/C. Basdogan: *Haptics in Virtual Environments*, S. 401.

»An important implication to virtual environments is that by skewing the relationship between the haptic and visual and/or auditory displays, the range of object properties that can be effectively conveyed to the user can be significantly enhanced. For example, although the range of object stiffnesses that can be displayed by a haptic interface is limited by the force-bandwidth of the interface, the range perceived by the subject can be effectively increased by reducing or eliminating visual deformation of the object.«³³

↑ ABB. 6 a + b: University of Hull, SimVis: Virtual Environment Knee Arthroscopy Training System (VE-KATS), Stills. Im Bild rechts befindet sich das Instrument innerhalb einer anatomischen Struktur, sodass sich der rechte Hintergrundbereich des Fensters rot färbt. Quelle: University of Hull, SimVis

³¹ Noar, Mark D.: »The next generation of endoscopy simulation: minimally invasive surgical skills simulation«, in: *Endoscopy* 27 (1995), S. 81–85, hier: S. 82f.

³² Noar, Mark D.: »Endoscopy simulation: a brave new world?«, in: *Endoscopy* 23 (1991), S. 147–149, hier: S. 148.

Mit einem Vergleich zur Luftfahrt unterstreichen Xin Wei und Lenoir die Artifizialität des virtuellen Datenblocks, der auch jenseits der Übungssimulatoren immer mehr dahingehend entwickelt werden wird, den Bedürfnissen der Ärzte entgegenzukommen, statt einen höchstmöglichen Realismus anzustreben.

»In a similar way, pilots of some current fighter [...] do not have a visual interface with the environment but rather fly the plane into a virtual space. It seems unlikely that space will be made to look like the environment the pilots would see if they had visual contact with their environments.«³⁴

³⁴ T. Lenoir/S. Xin Wei: *Authorship and Surgery*, S. 417f.

³⁵ Ich danke Alan Waterworth, James Ward, Michael Krupa, Betty Mohler, Hans H. Diebner und Kensaku Mori für wertvolle Gespräche und Hinweise.

Analog dazu erfindet man auch in den medizinischen Anwendungen Gestaltungslösungen, die dezidiert für eine Handlung im Virtuellen von Belang sind. In diesem Beitrag kamen vor allem jene Aspekte zur Sprache, die in verschiedener Weise an eine bildkörperinterne Inspektion gekoppelt sind. Damit kommen Visualitäten und Taktilitäten ins Spiel. Die gestalterische Verschränkung von Seh- und Tasteindrücken (z. T. auch von Höreindrücken) versucht auf der einen Seite der Erfahrungswelt der Chirurgen näher zu kommen, indem mehrere Sinne einbezogen werden. Sie integriert auf der anderen Seite jedoch Abstraktionen. Dies geschieht sowohl durch die Art der Zusammenführung der gewährten Sinneseindrücke, die ihre Spannbreite erst durch Vergleiche von Einzelbeispielen ersichtlich werden lässt, als auch durch das übergreifende Einsetzen eines Metapherngeflechts in der Genealogiebildung der Anwendungen.³⁵

Weiterführende Untersuchungen könnten in einer Typologisierung die handlungsbezogenen Gestaltungskomponenten bei medizinisch motivierten Konstruktionen von virtuellen Körperinneren ausdifferenzieren und damit Spannungslinien skizzieren entlang eines Abbildungsanspruchs und der gleichzeitigen Aktionsbestimmung dieser operativen Szenarien.

ELKE GAUGELE/PETRA EISELE (HG.)

TECHNONATUREN

DESIGN & STYLES

SCHRIFTEN DER
AKADEMIE DER BILDENDEN KÜNSTE WIEN

Herausgegeben von

Beatrix Bastl, Sabeth Buchmann, Alfred Ebenbauer †, Verena Gassner, Eva Klimek,
Johannes Schlebrügge, Stephan Schmidt-Wulffen und Andreas Spiegl

SCHLEBRÜGGE.EDITOR

IMPRINT

Schriften der Akademie der bildenden Künste, Wien/
Publications of the Academy of Fine Arts, Vienna
Volume VIII:
Elke Gaugele/Petra Eisele (Hg.)
Titel: TechnoNaturen – Design & Styles

Lektorat, Deutsch: Carolyn Weber, Gabriele Schaller
Lektorat, Englisch: Sophie Kidd
Korrektorat und Organisation: Michaela Götsch
Covergestaltung: Novamondo Design, Berlin

Graphic Design: Novamondo Design, Berlin
Print: REMAprint, Vienna
© Schlebrügge.Editor, Vienna 2008
All rights reserved.

ISBN 978-3-85160-124-4

Distribution outside Austria:
Vice Versa, Berlin

SCHLEBRÜGGE.EDITOR
quartier21/MQ
Museumsplatz 1
1070 Vienna
Austria
www.schlebruegge.com