

Zeitschrift:	Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio
Herausgeber:	geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
Band:	106 (2008)
Heft:	11
Artikel:	Einsatz moderner Messtechniken zur Klärung forensischer Fragestellungen
Autor:	Buck, U. / Näther, S. / Thali, M.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-236552

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Einsatz moderner Messtechniken zur Klärung forensischer Fragestellungen

Nicht nur in der Geoinformatik und Industrie ist die Oberflächendigitalisierung ein nicht wegzudenkendes Verfahren zur dreidimensionalen Erfassung von komplexen Objekten. Auch im Bereich der Forensik kommt das optische Oberflächenscanning bei der 3D-Dokumentation von äusseren Verletzungen und Tatmitteln zur Anwendung. Im Forschungsprojekt *Virtopsy*® des Institutes für Rechtsmedizin Bern werden neben der Oberflächendigitalisierung radiologische, bildgebende Verfahren zur Dokumentation der Befunde im Körperinneren eingesetzt. Durch den computergestützten Vergleich des hochauflösenden Modells der Verletzung mit dem Modell des mutmasslichen Tatwerkzeuges ist eine geometrische Zuordnung des verletzungsverursachenden Tatwerkzeuges zur Verletzung möglich. Zur Klärung des Tathergangs können virtuelle Rekonstruktionen unter Einbezug der 3D-Daten des Opfers, des Tatwerkzeuges und des Tatverdächtigen sowie der Spuren und Befunde am Tatort durchgeführt werden. Zur Präzisierung eines Unfallhergangs bei Verkehrsunfällen wird die Kollisionskonfiguration geometrisch ermittelt.

*La numérisation de surfaces, également en dehors de la géoinformatique et de l'industrie, est un procédé indispensable pour la saisie tridimensionnelle d'objets complexes. Dans le domaine de la forensie également on applique le scannage optique de surface lors de documentations 3D de blessures extérieures et des moyens utilisés pour l'acte. Dans le cadre du projet de recherche *Virtopsy*® de l'Institut de médecine légale de Berne on utilise, outre la numérisation de surface, des procédés radiologiques et d'imagerie numérique pour la documentation des constatations à l'intérieur du corps. Par la comparaison électronique du modèle à haute résolution de la blessure avec le modèle de l'outil présumé utilisé pour l'acte il est possible d'établir un lien géométrique de l'outil avec la blessure qu'il causée. Afin d'élucider comment l'acte s'est passé on procédera à des reconstitutions virtuelles, en se référant aux données de surface 3D de la victime, de l'outil de crime et de son auteur présumé ainsi que des traces et des constats du lieu de l'acte. Afin de préciser le déroulement d'un accident de la circulation la configuration de la collision est déterminée de façon géométrique.*

La digitalizzazione delle superfici è un processo imprescindibile nel rilevamento tridimensionale di oggetti complessi e questo non solo nella geoinformatica e nell'industria. Anche in campo forense, lo scanning ottico delle superfici inizia ad essere impiegato nella documentazione 3D delle lesioni esterne e dei referti. Nel progetto di ricerca *Virtopsy*® dell'Istituto di medicina legale di Berna, oltre alla digitalizzazione delle superfici, si ricorre a processi radiologici e immagini per documentare i referti all'interno dei corpi. Grazie al confronto supportato da computer del modello ad alta risoluzione della lesione con il modello del presunto strumento del reato è possibile effettuare una classificazione geometrica dello strumento che ha indotto la lesione. Per chiarire lo svolgimento dei fatti è possibile realizzare delle ricostruzioni virtuali, comprendenti i dati superficiali 3D della vittima, lo strumento del reato e del presunto colpevole nonché le tracce e i referti sul posto. Per far luce sugli incidenti stradali viene fornita la configurazione geometrica della collisione.

U. Buck, S. Näther, M. Thali

In der Schweiz haben moderne 3D-Dokumentationsverfahren in den letzten Jahren in der Rechtsmedizin, aber auch bei der Polizei Einzug in die forensische Arbeit gehalten und gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. Sie dienen der Sicherstellung von Beweismaterial, im Sinne einer digitalen Asservierung, und sie liefern als Ergebnis 3D-Datensätze, die Grundlage für anschliessende forensische Abklärungen und Rekonstruktionen sind. Die Rechtsmedizin hat die Aufgabe, medizinische Befunde von Lebenden und Verstorbenen für die Organe der Rechtspflege wissenschaftlich und verständlich zu dokumentieren, zu analysieren und zu erläutern. Die forensische Molekulargenetik (DNA) und forensische Toxikologie haben dabei den Schritt zum Einsatz von High-Tech-Methoden bereits vollzogen.

Im Zentrum für Forensische Bildgebung am Institut für Rechtsmedizin der Universität Bern wird, unter der Leitung von Prof. Dr. med. M. Thali, im Forschungsprojekt *Virtopsy*® (www.virtopsy.com) die Anwendung moderner Techniken für die Dokumentation von forensischen Befunden und für Analysen im Rahmen einer virtuellen Autopsie mit minimal-invasiven Eingriffen erforscht [1–2]. Für die Dokumentation der Befunde des Körperinneren werden die bildgebenden Verfahren Computertomographie (MSCT) und Magnetresonanztomographie (MRI) eingesetzt [3]. Für die Erfassung der Körper-



Abb. 1: *Virtobot*® – der moderne Obduktionssaal des Institutes für Rechtsmedizin Bern.

oberfläche mit allen äusseren Befunden sowie für die Dokumentation mutmasslicher Tatinstrumente kommt die hochpräzise optische 3D-Digitalisierung zum Einsatz.

Mit Hilfe der erhobenen digitalen 3D-Daten des Körperinneren und der Körperoberfläche werden forensische Rekonstruktionen durchgeführt [4–6]. Hierbei wird beispielsweise bei einem Tötungsdelikt untersucht, ob ein mutmassliches Tatwerkzeug die dokumentierten Verletzungen verursacht haben kann oder aus welcher Position ein Opfer angeschossen wurde. Bei einem Verkehrsunfall ist es für die Rekonstruktion des Unfallhergangs bedeutsam, die Anprallsituation geometrisch zu ermitteln.

Die Forensik bietet ein spannendes, interessantes und vielseitiges Tätigkeitsfeld für einen Vermessungsingenieur, welches anhand anschaulicher Fallbeispiele vor gestellt wird.

Forschungsprojekt Virtopsy® – Zentrum Forensische Bildgebung und Virtopsy (ZFB)

Die Untersuchungsmethoden der virtuellen Autopsie von Verstorbenen (Virtopsy®) im Zentrum Forensische Bildgebung umfassen die bildgebenden, radiologischen Methoden (MSCT/MRI), optisches

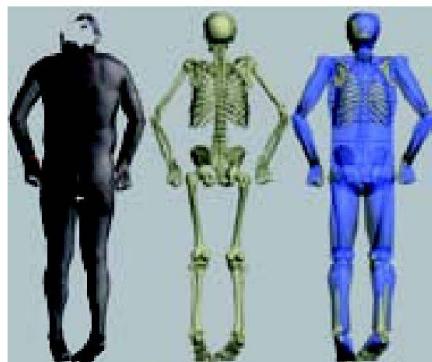


Abb. 2: 3D-Modell des Verstorbenen, links das Hautmodell in der Mitte der Knochenbau und rechts ein in 3D-Software angepasstes Computertomodell zur anatomisch korrekten Bewegung des Verstorbenen.

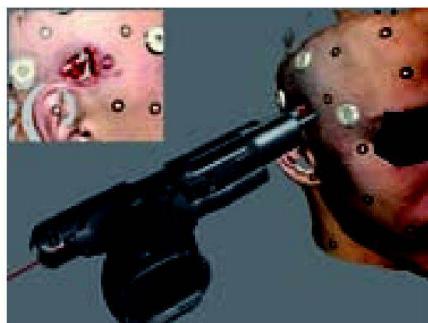


Abb. 3: Darstellung der Schussabgabe beim aufgesetzten Schuss auf der rechten Schläfe. Das kleine Bild links oben zeigt das 3D-Modell der geformten Verletzung, verursacht durch das Waffengesicht.

3D-Oberflächenscanning, CT-gesteuerte postmortale Biopsie und postmortale Angiographie (Abb. 1).

Dokumentation der Körperoberflächen und Tatinstrumente

Die exakte dreidimensionale Erfassung der Körperoberfläche mit allen Verletzungen sowie die Dokumentation mutmasslicher Tatwerkzeuge oder der an einem Unfall beteiligten Fahrzeuge werden mit dem GOM TRITOP/ATOS III System (GOM, Germany [7]) durchgeführt. Dieses zuverlässige System liefert eine hochauflösende, exakte 3D-Geometrie des Objektes, wobei selbst kleinste Strukturen erkennbar sind. Es ist zur farbigen 3D-Digitalisierung kleinster Verletzungen sowie gröserer Objekte, wie beispielsweise eines PKW, anwendbar.

GOM TRITOP ist ein industrielles, optisches Messsystem, welches auf dem Prinzip der digitalen Mehrbildphotogrammetrie basiert und für die vollautomatische, hochgenaue Messung von 3D-Koordinaten diskreter Objektpunkte benutzt wird (Abb. 3). Die flexible optische Messmaschine GOM ATOS III basiert auf dem Triangulationsprinzip. Zwei Kameras beobachten auf das Objekt projizierte Streifenmuster. Für jedes Kamerapixel werden 3D-Koordinaten hochpräzise berechnet. Daraus wird ein Polygonnetz der Objektoberfläche generiert.

Da in der forensischen Anwendung die Farbinformation des Messobjektes für weitere Analysen sehr wichtig ist, wird in

der Software TRITOP jedem Punkt, des in ATOS erstellten 3D-Oberflächenmodells, der entsprechende Farbwert aus den photogrammetrischen Aufnahmen zugewiesen. Das Ergebnis ist ein farbiges 3D-Modell des Objektes.

Zur Optimierung des Arbeitsablaufes ist der Oberflächenscanner an einen Roboterarm montiert und digitalisiert vollautomatisch die Körperoberfläche des Verstorbenen (Abb. 1).

Dokumentation des Körperinneren

Die bildgebenden Verfahren der Medizin haben in der modernen, ärztlichen Diagnostik und Therapie eine zentrale Bedeutung. Aufgaben dieser diagnoseunterstützenden Bildanalyse sind die Abgrenzung, Analyse, Visualisierung und Identifizierung medizinischer Bildobjekte, z.B. Gewebe, Tumore und Gefässsysteme. Im Forschungsprojekt Virtopsy® werden MSCT und MRI zur Analyse von Todesart und Todesursache und zum objektiven Beschreiben der inneren Morphologie und Traumata eingesetzt.

Die Computertomographie ist eine Untersuchungstechnik, basierend auf dem klassischen Röntgen. Dabei wird aus den von einem Computer aufbereiteten Messergebnissen ein Dichteverteilungsgrad der untersuchten Schichten rekonstruiert. Das Ergebnis sind 2D-Schichtbilder des Körperinneren in einer 3D-Bildfolge. Im CT erhält man einen guten Kontrast von Materialien mit unterschiedlichen Dichtewerten wie Knochen, Flüssigkeit und Luft. Im Gegensatz zu den CT-Bildern weisen die MRI-Schichtbilder einen wesentlich besseren Kontrast im Weichteilbereich auf. Das Magnetresonanzverfahren, auch Kernspintomographie genannt, beruht auf dem Kernspin-Resonanz-Effekt. Mit Hilfe elektromagnetischer Wellen wird die Darstellung von Körperschichten ermöglicht.

Zum Erstellen von 3D-Modellen des Knochenbaus einschliesslich vorhandener Knochenverletzungen (Frakturen) und der Hautoberfläche des Verstorbenen aus den CT-Schichtbildern wird das von Dr. Joachim Wirth entwickelte Programm Sliceviewer eingesetzt. Dieses Programm ar-

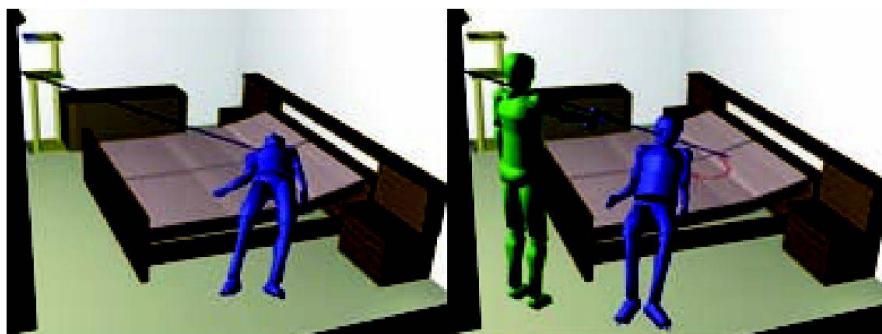


Abb. 4: Virtuelle Rekonstruktion einer Schussabgabe. In der linken 3D-Ansicht ist die Situation dargestellt, in der der Verstorbene aufgefunden wurde. Die blaue Linie zeigt die Aufgrund des Durchschusses durch die Matratze und des Bettgestells rekonstruierte Schussrichtung. Rechts dargestellt, die rekonstruierte Situation bei Schussabgabe.

beitet mit dem Schwellenwertverfahren zur Segmentierung von medizinischen 2D-Schichtbildern in einer 3D-Bildfolge. Abbildung 2 zeigt ein 3D-Körpermodell eines Verstorbenen, erstellt mittels Photogrammetrie, Oberflächenscanning und Computertomographie.

Unfallort- und Tatortdokumentation
Bei der Polizei ist für die Vermessung der Örtlichkeit neben der digitalen Photogrammetrie vor allem der Laserscanner im Einsatz. Aber auch andere Messtechniken wie GPS und Tachymetrie werden angewandt, um einen Unfall- oder Tatort zu vermessen. Aus den erhobenen Daten wird der Ereignisort mittels CAD-Software in 3D modelliert und als Situationspläne, Graphiken und Ansichten dargestellt.

Forensische Analyse und geometrische Rekonstruktion

Vergleich geformter Verletzungen mit dem mutmasslichen Tatwerkzeug

Geformte Haut- oder Knochenverletzungen lassen Rückschlüsse auf die Form sowie die Positionierung des Tatwerkzeuges zu. Im vorliegenden Fall wurde mittels des geometrischen Vergleiches die Tatwaffe identifiziert und gezeigt, in welcher Position die Waffe beim aufgesetzten Schuss gehalten wurde (Abb. 3).

Tatrekonstruktion

In einem weiteren Beispiel wurden zur Rekonstruktion einer tödlichen Schussabga-

be anhand der digitalen 3D-Daten des Verstorbenen und des Tatverdächtigen Computermodelle erstellt und zurück in den virtuellen Tatort gebracht. Die Computermodelle sind exakt an den Körperbau der beteiligten Personen angepasst. Unter Berücksichtigung aller Spuren sowie der forensischen und polizeilichen Erkenntnisse kann der Hergang des Geschehens so schrittweise rekonstruiert werden. Die Opfer-Täter-Konfiguration bei Schussabgabe kann ermittelt und visualisiert werden (Abb. 4). Aussagen des Beschuldigten oder Zeugen können somit bestätigt oder widerlegt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in Situationsplänen, Grafiken und Animationen präsentiert.

Verkehrsunfallrekonstruktion

Grundlage einer dreidimensionalen, geometrischen Rekonstruktion sind die erstellten, farbtreuen 3D-Modelle der Verstorbenen sowie der mutmasslichen

Tatwerkzeuge, bzw. Unfallfahrzeuge. Computergestützt werden die 3D-Modelle der Verletzungen und Beschädigungen geometrisch zusammengeführt und auf Übereinstimmung nach Lage zueinander, Mass und Form überprüft. Durch Zuordnung der Verletzungen zu der verletzungsverursachenden Fahrzeugstruktur kann so der Kollisionsvorgang rekonstruiert werden.

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse einer geometrischen Rekonstruktion eines Verkehrsunfalls, bei dem ein Fußgänger von einem PW erfasst und aufgeladen wurde. Ein weiterer Fall zeigt eine Massenkarambolage auf der Autobahn, dokumentiert mittels des Laserscanners Scanstation 2 (Abb. 6a). Zusätzlich zu den Laserscandaten wurden die Beschädigungen der Fahrzeuge mit dem 3D-Oberflächenscanner GOM ATOS III digitalisiert. Um zu klären wie und in welcher Unfallphase die schweren Verletzungen des Lieferwagenfahrers entstanden sind, wurden die Kollisionsphasen rekonstruiert. Abbildung 6b zeigt die Phase, in welcher der Lieferwagenfahrer ins linke Heck des Sattelmotorfahrzeugs gefahren ist. Anschliessend ist er mit seinem linken Heck auf einem stehenden PW gelandet (gelber Pfeil) und infolge dessen umgekippt.

Fazit und Ausblick

Es wurde gezeigt, wie durch den Einsatz neuer Methoden ein virtuelles, präzises 3D-Modell des Verstorbenen erstellt wird, in welchem alle inneren und äusseren Ver-



Abb. 5: Geometrische Rekonstruktion eines Fußgängerunfalls. Am farbigen 3D-Modell (links) können Anprallverletzungen an der Hautoberfläche den Fahrzeugstrukturen zugeordnet werden. Ein an den Körperbau angepasstes Computermodell (mitte) ermöglicht es, die digitalen Körperdaten zu bewegen. Das 3D-Modell des Knochenbaus (rechts) zeigt alle Frakturen des Opfers.

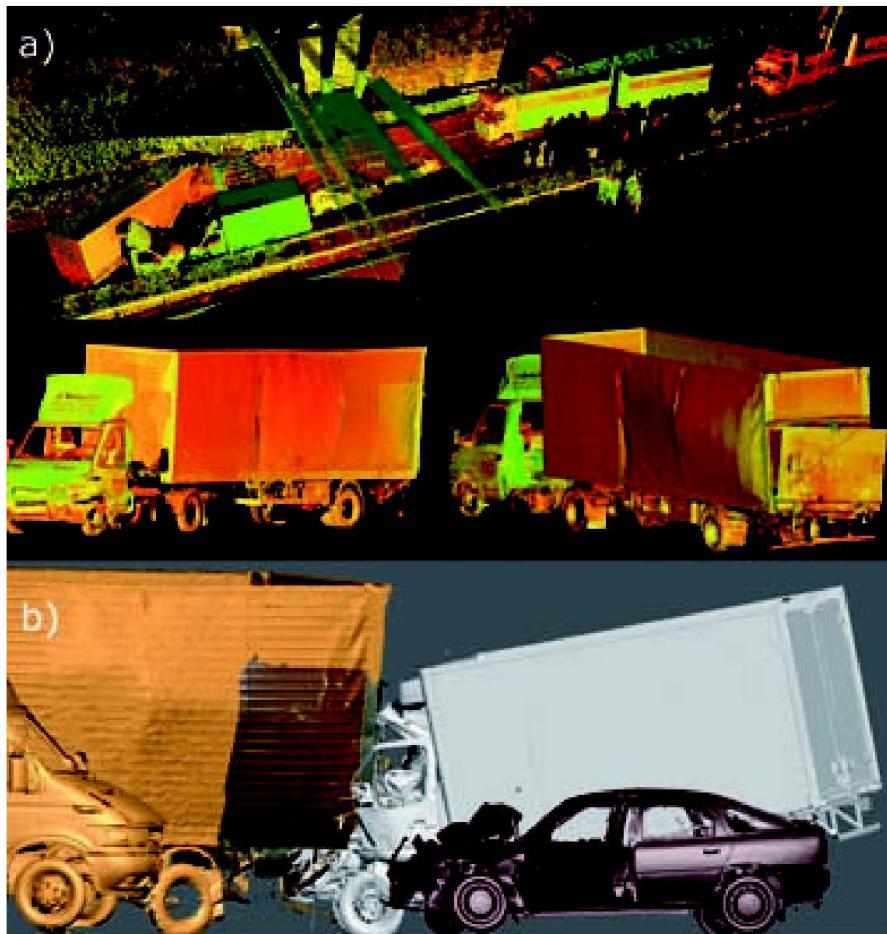


Abb. 6: 3D-Dokumentation und Rekonstruktion einer Massenkarambolage: a) Punktewolke des Unfalls erstellt mit dem Laserscanner Scanstation 2 der Firma Leica; b) 3D-Darstellung der anhand der Beschädigungen und Spuren ermittelten Kollisionskonfiguration.

letzungen integriert sind. Forensische Analysen und geometrische Rekonstruktionen, basierend auf den erhobenen digitalen Daten des Verstorbenen, des Tatwerkzeuges, sowie der polizeilichen Dokumentation des Ereignisortes, erzielten Ergebnisse, welche zur Wahrheitsfindung wesentlich beitrugen.

Die Illustration der Ergebnisse der forensischen Rekonstruktion mittels graphischer Bilder und erklärendem Text ermöglicht es, die Analyseergebnisse Dritten anschaulicher und objektiver zu übermitteln als es ein traditionelles Protokoll erlaubt. Hinzu kommt die Möglichkeit, die Daten zu animieren und in Videoclips zu präsentieren. Dabei ist für den Betrachter auch nicht unwesentlich, dass die Darstellungen von Unfallopfern er-

heblich unblutiger sind, als fotografische Aufnahmen.

Diese Ergebnisse basieren auf einer guten Zusammenarbeit zwischen Rechtsmedizin und Polizei. Die Dokumentation von Körperoberflächen und 3D-Rekonstruktion von Tathergängen ist an unserem Institut zu einem bedeutenden Arbeitsbereich geworden, welcher noch hohes Entwicklungspotenzial bietet. Die gelieferten Gutachten von geometrischen Rekonstruktionen finden grosse Akzeptanz bei der Justiz, welches eine erhöhte Auftragslage mit sich zieht. Der Einsatz moderner Messmethoden wie Oberflächen- und Laserscanning verbessert die Analysemöglichkeiten eines Forensikers. So werden die Methoden für immer mehr und neuen Aufgaben eingesetzt, bei-

spielsweise die Gesichtserkennung, den Formspurenvergleich und die Blutspurenanalyse.

Literatur:

- 1 www.virtopsy.com
 - 2 MJ. Thali, K. Yen, W. Schweitzer, P. Vock, C. Boesch, C. Ozdoba, G. Schroth, M. Ith, M. Sonnenschein, T. Doernhofer, E. Scheurer, T. Plattner, R. Dirnhofer, Virtopsy, a New Imaging Horizon in Forensic Pathology: Virtual Autopsy by Postmortem Multislice Computed Tomography (MSCT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) – a Feasibility Study. *J Forensic Sci* (2003) 48(2):386–403.
 - 3 B.G. Brogdon, 1998: *Forensic Radiology*. CRC Press, 496 Seiten, ISBN 0849381053.
 - 4 U. Buck, 3D-Dokumentation und Visualisierung forensisch relevanter Befunde an Körperoberflächen und im Körperinneren. *Der Vermessungsingenieur* (2005) Heft 5, ISSN 0042-4099, Seite 384–388.
 - 5 MJ. Thali, M. Braun, U. Buck, E. Aghayev, C. Jackowski, P. Vock, M. Sonnenschein, R. Dirnhofer, VIRTOPSY – Scientific Documentation, Reconstruction and Animation in Forensic: Individual and Real 3D Data Based Geo-Metric Approach including Optical Body / Object Surface and Radiological CT / MRI Scanning. *J Forensic Sci* (2005) 50(2):428–424.
 - 6 U. Buck, S. Naether, M. Braun, S. Bolliger, H. Friederich, C. Jackowski, E. Aghayev, A. Christe, P. Vock, R. Dirnhofer, M.J. Thali, Application of 3D Documentation and Geometric Reconstruction Methods in Traffic Accident Analysis: With High Resolution Surface Scanning, Radiological MSCT/MRI Scanning and Real Data Based Animation, *Forensic Sci. Int.* 170 (2007) 20–28.
 - 7 Gesellschaft für Optische Messtechnik, www.gom.com
- Dipl.-Ing. (FH) Ursula Buck
 Dipl.-Ing. (FH) Silvio Näther
 Prof. Dr. med. Michael Thali
 Universität Bern
 Institut für Rechtsmedizin
 Bühlstrasse 20
 CH-3012 Bern
ursula.buck@irm.unibe.ch