

Seminararbeit

Rahmenthema des Wissenschaftspropädeutischen Seminars:

Forensik

Leitfach:

Chemie

Thema der Arbeit:

VIRTOPSY statt Autopsie

Körperscans statt Skalpell in der modernen Forensik

Verfasser:
Tanja Eckerl

Kursleiterin:
Frau Birgit Dimmelmeier

Abgabetermin: *spätestens 04.11.2014*

Bewertung	Note	Notenstufe in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x3	
Abschlusspräsentation				x1	
Summe:					
Gesamtleistung nach § 61 (7) GSO = Summe:2 (gerundet)					

Datum und Unterschrift der Kursleiterin

Gliederung:

1.	Einleitung	S. 3
2.	Einführung in die Virtopsy	S. 4
2.1.	Begriffserklärung	S. 4
2.2.	Methodik und Material	S. 5
2.2.1.	Vorgehensweise	S. 5
2.2.2.	Dokumentation des Ortes	S. 6
2.2.3.	Oberflächenscanning	S. 7
2.2.4.	Computertomographie (CT)	S. 8
2.2.5.	Magnetresonanztomographie (MRT)	S. 9
2.2.6.	Kernspinspektroskopie (MRS)	S. 10
2.2.7.	Postmortale Angiographie	S. 11
2.2.8.	Virtobot	S. 12
2.3.	Befunddarstellung	S. 12
2.4.	Virtopsy-Verfahren zur Identifikation von Toten	S. 13
3.	Virtopsy im Gegensatz zu konventionellen Methoden	S. 15
3.1.	Virtopsy vs. Autopsie in der Forensik	S. 15
3.1.1.	Gemeinsamkeiten und Unterschiede	S. 15
3.1.2.	Vorteile und Nachteile von Virtopsy gegenüber Autopsie	S. 17
3.2.	Virtopsy-Verfahren an lebenden Personen	S. 19
4.	Ausblick – Zukunft der Virtopsy	S. 20
5.	Schlussbetrachtung	S. 21
6.	Quellen- und Literaturverzeichnis	S. 23
7.	Anhang	S. 25
8.	Eigenständigkeitserklärung	S. 28

1. Einleitung

Wir leben in einer Zeit beachtlichen technischen Fortschritts im Bereich der Naturwissenschaften. Während es schon seit Jahrhunderten in der Medizin immer wieder wichtige Änderungen und neue Geräte gibt, die Vorgänge und Operationen entscheidend erleichtern, ist das Operationsbesteck der Gerichtsmedizin lange Zeit relativ unverändert geblieben.¹ Durch die Virtopsy werden auch hier neue Möglichkeiten eröffnet, die die Forensik revolutionieren und modernisieren.

Das Virtopsy-Projekt wurde um die Jahrtausendwende von Richard Dirnhofer und seiner Forschungsgruppe an der Universität Bern mit dem Ziel gegründet,² „das ‚Beweisobjekt Leiche‘ in ein dauerhaft archivierbares und jederzeit abrufbares Befundsystem überzuführen, dessen Daten in sämtlichen Raumrichtungen als Schichtbilder zur Verfügung stehen und bei Bedarf auch in ein maßstabgetreues 3D-Modell umgewandelt werden können.“³

Die Hauptforschungsarbeit und Entwicklung der Geräte findet bei den Erfindern der Virtopsy in Bern statt, weshalb sich die im Folgenden beschriebenen Abläufe und Techniken an dieser Gruppe orientieren.⁴ Frühe Forschungen für bildgebende Verfahren in der Forensik existierten aber auch schon in Deutschland, Japan, Amerika und England.⁵ Inzwischen gibt es noch weitere Forschungsgruppen in anderen Ländern wie beispielsweise in Schweden.⁶ Einige wichtige europäische Institute, die mit Virtopsy arbeiten, befinden sich in Bern, Basel, Genf, Zürich, Heidelberg und Berlin.⁷

Im Folgenden werde ich zunächst den Begriff Virtopsy definieren, die Methodik und das Material beschreiben, die Vorgehensweise mit Unfall- bzw. Tatortdokumentation, Oberflächenscanning, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Kernspinspektroskopie, postmortaler Angiographie und schließlich dem Virtobot näher erläutern, um anschließend auf die Themen Befunddarstellung und Leichenidentifizierung mit Hilfe von Virtopsy, besonders nach Katastrophen, einzugehen. Daraufhin werden Virtopsy

¹ Vgl. Dirnhofer, Richard/Schick, Peter J./Ranner, Gerhard: Virtopsy. Obduktion neu in Bildern, Wien (A), 2010, S. 3-4.

² Vgl. „What is Virtopsy“ (<http://www.virtopsy.com/about-virtopsy.html>, Stand: 01.10.2014).

³ Dirnhofer: Virtopsy, S. 9.

⁴ Vgl. Thali, Michael/Dirnhofer, Richard/Vock, Peter: The Virtopsy Approach: 3D Optical and Radiological Scanning and Reconstruction in Forensic Medicine, Boca Raton (USA), 2009, Preface.

⁵ Dirnhofer, Virtopsy, S. 5.

⁶ Vgl. Bixby, Jill: Virtopsy – A New Innovation for Forensic Science (<http://www.forensicnurses.org/?page=563>, Stand: 01.10.14).

⁷ Vgl. Zimmermann, David Alexander: Virtopsy und damit verbundene rechtliche Rahmenbedingungen und Auswirkungen, S. 73-74 (http://www.zb.unibe.ch/download/eldiss/13zimmermann_d.pdf, Stand: 24.10.14).

und konventionelle Methoden sowohl in der Forensik als auch in der Medizin vergleichend gegenübergestellt. Abschließend werden dann die Zukunftschancen der Virtopsy dargestellt. Ich habe dieses Thema für meine Seminararbeit gewählt, weil mich Medizin und Forensik sehr interessieren und ich später in diesem Bereich arbeiten will.

2. Einführung in die Virtopsy

2.1. Begriffserklärung

Eine Autopsie wird nicht nach jedem Tod durchgeführt. Nur unter bestimmten Bedingungen kommt ein Todesfall in die Rechtsmedizin. Diese „hat die Aufgabe, den so genannten ‚aussergewöhnlichen [sic] Todesfall‘ sowie Lebende nach Gewalteinwirkung zu untersuchen.“,⁸ so schreibt einer der führenden Rechtsmediziner der Virtopsy, Michael Thali, in der Schweizerischen Zeitschrift für Militär- und Katastrophenmedizin. „Aussergewöhnliche [sic] Todesfälle sind Todesfälle, die plötzlich, unerwartet, mit Verdacht auf Gewalteinwirkung, resp. als Spätfolgen davon, eingetreten sind.“⁹

Autopsie oder auch Obduktion beschreibt demnach die Öffnung des toten Körpers zur Klärung der Todesursache.¹⁰ Sie wird in der Regel von einem Pathologen durchgeführt und schriftlich sowie mit zweidimensionalen Fotografien dokumentiert.¹¹

Virtopsy, oder auch virtuelle Autopsie, ist ein Projekt zur Verbesserung der klassischen Autopsie durch den Einsatz verschiedener bildgebender Verfahren.¹²

Der Begriff Virtopsy ist eine Zusammensetzung aus den englischen Wörtern „virtual“, nach dem lateinischen „virtus“, was unter Anderem „tüchtig, tauglich“ bedeutet, und „autopsy“, das sich vom griechischen „αὐτοψία“ ableitet und so viel bedeutet wie „selbst sehen“. Hierbei wurde das subjektive „αὐτος“, also „selbst“, bewusst gestrichen, um die Objektivität des

⁸ Thali, Michael: Virtopsy-Bildgebung in der Rechtsmedizin (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.2014).

⁹ Michael Thali zitiert hier Prof. Fritz Schwarz (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.2014).

¹⁰ Vgl. Duden: Autopsie (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Autopsie>, Stand: 24.10.14).

¹¹ Vgl. Dirnhofner: Virtopsy, S. 4.

¹² Vgl. Antwerpes, Frank: Virtuelle Autopsie (http://flexikon.doccheck.com/de/Virtuelle_Autopsie, Stand: 20.8.14).

Verfahrens zu betonen. Somit bedeutet „Virtopsy“ also „tüchtiges, taugliches Sehen“.¹³ Damit beschreibt es die Verbesserung der bisherigen forensischen Beschreibungen und Techniken, die in der Autopsie verwendet werden. Michael Thali, einer der Begründer des Projekts, bezeichnet Virtopsy als „einen gesamtheitlichen bildgebungsgestützten Ansatz in der Forensik“.¹⁴ Tatsächlich umfasst Virtopsy die Gebiete der Forensischen Medizin, Pathologie, Radiologie, Bildverarbeitung, Physik und Biomechanik und ist somit ein interdisziplinärer Forschungsbereich.¹⁵ Das zugehörige Verfahren wird inzwischen sowohl in forensischen postmortem Untersuchungen von Kriminalfällen als auch in gerichtlichen Untersuchungen bei lebenden Personen angewendet.¹⁶

2.2. Methodik und Material

Bei der Virtopsy werden eine Reihe bildgebender Verfahren eingesetzt und kombiniert. Zur Oberflächendarstellung werden Photogrammetrie und Streifenlichtscan benötigt, Computertomographie und Magnetresonanztomographie geben Einblicke ins Innere des Körpers, durch Kernspinspektroskopie kann der Todeszeitpunkt ermittelt werden und mit postmortaler Angiographie lassen sich die Blutgefäße sichtbar machen. Zusätzlich werden meist robotergesteuerte minimal-invasive Biopsien durchgeführt.¹⁷ Hierfür wird der speziell für die Virtopsy entwickelte Virtobot verwendet, der die Prozedur vereinfacht, indem er Oberflächenscanner, Computertomographie und Angiographie in einem Gerät vereint und die Bilder zusammensetzt.¹⁸

Die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise bezieht sich auf die forensische Untersuchung von Toten.

¹³ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 8.

¹⁴ Rembold, Mario: Virtopsy – Obduktion ohne Skalpell (<http://www.laborjournal.de/editorials/556.lasso>, Stand: 02.09.14).

¹⁵ Vgl. Thali, Michael/Jackowski, Christian/Oesterhelweg, Lars/Ross, Steffen/Dirnhofer, Richard: Virtopsy – The Swiss virtual autopsy approach (http://www.researchgate.net/publication/6530092_VIRTOPSY_-_the_Swiss_virtual_autopsy_approach, Stand: 31.10.14).

¹⁶ Vgl. “Virtopsy in case of living patients” (<http://www.virtopsy.com/about-virtopsy.html>, Stand: 01.10.14).

¹⁷ Thali: The Virtopsy approach, Foreword.

¹⁸ Dirnhofer: Virtopsy, S. 8.

2.2.1. Vorgehensweise

Zuerst werden am Unfall- oder Tatort Berechnungen und Dokumentationen durchgeführt.¹⁹

Die Leiche wird mit einem Oberflächenscanner gescannt, um die äußeren Verletzungen dreidimensional darzustellen und abzuspeichern.²⁰ In der Autopsie entspricht das der äußeren Leichenbesichtigung. Die innere Leichenbesichtigung ersetzen Computertomographie und Magnetresonanztomographie, die Knochen und Gewebe darstellen.²¹ Anschließend werden je nach Bedarf eine Kernspinspektroskopie zur Ermittlung des Todeszeitpunktes,²² eine postmortale Angiographie zur Darstellung der Blutgefäße²³ und/oder computergesteuerte minimal-invasive Biopsien, also die Entnahme von Proben für toxikologische, bakteriologische, histologische oder ähnliche Untersuchungen,²⁴ durchgeführt. Die Daten werden zur Erstellung eines dreidimensionalen virtuellen Modells kombiniert.²⁵ Die einzelnen Verfahren werden nun im Folgenden erläutert.

2.2.2. Dokumentation des Ortes

Die Ermittlungen im Sinne des Virtopsy-Projekts beginnen bereits mit der Dokumentation und Analyse des Unfall- oder Tatorts, damit später bei Gericht der Tathergang genau geklärt werden kann.²⁶ Hier gibt es verschiedene Methoden, von denen meist mindestens zwei kombiniert werden.

Eine Methode ist die digitale Photogrammetrie. Von Hand werden Fotografien des Ortes gemacht, die später in dreidimensionale Bilder umgewandelt werden.²⁷

Eine weitere Möglichkeit bietet die Tachymetrie, die bei sehr langen Entfernungen von bis zu fünf Kilometern eingesetzt wird, wenn gleichzeitig sehr hohe Präzision gefordert ist. Auch in

¹⁹ Vgl. Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://m.pctipp.ch/news/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-80156/>, Stand: 20.06.14).

²⁰ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 20.

²¹ Thali, Michael/Viner, Mark/Brogdon, B.G.: Brogdon's Forensic Radiology, Second Edition, Boca Raton (USA), 2011, S. 352.

²² Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 19.

²³ Thali, Michael: Virtopsy – Bildgebung in der Rechtsmedizin (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.14).

²⁴ Vgl. Dirnhöfer: Virtopsy, S. 7, 10-11.

²⁵ Vgl. Zimmermann, David Alexander: Virtopsy und damit verbundene rechtliche Rahmenbedingungen und Auswirkungen, S. 46 (http://www.zb.unibe.ch/download/eldiss/13zimmermann_d.pdf, Stand: 24.10.14).

²⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 159.

²⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 159.

Gebäuden wird Tachymetrie als sehr schnelle Methode zum Erfassen des Raumes verwendet. Ein elektro-optischer Laser misst die Entfernung von Punkten und ihre Winkel.²⁸

Das Terrestrial Laser Scanning ist eine Methode, mit der dreidimensionale Scans komplexer Objekte erstellt werden können. Das Ergebnis ist ein Datenhaufen aus Millionen von 3D-Koordinaten, die mit bis zu 500.000 Messpunkten pro Sekunde gemessen werden können. Die Reichweite beträgt 50 bis 300 Meter. Der Vorteil von Laser Scanning ist neben einer kurzen Scandauer und einer hohen Genauigkeit, dass es lichtunabhängig ist und deshalb auch nachts eingesetzt werden kann.²⁹

Das Global Positioning System, kurz GPS, wird in Kombination mit der Tachymetrie oder dem Laser Scanning verwendet, um die Orte in ein globales Koordinatensystem zu übertragen.³⁰

Werden zwei oder mehrere dieser Methoden kombiniert, kann man den Unfall- oder Tatort sehr genau rekonstruieren. Oft werden Messungen auch mit Karten oder Satellitenfotos vereinigt, um genaue geologische Formen zu erhalten. Die Ergebnisse können sowohl zwei- als auch dreidimensional verwendet werden.³¹

2.2.3. Oberflächenscanning

Bei der Untersuchung der Leiche im Virtopsy-Verfahren ist der erste Schritt ein auf Photogrammetrie basierendes 3D-Scanning der Leiche mit einem Streifenlichtscan.³² Dabei werden äußere Auffälligkeiten registriert und abgespeichert. Offene Wunden, Hämatome und andere offensichtliche Verletzungen können so dauerhaft digital fixiert und jederzeit wieder abgerufen werden.³³

Zunächst wird dafür die Leiche mit Referenzpunkten und radiographischen Markern gekennzeichnet, die später für die Fusion der Daten benötigt werden. Außerdem werden codierte Kreuze und Maßstäbe auf den Körper gelegt, die für die Berechnungen mithilfe der Photogrammetrie benötigt werden.³⁴ Dann wird ein Kreuzmuster auf die Leiche projiziert,

²⁸ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 162.

²⁹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 162,164.

³⁰ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 162.

³¹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 164.

³² Vgl. Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-65761/2/>, Stand: 01.10.14).

³³ Vgl. Thali, Michael: Virtopsy – Bildgebung in der Rechtsmedizin (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.14).

³⁴ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 59.

damit der Maßstab korrekt berechnet werden kann. So wird die Leiche gescannt und jedem Punkt eine dreidimensionale Koordinate zugewiesen. Dadurch können die Abstände berechnet und ein maßstabsgetreues dreidimensionales Modell des Körpers erstellt werden.³⁵ Danach werden die codierten Kreuze und der Maßstab entfernt, die nur zur photogrammetrischen Messung und Berechnung benötigt werden. Dann wird der Körper vom Computertomographen gescannt. Diese Prozedur wird anschließend für die Rückseite der Leiche wiederholt.³⁶

Tatwerkzeuge können ebenfalls dreidimensional gescannt werden. Wie der Körper werden sie in ein maßstabsgetreues Modell umgewandelt. So ist es später möglich, Opfer und mutmaßliche Tatwerkzeuge millimetergenau auf Übereinstimmung zu überprüfen.

Außerdem können mit Scans der Tatwerkzeuge die Tat genau rekonstruiert werden.³⁷

Bei der Suche nach einem Täter hat sich diese Methode als sehr wirksam erwiesen, beispielsweise bei drei ermordeten Prostituierten in der Schweiz, von denen eine mit einer auffällige Bisswunde am Rücken gefunden wurde. Durch Abgleichen des Oberflächenscans der Wunde des Opfers und des Gebisses des mutmaßlichen Täters konnte dieser schnell identifiziert werden.³⁸

2.2.4. Computertomographie (CT)

Im sogenannten Mehrschichtspiral-Computertomographen, einer Röntgenröhre, wird die Leiche Röntgenstrahlen ausgesetzt. Je nach Dichte und Konsistenz des Gewebes empfangen die sich um den Körper drehenden Empfangsdetektoren unterschiedlich starke Strahlung. Je dichter ein Stoff ist, desto weniger Strahlen erreichen die Detektoren.³⁹ So können Auffälligkeiten wie Metalle, beispielsweise Nägel oder Messer, deutlich im CT-Bild des Körpers erkannt werden. Hauptsächlich wird der CT eingesetzt, um Frakturen, also Brüche, im Skelett zu erkennen, es lassen sich aber auch durchgetrennte Adern darauf sehen. Das Gerät setzt dann die einzelnen zweidimensionalen Bilder zu einer dreidimensionalen Datei

³⁵ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 58.

³⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 59.

³⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 159.

³⁸ Vgl. Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

³⁹ Vgl. Kohlheyer, Alexander: Vortrag Computertomographie (<http://www.uni-koblenz.de/~lb/lehre/ws2006/sem/ct.pdf>, Stand: 24.10.14).

zusammen.⁴⁰ Der relativ neue Mikro-CT kann noch kleinere Details genau aufzeigen als der normale Computertomograph.⁴¹

2.2.5. Magnetresonanztomographie (MRT)

Ebenso wie die Computertomographie gibt die Magnetresonanztomographie, oder auch Kernspintomographie, einen Einblick ins Innere des Körpers. Beim MRT können aber im Gegensatz zum CT verschiedene Gewebe unterschieden werden, was beispielsweise bei der Diagnose von Infarkten, Strangulationen oder Schäden an den Organen sehr hilfreich ist.⁴² Hier werden allerdings keine Röntgenstrahlen oder andere Strahlung verwendet, sondern es wird mit einem Magnetfeld gearbeitet.⁴³

Der Magnetresonanztomograph besteht aus einem Magneten, einem Hochfrequenz-Sender, einem Hochfrequenz-Empfänger, einem Gradientensystem und einem Computer, der für die Bildgebung zuständig ist.⁴⁴

Das Gewebe im Körper besteht aus Atomen, die wiederum aus Elektronen, Neutronen und Protonen bestehen. Wichtig für das MRT-Verfahren sind die Atomkerne, also die Protonen und Neutronen. Die häufigste Substanz im Körper ist Wasserstoff, der nur ein Proton und ein Neutron aufweist. Deshalb wird vor allem mit diesen Atomkernen gearbeitet.

Letztendlich zeigt der MRT an, wie die Wasserstoffatome im Körper verteilt sind und welche chemische Bindungsart sie im Körper haben.

Jeder Atomkern mit ungerader Protonen- und/oder Neutronenzahl dreht sich um sich selbst. Dieser Vorgang wird Kernspin (englisch: „to spin“ = drehen) genannt. Durch die positive Ladung und die Bewegung wird ein sogenanntes magnetisches Moment erzeugt, das heißt jedes Atom erzeugt ein eigenes kleines Magnetfeld, das in eine bestimmte Richtung zeigt.

Der MRT setzt die Atomkerne einem Magnetfeld aus, das ungefähr 30.000 Mal die Stärke des Magnetfelds der Erde hat. Dadurch richten sich die Teilchen entlang der Feldlinien dieses stärkeren Magnetfeldes aus, vergleichbar mit einer Kompassnadel. Dies geschieht entweder

⁴⁰ Vg. Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-65761/3/>, Stand: 01.10.14).

⁴¹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 69.

⁴² Vgl. Thali, Michael: Virtopsy – Bildgebung in der Rechtsmedizin (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.14).

⁴³ Vgl. Brown, Robert/Y.-C. Norman Cheng./Haacke, Mark/Thompson, Michael/Venkatesan, Ramesh: Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, USA, 2014, S. 2.

⁴⁴ Vgl. Schneider, Karla: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, Köln, 2010, S. 31.

parallel oder antiparallel.⁴⁵ Außerdem werden die Atome dazu angeregt, entlang der Feldlinien zu rotieren, was als Präzessionsbewegung bezeichnet wird.⁴⁶

Als nächstes wird durch den Hochfrequenz-Sender ein elektromagnetischer Puls ausgesendet, der die Teilchen erregt, wodurch sie anfangen zu schwingen. Außerdem wird die Präzessionsbewegung aller Atome synchronisiert.

Der Hochfrequenz-Empfänger des MRT nimmt das elektromagnetische Echo, also den Strom, den das Gesamtmagnetfeld der einzelnen Spins erzeugt, auf. Die synchrone Präzessionsbewegung induziert ein stärkeres Magnetfeld als die einzelnen, ungleichen Magnetfelder der Atome ohne den elektromagnetischen Puls des Senders. Danach richten sich die Teilchen wieder entlang der Feldlinien des Magnetfelds des MRT aus, weil das energetisch günstiger für sie ist.⁴⁷ Die Zeit, die die Atome brauchen, um sich wieder an den Feldlinien auszurichten, nennt man Relaxationszeit.⁴⁸ Sie ist je nach vorliegendem Gewebe unterschiedlich. Durch das Wiederausrichten an den Feldlinien verändert sich das Magnetfeld der Spins. Deshalb sind die einzelnen Teilchen nicht mehr synchron und das beim Empfänger eingehende elektromagnetische Echo verändert sich. Für ein MRT-Bild werden viele dieser Echos benötigt.⁴⁹

Es gibt auch einen Mikro-MRT (MR), der wie der Mikro-CT kleine Dinge besser darstellen kann. Auch er wird in der Virtopsy verwendet.⁵⁰

Manchmal wird auch die Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI = Diffusion Tensor Imaging) angewendet. Dabei werden mit einem diffusiongewichteten MRT die Diffusionsbewegungen von Wassermolekülen im Gehirn, genau genommen in den Nervenfasern der weißen Substanz und einigen Punkten der grauen Substanz, gemessen und räumlich aufgelöst dargestellt.⁵¹ Durch dieses sehr zeitaufwendige Verfahren ist es möglich, die Richtung der Diffusion in 3D zu sehen.⁵²

⁴⁵ Vgl. Schneider: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, S. 32-34.

⁴⁶ Vgl. Brown: Magnetic Resonance Imaging, S. 2.

⁴⁷ Vgl. Schneider: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, S. 34-35.

⁴⁸ Vgl. Brown: Magnetic Resonance Imaging, S. 8-9.

⁴⁹ Vgl. Schneider: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, S. 36.

⁵⁰ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 23.

⁵¹ Vgl. Schneider: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, S. 40-41.

⁵² Vgl. Assaf, Yanif/Pasternak, Ofer: Diffusion Tensor Imaging (DTI)-based White Matter Mapping in Brain Research: A Review, S. 52.

(http://wiki.biac.duke.edu/lib/exe/fetch.php?media=biac:assaf_pasternak_2008_dti_review.pdf, Stand: 20.10.14).

2.2.6. Kernspinspektroskopie (MRS)

Die Kernspinspektroskopie oder Magnetresonanztomographie basiert auf ähnlichen technischen Grundlagen wie die Magnetresonanztomographie.⁵³ Sie ist aber kein bildgebendes Verfahren, sondern liefert Intensitätsspektren bestimmter Frequenzsignale.⁵⁴ Dadurch können die biochemischen Eigenschaften von Geweben dargestellt und das Volumen gemessen werden, womit der Todeszeitpunkt oft auch noch nach über drei Tagen genau bestimmt werden kann.⁵⁵ Mit konventionellen Methoden ist dies kaum möglich.

Der Magnetresonanztomograph, der von den Virtopsy-Gründern verwendet wird, ist in der Lage, eine Kernspinspektroskopie durchzuführen.⁵⁶

2.2.7. Postmortale Angiographie

Die postmortale Angiographie ist ein Verfahren, bei dem die Blutgefäße sichtbar gemacht werden. Dadurch ist es zum Beispiel möglich, einen Tod durch Verbluten festzustellen.

Es kann eine Angiographie des ganzen Körpers oder einzelner Organe durchgeführt werden.⁵⁷ Zunächst wird ein Kontrastmittel in den Blutkreislauf eingeführt, das dann meist mit einem MSCT („multislice CT“) sichtbar gemacht wird. Es gibt aber noch eine Reihe anderer Geräte, die verwendet werden könnten, unter anderem ein MRT und normale Röntengeräte.⁵⁸ Wird nur ein einzelnes Organ getestet, wird es meist dafür entnommen. In situ („am Platz“) -Angiographien sind selten.⁵⁹ Durch dieses Verfahren, das ein dreidimensionales Bild liefert, lässt sich auch erkennen, ob eine Person an zu viel Luft in den Blutgefäßen gestorben ist. Bei einer Autopsie würde diese Luft meistens unbemerkt entweichen.⁶⁰ Mit der Angiographie können auch Informationen über das Gefäßvolumen sowie über die Gefäßwand und die Struktur angrenzender Gewebe ermittelt werden. Hier

⁵³ Vgl. Schneider: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, S. 43.

⁵⁴ Vgl. Brown: Magnetic Resonance Imaging, S. 7.

⁵⁵ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 105.

⁵⁶ Vgl. „Magnetic resonance imaging (MRI)“ (<http://www.virtopsy.com/about-virtopsy/equipment/mri.html>, Stand: 20.10.14).

⁵⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 448.

⁵⁸ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 449.

⁵⁹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 448-449.

⁶⁰ Vgl. Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

werden auch äußere Gewalteinwirkungen erkannt, weil dabei die Blutgefäße an der betreffenden Stelle platzen.⁶¹

Für sehr kleine Gefäße kann die Mikroangiographie eingesetzt werden, bei der die Gefäße mit dem Kontrastmittel meist durch Mikro-CTs oder Scanning-Elektronenmikroskope dargestellt werden.⁶²

2.2.8. Virtobot

Der Virtobot, der speziell für die Virtopsy entwickelt wurde, vereint Oberflächenscanner, Computertomograph, Angiographiegerät und Computer für robotergesteuerte Biopsien in einem Gerät und spart den Pathologen damit Zeit und Kosten.⁶³ Da der Körper zwischen Oberflächenscan und Computertomographie am besten nicht bewegt werden sollte, damit die spätere Fusion der einzelnen Bilder einfacher ist, ist der Virtobot sehr nützlich. Er kann auch die einzelnen Bilder selbstständig zusammensetzen.⁶⁴ Bilder von der Durchführung einer Virtopsy sind im Anhang zu finden.⁶⁵

2.3. Befunddarstellung

Die Fusion der Daten der verschiedenen bildgebenden Verfahren zu einem dreidimensionalen Modell erfolgt in vier Schritten: Alignment, Polygonisieren, Mesh Smoothing (Glätten) und Thinning (Ausdünnung) sowie Färbung. Um die Daten der verschiedenen Messungen in ein Koordinatensystem zu übertragen, benötigt man die radiographischen Marker, die sowohl vom Oberflächenscanner als auch vom CT und MRT erfasst werden.⁶⁶

Zuerst müssen beim Alignment alle Punkte in ein dreidimensionales Koordinatensystem übertragen werden und Abweichungen reduziert werden. Dies läuft automatisch durch die von den Forschern verwendete Software ATOS ab; der Operator kann aber eingreifen, indem er

⁶¹ Vgl. Mand, Peter: Verfahrensbewertung der CT-Angiographie, MR-Angiographie, Doppler-Sonographie und Szintigraphie bei der Diagnose von Nierenarterienstenosen, Sankt Augustin, 2003, S. 90.

⁶² Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 449.

⁶³ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 8.

⁶⁴ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 59.

⁶⁵ Video von focusonline: Autopsie-Roboter: Gerichtsmediziner erproben virtuelle Leichenschau ("Virtopsy") (http://www.youtube.com/watch?v=M26wg_p2NOg, Stand: 01.11.14).

⁶⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 151.

die Parameter verändert. Überlappende Stellen und Bildrauschen bleiben aber vorerst bestehen.⁶⁷

Beim Polygonisieren wird die Datenwolke zu einem Punktehaufen aus sich nicht überlappenden Dreiecken zusammengefügt. Eine größere Dichte weist auf Rundungen des Objekts hin. Der Operator passt das Raster an, das heißt er verändert das Verhältnis der Punkte in stark gekrümmten oder freien Flächen. Dadurch können die Modelle individuell angepasst werden, je nach dem, ob hohe Genauigkeit oder ein möglichst einfaches Modell benötigt wird. So entsteht am Ende dieses Schritts ein Polygonnetz, also ein mehreckiges dreidimensionales Gebilde im Koordinatensystem.⁶⁸

Danach, beim Mesh Smoothing und Thinning, wird das bei der Messung entstehende Bildrauschen reduziert, also die außen liegenden Punkte in die Oberfläche integriert, um Details zu bewahren. So werden die vielen Ecken des Modells abgerundet. Für manche Modelle, die zur Visualisation oder Animation des Tathergangs verwendet werden, müssen die Punkte ausgedünnt werden, um eine möglichst geringe Menge an Daten zu erhalten. Bei Modellen oder Bereichen, die sehr präzise sein müssen, wie zum Beispiel beim Abgleich mit der Tatwaffe, wird nur sehr wenig geglättet und ausgedünnt.⁶⁹

Da Form und Färbung der Wunden sehr wichtig ist, muss ein möglichst wirklichkeitsgetreues 3D-Farbmodell erstellt werden. Dafür kann man die Farbinformation von Bildern auf die digitalisierten Oberflächendaten projizieren. Dies kann mithilfe der photogrammetrischen Bilder getan werden, die auch Farbinformationen speichern. So bekommt jede Koordinate eine eigene Färbung, die aus einem oder auch mehreren Bildern mithilfe der beim photogrammetrischen Scan verwendeten Software TRITOP kalkuliert wird. Es können aber auch gut belichtete Fotos der Stelle gemacht und diese dann mithilfe von Referenzpunkten auf das Modell projiziert werden. Dies wird oft bei lebenden Personen, bei denen keine Photogrammetrie verwendet wird, angewendet.

Am Ende erhält man ein farbgetreues, je nach Bedarf detailreiches dreidimensionales Modell, welches sowohl zum Abgleichen von Wunde und Tatwaffe als auch zur weiteren Verwendung für Animationen und Visualisationen benutzt werden kann.⁷⁰

⁶⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 151.

⁶⁸ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 151-152.

⁶⁹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 153.

⁷⁰ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 153-155.

2.4. Virtopsy-Verfahren zur Identifikation von Toten

Besonders nach großen Katastrophen ist es oft schwer, die Opfer zu identifizieren. Für die Hinterbliebenen ist es aber von großer Bedeutung zu wissen, was mit ihren Angehörigen passiert ist, und sie haben auch ein Recht darauf, es zu erfahren. Das Virtopsy-Verfahren kann hier Tote schneller und besser identifizieren als die Pathologen vor Ort, die sehr viele Menschen in sehr kurzer Zeit untersuchen müssen, wobei die Leichen oft stark geschädigt und entstellt sein können. Vor allem hier, aber auch bei der Identifikation von Leichen unter normalen Umständen, kann die Virtopsy verwendet werden.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, einen Menschen zu identifizieren. Einige Merkmale sind jedoch schnell vergänglich, wie Gesichtszüge, Narben, Tattoos oder Fingerabdrücke. Sie werden leicht durch äußere Einflüsse zerstört.⁷¹ Weitere Möglichkeiten der Identifikation sind DNA-Tests, der genetische Fingerabdruck, chirurgische Implantate wie Metallplatten oder Schrauben, Knochenstrukturen wie die Sinushöhlen und der Vergleich von früheren und postmortalen Zahnuntersuchungen. Knochenstrukturen, Zähne oder metallische Fremdkörper sind im Regelfall robuster als Gewebe und Haut und sind daher besser zur Bestimmung der Person geeignet. Bei den Zähnen kann man besonders die Füllungen, Kronen, Brücken, Prothesen, Zahnformen und Zahnhälse gegen vorhandene Informationen vergleichen. Hier kann besonders der Computertomograph verwendet werden, mit dem man ein dreidimensionales Bild des Gebisses machen kann. Der Vorgang ist schnell, einfach und genau. Mithilfe der Maximum Intensity Projection (MIP) kann man die antemortem und postmortem Bilder kombinieren. Man kann lose Zahn- oder Knochenteile im 3D-Modell wieder an ihren Platz schieben und so das Gebiss realitätsnah darstellen.⁷²

Man kann auch sogenannte Multiple Panoramic Images, auch genannt Dentascans, mithilfe von Röntengeräten oder Computertomographen erstellen. Hierbei werden aber oft die Füllungen schlecht dargestellt. Mit einer erweiterten CT-Skala lassen sich die meisten Füllungen differenzieren, allerdings bereiten beispielsweise Amalgam und Gold sowie Keramik als Füllungen oft Schwierigkeiten bei der Unterscheidung. Man kann mit diesem Verfahren aber colorierte 3D-Modelle erstellen.⁷³

⁷¹ Vgl. Thali: Brogdon's Forensic Radiology, S. 85.

⁷² Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 170.

⁷³ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 171-175.

Bei einer Untersuchung des gesamten Körpers mit einem Computertomographen oder Magnetresonanztomographen fallen auch körperfremdes Material wie Stents und Anthroplastien auf sowie Osteosynthese und Endoprothesen.⁷⁴

Durch das Erstellen von dreidimensionalen Modellen lassen sich vorhandene antemortem und postmortale CT-Bilder gut vergleichen. Viele der durch Virtopsy dargestellten Objekte können in einer Autopsie nicht oder nur sehr schwer erkannt werden.⁷⁵

Bei einer Katastrophe ist der Einsatz von Virtopsy-Verfahren besonders sinnvoll, da ein schneller Ganzkörper-CT-Scan beispielsweise nur zehn bis fünfzehn Minuten dauert und die Auswertung der Daten nicht zeitabhängig ist. So können viele Opfer erfasst und später untersucht und identifiziert werden.⁷⁶

3. Virtopsy im Gegensatz zu konventionellen Methoden

3.1. Virtopsy vs. Autopsie in der Forensik

Virtopsy wird momentan nicht als Konkurrenz, sondern als Erweiterung der Autopsie angesehen.⁷⁷ Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn man vor einer klassischen Autopsie eine Virtopsy durchführt.⁷⁸ Dies ist allerdings sehr zeitaufwendig und kostenintensiv. Deshalb stellt sich die Frage, welches Verfahren die besseren Ergebnisse liefert, und ob die relativ neue Virtopsy mit der klassischen, bewährten Autopsie mithalten kann, oder ob sie tatsächlich besser ist.

3.1.1. Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Virtuelle und konventionelle Autopsie haben Gemeinsamkeiten, aber auch einige entscheidende Unterschiede.

Beiden gemeinsam ist das Ziel der Untersuchungen, nämlich die Aufklärung eines Todesfalls. Bei beiden wird die Leiche von Pathologen, also Rechtsmedizinern, auf Abnormalitäten untersucht und die Ergebnisse festgehalten. Beides verursacht hohe Kosten. In Deutschland

⁷⁴ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 175-176.

⁷⁵ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 184.

⁷⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 183.

⁷⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, Introduction.

⁷⁸ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 23.

kann eine Obduktion mehrere hundert bis mehrere tausend Euro kosten,⁷⁹ meistens liegen die Kosten zwischen 700 und 2000 Euro.⁸⁰

Die Virtopsy ist allerdings etwa zwei- bis dreimal teurer als eine normale Autopsie.⁸¹ Das liegt vor allem an den viel komplizierteren und teureren Geräten wie dem MRT, dem CT und dem Oberflächenscanner, während bei einer Autopsie normalerweise nicht viel mehr als ein Skalpell und andere Operationsbestecke benötigt werden. Deshalb ist das Virtopsy-Verfahren insgesamt auch viel zeitaufwendiger. Durch den Virtobot wird das Verfahren allerdings beschleunigt.⁸²

Virtopsy ist jedoch weit weniger invasiv und destruktiv als eine Autopsie.⁸³ Der einzige Schaden, der dem Körper zugefügt wird, ist eventuell eine minimal-invasive robotergesteuerte Biopsie,⁸⁴ wohingegen bei einer Autopsie im Normalfall der ganze Körper geöffnet wird.⁸⁵ Dies ist besonders für einige religiöse Gruppen von Bedeutung.⁸⁶

Des Weiteren ist die Untersuchung mit bildgebenden Verfahren meist der konventionellen Autopsie überlegen, wenn komplizierte Knochenbrüche, besonders im Beckenbereich und im Gesicht, vorliegen. Diese können mit einem CT viel genauer erfasst und analysiert werden als durch das Öffnen der Leiche. Der Körper kann komplett dargestellt werden, während durch Pietät, chemische Substanzen oder Fäulnis einige Stellen für die Autopsie schlecht zugänglich sind.⁸⁷

Bei der Virtopsy kann man außerdem die Befunde viel genauer speichern und objektiver darstellen als bei einer Autopsie.⁸⁸ Während bei einer Autopsie nur zweidimensionale Fotos gemacht werden, also eine Dimension verloren geht, können mit der Virtopsy maßstabsgetreue 3D-Modelle des gesamten Körpers erstellt werden, bei denen man bei der Betrachtung sogar millimeterdünne Schichten virtuell abtragen kann.⁸⁹ Autopsieprotokolle

⁷⁹ Wenzel, Annika: Autopsie (www.bestattungen.de/ratgeber/todesfall/autopsie.html, Stand: 14.10.14).

⁸⁰ Unbekannt: Autopsie (www.gedenkseiten.de/magazin/todesfall/autopsie/, Stand: 14.10.14).

⁸¹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 23.

⁸² Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 8.

⁸³ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 21.

⁸⁴ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 7.

⁸⁵ Vgl. Duden: Autopsie (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Autopsie>, Stand: 24.10.14).

⁸⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 41-47.

⁸⁷ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 22.

⁸⁸ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 21.

⁸⁹ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 30.

werden auch sehr subjektiv abgefasst und sind vom optischen Gedächtnis und der Erfahrung des Pathologen abhängig.⁹⁰ Bei der virtuellen Leiche können jederzeit zum Beispiel auch Jahre später noch weitere Meinungen eingeholt werden, wobei sich das dargestellte Bild nicht verändert hat.⁹¹ Einen Körper kann man nach Jahren nicht noch einmal öffnen.

Richard Dirnhofer, ehemaliger Leiter des Berner Instituts für Rechtsmedizin, meint: „Wenn wir die Leiche öffnen, täuscht das nur vor, dass wir auch alles sehen“.⁹² So kann man mit der Virtopsy Dinge sichtbar machen, die den Pathologen bei einer Autopsie oft entgehen, wie beispielsweise die durch postmortale Angiographie dargestellte Luft in den Gefäßen. Dies ist besonders der Fall, wenn die Autopsie nicht sorgfältig genug durchgeführt wird. So wurde im "Archiv für Kriminologie" 2012 von Mitarbeitern des Instituts für Rechtsmedizin der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) ein Aufsatz geschrieben, in dem es heißt, dass „die Leichenschau in über 10 Prozent der Fälle unvollständig oder nicht nach den gesetzlichen Bestimmungen durchgeführt wurde“.⁹³ Das heißt, „[d]ie ärztliche Leichenschau erfüllt derzeit nicht die ihr zugeordneten Qualitätsansprüche, insbesondere nicht im Hinblick auf die Rechtssicherheit.“⁹⁴

Es gibt jedoch auch weiterhin Todesursachen wie Diabetes mellitus oder Herzrhythmusstörungen, die weder Autopsie noch Virtopsy klären können, weil sie keine sichtbaren Spuren am Körper hinterlassen.⁹⁵

3.1.2. Vorteile und Nachteile von Virtopsy gegenüber Autopsie

Aus den Unterschieden zwischen Virtopsy und Autopsie ergeben sich einige Nachteile, aber auch einige wichtige Vorteile der Virtopsy.

⁹⁰ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 16-17, 29.

⁹¹ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 29.

⁹² Dirnhofer, Richard (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

⁹³ Thadeusz, Frank zitiert in „Sezieren ohne Skalpell“ aus dem Aufsatz der Mitarbeiter des MHH (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-90334860.html>, Stand: 31.10.14).

⁹⁴ Thadeusz, Frank zitiert in „Sezieren ohne Skalpell“ aus dem Aufsatz der Mitarbeiter des MHH (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-90334860.html>, Stand: 31.10.14).

⁹⁵ Vgl. Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

Ein großer Nachteil der Virtopsy sind die hohen Kosten der Untersuchung aufgrund der teuren Geräte, die benötigt werden. So kostet eine Untersuchung mit dem Virtopsy-Verfahren etwa zwei- bis dreimal mehr, weshalb oft eine klassische Autopsie der Virtopsy vorgezogen wird.⁹⁶ Auch haben nicht viele Institute die benötigten Geräte und Fachkräfte.⁹⁷

Ein weiterer Nachteil ist der Zeitaufwand.⁹⁸ Eine Autopsie liefert nach wie vor schneller Ergebnisse als eine Untersuchung der Leiche mit dem Virtopsy-Verfahren, auch wenn die Untersuchungszeit sich in den letzten Jahren stark verkürzt hat.⁹⁹ Rechtsmedizinische Institute, die keinen eigenen Magnetresonanztomographen oder Computertomographen besitzen, können kaum die der Mediziner verwenden, weil sie oft lange Wartezeiten haben und dringend für lebende Patienten benötigt werden.

Auf der anderen Seite hat Virtopsy einige ganz entscheidende Vorteile.

Einmal ist das die Art der Darstellung. Dass man 3-dimensionale Computerbilder des gesamten Körpers hat, erleichtert die Suche nach Abnormalitäten und deren Speicherung sehr.¹⁰⁰ Auch dass man einzelne Schichten bei der Beobachtung „abtragen“ kann, ist ein enormer Vorteil der Virtopsy gegenüber der Autopsie. So können Regionen betrachtet werden, die man mit einem Skalpell nicht erreicht.¹⁰¹ Auch Schuss- und Stichkanäle können so gezeigt werden.¹⁰² Außerdem hängt die Genauigkeit einer Autopsie auch von der Geschicklichkeit des Pathologen ab, während die Maschinen und Computer immer gleich sorgfältig und genau arbeiten.¹⁰³ Auf den genauen Computerbildern und dreidimensionalen Modellen entgehen den Gerichtsmedizinern viel weniger Details als bei einer Untersuchung, bei der nicht einmal alle Körperteile gründlich untersucht werden können.¹⁰⁴ Dass die Biopsien von einem Roboter gesteuert werden ist ein weiterer Vorteil, denn dadurch sind sie nicht kontaminiert, was mehr diagnostische Sicherheit bietet.¹⁰⁵

Ein anderer wichtiger Vorteil ist die minimale Invasivität des Verfahrens, was besonders orthodoxe Juden, aber auch Aborigines, Buddhisten und Muslime befürworten. Für viele

⁹⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 23.

⁹⁷ Vgl. Thadeusz, Frank: Sezieren ohne Skalpell (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-90334860.html>, Stand: 31.10.14).

⁹⁸ Vgl. Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

⁹⁹ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 23.

¹⁰⁰ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 29.

¹⁰¹ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 30.

¹⁰² Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 24.

¹⁰³ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S.16-17.

¹⁰⁴ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 30.

¹⁰⁵ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 30.

religiöse Gruppen ist das Öffnen des toten Körpers nicht vertretbar, weshalb sie keine Autopsien durchführen lassen.¹⁰⁶ Deshalb können hier Todesursachen oft nicht ausreichend geklärt werden, was auch zu einer unzureichenden Aufarbeitung des Todesfalles bei den Hinterbliebenen führen kann. Durch die Virtopsy haben auch diese Gruppen eine Möglichkeit, Todesursachen im Einklang mit ihrer religiösen Auffassung klären zu lassen.¹⁰⁷

Ein weiterer Vorteil der Virtopsy ist die Möglichkeit, jederzeit weitere Meinungen einzuholen, selbst wenn der Körper beispielsweise nach der Untersuchung bei einer Urnenbestattung verbrannt wurde.¹⁰⁸ So kann auch vor Gericht ein weiteres Gutachten von einem anderen Rechtsmediziner eingeholt werden. Auch lässt sich dort der Tathergang unblutig darstellen und viel leichter durch die dreidimensionalen Animationen und Modelle nachvollziehen und veranschaulichen.¹⁰⁹

Sehr wichtig ist auch die Möglichkeit, den Oberflächenscan der Leiche mit dem Scan des Tatwerkzeugs millimetergenau abgleichen zu können. So können die Geräte oder auch die Täter genau identifiziert werden.¹¹⁰ Ähnlich wie im oben beschriebenen Fall mit der Bisswunde ist auch der Todesfall eines Jugendlichen aufgeklärt worden, der nachts von einem Auto erfasst worden ist. Der einzige Hinweis auf den geflüchteten Fahrer war die Aufprallstelle des Autos an der Hüfte des Jungen. Als ein verdächtiges Auto in einer Werkstatt gefunden wurde, konnte durch einen Oberflächenscan und anschließend dem Abgleichen des Körperscans des Jungen und dem Scan des Autos das Fahrzeug als Tatfahrzeug identifiziert und dadurch der Fall aufgeklärt werden.¹¹¹

Im Anhang befindet sich eine tabellarische Gegenüberstellung von Virtopsy und Autopsie aus dem Buch „Virtopsy. Obduktion neu in Bildern“ von führenden Pathologen auf dem Gebiet der Virtopsy mit einigen weiteren Vorteilen.

¹⁰⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 41-47.

¹⁰⁷ Vgl. Thali: Brogdon's Forensic Radiology, S. 390-391.

¹⁰⁸ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S.31-32.

¹⁰⁹ Vgl. Thali: Brogdon's Forensic Radiology, S. 352.

¹¹⁰ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 159.

¹¹¹ Vgl. Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

3.2. Virtopsy-Verfahren an lebenden Personen

Die bildgebenden Verfahren der Virtopsy mit CT, MRT, Angiographie und Kernspinspektroskopie werden routinemäßig bei lebenden Patienten verwendet. Neu ist allerdings der Gebrauch des 3D-Oberflächenscannings im Bereich der angewandten Medizin. Bei der Diagnose von Krankheiten und der Lokalisation von inneren Verletzungen werden oft dieselben Verfahren verwendet wie bei der Virtopsy. Diese sind: Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Angiographie und Kernspinspektroskopie. Inzwischen wird auch das Oberflächenscanning bei der Dokumentation von Verletzungen lebender Menschen verwendet. Im Gegensatz zum 3D-Oberflächenscanning in der Pathologie wird am Patienten keine Photogrammetrie verwendet. Es werden nur ein bis vier Mal die Entfernungen von Punkten als Referenz gemessen. Nach dem Scan wird ein Foto der Verletzung gemacht. Mit Hilfe der Referenzpunkte kann damit das 3D-Modell der Wunde farblich angepasst werden.¹¹² Seit kurzer Zeit gibt es auch mobile Oberflächenscanner, die schnell 3D-Scans von Verletzungen oder auch vom ganzen Körper machen können.¹¹³ Dies ist vor allem von Vorteil, weil die ganze Prozedur des Scans schneller und einfacher ist.

Das Virtopsy-Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die verschiedenen bildgebenden Verfahren zusammengefügt werden.¹¹⁴ Die von lebenden Patienten gemachten Aufnahmen von Oberflächenscan und CT und/oder MRT werden ebenfalls vereint. Anders als bei der pathologischen Untersuchung werden hierfür keine neuen Aufnahmen gemacht, sondern zusätzlich zum Oberflächenscan nur bereits bestehende Aufnahmen verwendet.¹¹⁵ Das liegt auch daran, dass bei zu hoher Strahlungsbelastung ein erhöhtes Krebsrisiko besteht und bei Kontrastmittelgaben allergische Reaktionen auftreten können. Außerdem ist das entstehende Bild wegen des arbeitenden Stoffwechsels und Blutkreislaufs sowie unvermeidbarer Bewegungen der Patienten aufgrund von Schmerzen oder Angst oft weniger scharf als die MRT- und CT-Bilder von Toten.¹¹⁶

Gebraucht wird diese Art der Verletzungsdokumentation vor allem vor Gericht. Die Verwendung der Daten ist ähnlich der von Leichen und auch die Vorteile weisen viele Gemeinsamkeiten auf. Durch die räumliche Darstellung lässt sich auch hier wieder der

¹¹² Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 59-60.

¹¹³ Vgl. Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-65761/3/>, Stand 01.10.14).

¹¹⁴ Vgl. Dirnhofer: Virtopsy, S. 8.

¹¹⁵ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 59.

¹¹⁶ Vgl. Thali: The Virtopsy Approach, S. 145-146.

Tathergang gut aufzeigen und aufgrund der präzisen Messungen können mögliche Tatwerkzeuge genau mit der Wunde des Opfers abgeglichen werden, selbst wenn diese schon längst wieder verheilt ist. Allerdings muss die Dosierung von Strahlung und Kontrastmittel viel niedriger sein, da bei lebendigen Menschen sonst das Krebsrisiko steigen würde.

4. **Ausblick – Zukunft der Virtopsy**

Hatte Richard Dirnhofer früher als klassischer Gerichtsmediziner noch gesagt, ein noch so gutes Foto könne den persönlichen Eindruck des Augenscheins nicht ersetzen, vertritt er nun, über 20 Jahre und viele wichtige Verfahren und Erkenntnisse später, eine ganz andere Meinung.¹¹⁷ Das Bild ist jetzt „Teil des medizinischen Forschungsprozesses geworden. Es hat sich im Erkenntnisprozess der medizinischen Wissenschaften etabliert. [...] [Es] wurde zum Medium der Erkenntnis und so zu einem konstitutiven Element der Wissenschaft selbst. Diesem Phänomen tragen heute große interdisziplinäre ‚imaging‘-Forschungsprojekte Rechnung“.¹¹⁸

Michael Thali hätte zu Beginn des Projekts noch optimistisch gesagt, dass die Virtopsy einmal die Autopsie ablösen werde.¹¹⁹ Bei einem Interview mit dem *Laborjournal* im Dezember 2011 meinte er etwas bescheidener: „60 bis 80 Prozent der forensischen Todesursachen sehen wir jetzt schon durch den Virtopsy Approach. Ob man damit die klassische Autopsie je ganz ersetzen wird, das soll die Zukunft sagen und nicht der Thali“.¹²⁰ Inzwischen, ungefähr drei Jahre später, etabliert sich die virtuelle Autopsie zunehmend unter Rechtsmedizinern und Juristen aufgrund ihrer vielen Vorteile. In Schweden wird sogar ein virtueller Seziertisch entwickelt.¹²¹ Es gibt, wie bei Neuerungen in der Wissenschaft und Techniken üblich, auch bei der Virtopsy viele Verfechter der klassischen Methoden, die die Virtopsy aufgrund ihrer eigenen Verwurzelung in der Tradition ablehnen, oft nach dem Motto: „das war ja schon immer so, wieso sollten wir es ändern?“. So wurde laut Michael Thali die Virtopsy häufig nur als „Mist“ bezeichnet.¹²² Diese Einstellung behindert oft die

¹¹⁷ Vgl. Brenner, Gerhard: Wird die Virtopsie die Autopsie ablösen? (<http://www.bdk.de/lv/brandenburg/profil/2013-02%20Profil.pdf>, Stand: 31.10.14).

¹¹⁸ Dirnhofer: Virtopsy, S. 23-24.

¹¹⁹ Vgl. Thali, Michael (<http://www.laborjournal.de/editorials/556.lasso>, Stand: 02.09.14).

¹²⁰ Thali, Michael (<http://www.laborjournal.de/editorials/556.lasso>, Stand: 02.09.14).

¹²¹ Vgl. „Angeklagt ist die Forensik“ 3sat Wissenschaftsdoku 17102013 vom 17.10.2013, ab 24:14.

¹²² Thadeusz, Frank: Sezieren ohne Skalpell (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-90334860.html>, Stand: 31.10.14).

schnelle Entwicklung einer technischen Neuerung. Die weitere Etablierung der Virtopsy und ihr zunehmender Einsatz im Bereich der Forensik wird sie aber wohl nicht aufhalten können.

Schluss

Die Methoden und Vorgänge der Virtopsy haben auch Einfluss auf die angewandte Medizin. So wird in der Unfallmedizin schon mit einem mobilen Oberflächenscanner gearbeitet, um Wunden schnell und effektiv zu dokumentieren.¹²³ So revolutioniert die Virtopsy nicht nur die Forensik und die Autopsie, sondern hilft auch dabei, die angewandte Humanmedizin zu verbessern. Wenn Ärzte an einem Unfallort schon Oberflächenscans von komplizierten Wunden machen können und diese ans Krankenhaus schicken, könnten die Ärzte dort schon damit beginnen, eine Operation oder passende Medikamente für den kommenden Patienten vorzubereiten. So könnte wertvolle Zeit gespart werden, die manche Patienten dringen benötigen. Es könnte aber auch für Ärzte bei späteren Behandlungen und Operationen von Nutzen sein, wenn die Verletzungen dreidimensional und digital gespeichert sind. Dadurch, dass man mit einem virtuellen Skalpell in dem Modell „operieren“ kann, könnten Chirurgen auch Besonderheiten des Patienten vor einer Operation kennen lernen und sind so auf diese besser vorbereitet. Damit könnten Fehler bei Operationen verringert und Menschenleben gerettet werden.

¹²³ Vgl. Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-65761/3/>, Stand: 01.10.14).

6. Quellen- und Literaturverzeichnis

Literatur:

Brown, Robert/Y.-C. Norman Cheng/Haacke, Mark/Thompson, Michael/Venkatesan, Ramesh: Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design, Second Edition, USA, 2014.

Dirnhofer, Richard/Schick, Peter J./Ranner, Gerhard: Virtopsy. Obduktion neu in Bildern, Wien (A), 2010.

Mand, Peter: Verfahrensbewertung der CT-Angiographie, MR-Angiographie, Doppler-Sonographie und Szintigraphie bei der Diagnose von Nierenarterienstenosen, Sankt Augustin, 2003.

Schneider, Karla: Der Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess, Köln, 2010.

Thali, Michael/Dirnhofer, Richard/Vock, Peter: The Virtopsy Approach: 3D Optical and Radiological Scanning and Reconstruction in Forensic Medicine, Boca Raton (USA), 2009.

Thali, Michael/Viner, Mark/Brogdon, B.G.: Brogdon's Forensic Radiology, Second Edition, Boca Raton (USA), 2011.

Internetquellen:

Antwerpes, Frank: Virtuelle Autopsie (http://flexikon.doccheck.com/de/Virtuelle_Autopsie, Stand: 20.8.14).

Assaf, Yanif/Pasternak, Ofer: Diffusion Tensor Imaging (DTI)-based White Matter Mapping in Brain Research: A Review (http://wiki.biac.duke.edu/lib/exe/fetch.php?media=biac:assaf_pasternak_2008_dti_review.pdf, Stand: 20.10.14).

Bixby, Jill: Virtopsy – A New Innovation for Forensic Science (<http://www.forensicnurses.org/?page=563>, Stand: 01.10.14).

Brenner, Gerhard: Wird die Virtopsie die Autopsie ablösen? (<http://www.bdk.de/lv/brandenburg/profil/2013-02%20Profil.pdf>, Stand: 31.10.14).

Duden: Autopsie (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Autopsie>, Stand: 24.10.14).

Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://m.pctipp.ch/news/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-80156/>, Stand: 20.06.14).

Gröflin, Simon: Forensik: Mit High-Tech dem Täter auf der Spur (<http://www.computerworld.ch/news/it-branche/artikel/forensik-mit-high-tech-dem-taeter-auf-der-spur-65761/2/>, Stand: 01.10.14).

Hackenbroch, Veronika: Leichen auf CD-Rom (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-40525895.html>, Stand: 25.08.14).

Kohlheyer, Alexander: Vortrag Computertomographie (<http://www.uni-koblenz.de/~lb/lehre/ws2006/sem/ct.pdf>, Stand: 24.10.14).

“Magnetic resonance imaging (MRI)” (<http://www.virtopsy.com/about-virtopsy/equipment/mri.html>, Stand: 20.10.14).

Rembold, Mario: Virtopsy – Obduktion ohne Skalpell (<http://www.laborjournal.de/editorials/556.lasso>, Stand: 02.09.14).

Thadeusz, Frank: Sezieren ohne Skalpell (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-90334860.html>, Stand: 31.10.14).

Thali, Michael/Jackowski, Christian/Oesterhelweg, Lars/Ross, Steffen/Dirnhofer, Richard: Virtopsy – The Swiss virtual autopsy approach (http://www.researchgate.net/publication/6530092_VIRTOPSY_-_the_Swiss_virtual_autopsy_approach, Stand: 31.10.14).

Thali, Michael: Virtopsy-Bildgebung in der Rechtsmedizin (http://www.virtopsy.com/datastore/documents/media/virtopsy_bildgebung_in_der_rechtsmedizin.pdf, Stand: 01.10.2014).

Unbekannt: Autopsie (www.gedenkseiten.de/magazin/todesfall/autopsie/, Stand: 14.10.14).

Wenzel, Annika: Autopsie (www.bestattungen.de/ratgeber/todesfall/autopsie.html, Stand 14.10.14).

“What is Virtopsy”, “Virtopsy in case of living patients” (<http://www.virtopsy.com/about-virtopsy.html>, Stand: 01.10.2014).

Zimmermann, David Alexander: Virtopsy und damit verbundene rechtliche Rahmenbedingungen und Auswirkungen, S.73/74 (http://www.zb.unibe.ch/download/eldiss/13zimmermann_d.pdf, Stand: 24.10.14).

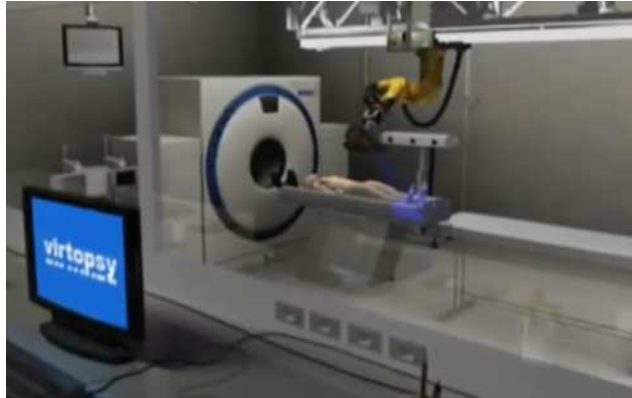
Filmquelle:

“Angeklagt ist die Forensik”(2013) – 3sat Wissenschaftsdoku 17102013.

Video von focusonline: „Autopsie-Roboter: Gerichtsmediziner erproben virtuelle Leichenschau ("Virtopsy)"“ (http://www.youtube.com/watch?v=M26wg_p2NOg, Stand: 01.11.14).

7. Anhang

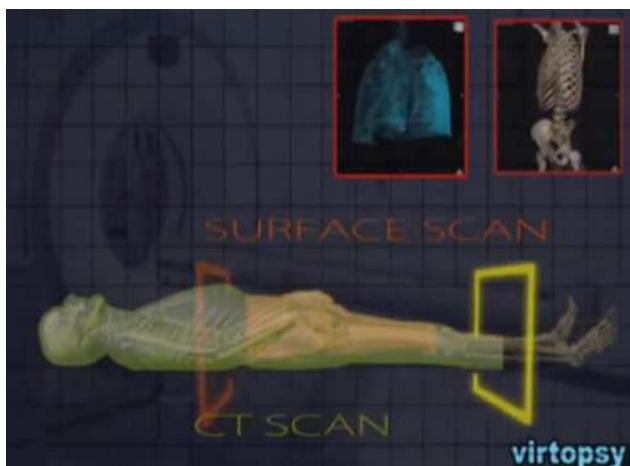
Durchführung einer Virtopsy mit dem Virtobot:



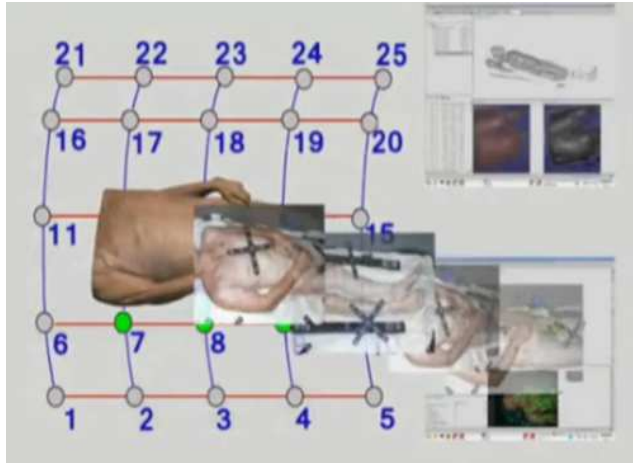
Oberflächenscan der Leiche mit dem Virtobot in Bern



Anschließend wird eine CT-Aufnahme gemacht.



Kombination von CT und
Oberflächenscan



Übertragung der Farbinformationen mithilfe der Photogrammetrie



Computergesteuerte Biopsien

Video von focusonline: „Autopsie-Roboter: Gerichtsmediziner erproben virtuelle Leichenschau ("Virtopsy)"
(http://www.youtube.com/watch?v=M26wg_p2NOg, Stand: 01.11.14).

Virtopsy vs. Autopsie: Tabelle

VIRTOPSIE – Das bessere objektivierte Wissen „Beweisobjekt“ Leiche - enthält alle Informationen (Teil 1)	
Klassische Autopsie	Virtopsy
<p>Darstellung</p> <p>Instrumente – „Obduktionsbesteck“ destruktiv</p> <p>Partielle Darstellung Pietät, Fäulnis, spezielle Körperregionen reduzierter Informationsgehalt</p> <p>Handwerkliches Geschick individuell</p> <p>Asservierung von Probenmaterial kontaminiert</p>	<p>Bildgebendes Verfahren – Oberflächenscan, CT, MR – nicht destruktiv</p> <p>Komplette Darstellung erhöhter Informationsgehalt</p> <p>Maschine als virtuelles Skalpell standardisiert SOP</p> <p>Robotergesteuerte Probenentnahmen nicht kontaminiert – diagnostische Sicherheit</p> <p>Datenakquisition und Berechnung maßstabgetreues 3D Modell = Protokoll I. Ordnung Faksimile des realen Beweisobjekts Leiche = „vollständige u treue Anschauung des Gegenstandes“ mechanische Objektivität personenunabhängig</p>
<p>Befundaufnahme u Dokumentation</p> <p>Befund und Gedanke</p> <p>Subjektives Bild von realen Befunden = Befundaufnahme abhängig vom optischen Gedächtnis ...</p> <p>Persönliche, subjektive Beschreibung – Autopsieprotokoll Die Protokollierung über den Beweisgegenstand und seiner Befunde verschmelzen zu einem Protokoll</p>	<p>Befundaufnahme u Dokumentation</p> <p>Errechneter Befund und Gedanke</p> <p>Subjektives Bild vom radiologischen (CT, MR) Befund = Reading = Befundaufnahme (Befundung)</p> <p>Persönliche subjektive Beschreibung der Befunde Protokoll II. Ordnung Dokumentationen von Protokoll I. (Beweisgegenstand) und Protokoll II. (Befunde an diesem Beweismittel) bleiben getrennt</p>

Tabelle 12

VIRTOPSIE – Das bessere objektivierte Wissen „Beweisobjekt“ Leiche - enthält alle Informationen (Teil 2)	
Klassische Autopsie	Virtopsy
<p>Freigabe der Leiche Verlust der realen Beweismittel</p> <p>Second Opinion erschwert bis unmöglich 2. Obduzent „immunisierte Protokolle“ Rückgriff auf Leiche nicht möglich</p> <p>Gutachten – forensische Rekonstruktion inkomplett</p> <p>Beweiswürdigung der Gutachten erschwert schwere Nachvollziehbarkeit</p> <p>Speicherung personenbezogener Daten schriftliche Protokolle, Skizzen, Photo</p> <p>Blutige Dokumentation blutverschmierte Photodokumentation</p> <p>Psychologische Belastung der Angehörigen</p> <p>Ablehnung durch religiöse Gemeinschaften Bestattungsgebräuche oft behindert</p>	<p>Erhalt des realen Objektes in seiner virtuellen Existenz</p> <p>Second Opinion problemlos Kritische Prüfung durch Rückgriff auf Protokoll I und II „persönliche“ Kritik entfällt Teleforensik – intersubjektives, optisches Gedächtnis</p> <p>Gutachten – forensische Rekonstruktion äußerst präzise, basierend auf real data</p> <p>Beweiswürdigung von Gutachten erleichtert Nachvollziehbarkeit wesentlich erleichtert bildliche 3D-Darstellung</p> <p>Speicherung personenbezogener Daten 3D-Datensatz der Leiche Feuerbestattung, Exhumierung</p> <p>„Cleane“ Dokumentation korrekte virtuelle Darstellung der Befunde</p> <p>Reduzierte psychologische Belastung der Angehörigen</p> <p>Akzeptanz religiöser Vorschriften Totenkult erfährt keine wesentliche Verzögerung</p>

Tabelle 13

Dirnhofer, Richard/Schick, Peter J./Ranner, Gerhard: Virtopsy. Obduktion neu in Bildern, 2010 Manz, S.29.

8. Eigenständigkeitserklärung

Ich habe diese Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt.

Ort, Datum

Unterschrift