

K. Buße<sup>1</sup> · U. Buck<sup>1,2</sup> · C. Schyma<sup>1</sup> · C. Jackowski<sup>1</sup><sup>1</sup> Institut für Rechtsmedizin, Universität Bern, Bern, Schweiz<sup>2</sup> Unfalltechnischer Dienst, Kantonspolizei Bern, Bern, Schweiz

# Aufnahmeposition von Smartphone-Fotos

## Forensische Bildauswertung und 3D-Rekonstruktion

**Durch die heutzutage weite Verbreitung von Smartphones und die häufige Nutzung der Smartphone-Kamera sowie die mediale Selbstdarstellung sind digitale Aufnahmen immer häufiger wichtige Beweismittel. Die Auswertung von Fotos und Videos, aufgenommen mit Smartphones, gewinnt deswegen immer mehr an Bedeutung.**

### Einleitung

Fotos und Videos werden bereits seit einiger Zeit für forensische Zwecke photographisch ausgewertet. Buck et al. [7] beschrieben dieses Vorgehen beispielsweise, um einen möglichen Tatablauf virtuell nachstellen zu können. Auch zur Tätergrößenermittlung [8], bei der Auswertung von Radarfotos [6] oder der Rekonstruktion von Flugunfällen [4] wurde diese Methode verwendet. Im vorliegenden Fall stellte sich während einer Tatre-

konstruktion vor Ort die Frage, ob das sichergestellte Tatfoto wirklich, wie von der Frau berichtet, von Dritten oder von ihr selbst gefertigt worden sein könnte. Aus diesem Grund sollten das digital gesicherte Tatfoto sowie anlässlich der Tatrekonstruktion aufgenommene Vergleichsfotos zu Ermittlung und Vergleich der Aufnahmepositionen photogrammetrisch ausgewertet werden.

### Falldarstellung

Eine Frau berichtete, sie sei bei einem Waldspaziergang von zwei unbekannt Männern sexuell belästigt und mit ihren Händen an einen Holzstapel gefesselt worden. Die Männer hätten sie in dieser Position mit ihrem eigenen Smartphone fotografiert (Abb. 1a) und dieses Foto an einen Freund der Frau geschickt. Nachdem die Unbekannten den Tatort verlassen hätten, habe sie sich Stunden später selbst befreien können.

Anlässlich einer Tatrekonstruktion vor Ort fertigte die Polizei mit einem Smartphone zwei Vergleichsfotos aus der von der Frau genannten damaligen Aufnahmeposition an (Abb. 1b, c).

Im Hinblick auf eine Verifizierung bzw. Falsifikation ihrer Aussage stellte sich die Frage, ob die von ihr angegebene Aufnahmeposition mit der des Tatfotos übereinstimme.

### Material

Zur Auswertung standen zum einen das digital gesicherte Tatfoto vom Smartphone der Frau (Smartphone Sony E5823, Bildgröße 5520 × 4140 Pixel; Abb. 1a) sowie zwei Vergleichsfotos der Polizei (Smartphone Apple iPhone 6s, Größe 4032 × 3024 Pixel; Abb. 1b, c) zur Verfügung. Alle Aufnahmen zeigten die Frau vor dem Holzstapel und im Hintergrund die Bäume des Waldes.



**Abb. 1** ◀ Darstellung der auszuwertenden Bilder. **a** Digital gesichertes Tatfoto, erstellt mittels Smartphone der Frau. **b** Vergleichsfoto 1, erstellt anlässlich der Tatrekonstruktion. **c** Vergleichsfoto 2, erstellt anlässlich der Tatrekonstruktion



**Abb. 2** ◀ Foto der Örtlichkeit zum Zeitpunkt der 3D-Aufnahme

## Methode

### Erstellung eines 3D-Modells der Örtlichkeit

Der Holzstapel, vor dem das Foto entstanden ist, befand sich im Wald, parallel zu und an einem steilen Forstweg. Ober- und unterhalb des Weges wies das Gelände ein starkes Gefälle auf. Aus dem einen Ende des Holzstapels ragte ebenerdig in seiner Verlängerung ein massiver Holzbalken hervor (▣ **Abb. 2**).

Zur photogrammetrischen Berechnung der Aufnahmeposition der Tat- und Vergleichsfotos wurde ein 3D-Modell der auf den Fotos abgebildeten, unveränderten Objekte angefertigt. Der auf dem Tatfoto ersichtliche Holzstapel und die Bäume wurden mittels eines Laserscanners Z+F IMAGER 5010 (Fa. Zoller & Fröhlich GmbH, Wangen im Allgäu) und photogrammetrisch mittels einer Digitalspiegelreflexkamera Nikon D810 (Fa. Nikon, Inc., Tokio, Japan) dreidimensional dokumentiert [4, 5]. Die Aufnahmekonfiguration der photogrammetrischen Aufnahmen basierte auf Erfahrungswerten, welche an die im Handbuch zur Auswertesoftware Metashape (Fa. Agisoft, St. Petersburg, Russland) empfohlenen Erfassungsszenarien angelehnt sind [1].

Auf Basis der hochauflösenden Punktwolke des Laserscanners wurde mittels der Software ATOS Professional (Fa. GOM, Braunschweig) ein 3D-Modell der Örtlichkeit erstellt. Die photogrammetrischen Aufnahmen wurden mittels der Software Metashape ausgewertet und die Originalfarbe auf das 3D-Modell gerechnet [1].

### Berechnung der Aufnahme- position der Fotos

Die Berechnung der Aufnahmepositionen der Fotos erfolgte mittels der Software 3ds Max (Fa. Autodesk, San Rafael, USA) [2, 6]. Zur Berechnung der Kameraparameter (innere Orientierung) und Aufnahmeposition (äußere Orientierung) der realen Kamera wurden identische Punkte im Foto und im 3D-Modell der Örtlichkeit gemessen. Dadurch konnten das photogramme-



**Abb. 3** ▲ Mittels Passpunkten wurden die Kameraparameter und die Aufnahmepositionen (innere und äußere Orientierung) des Tatfotos sowie der Vergleichsbilder berechnet. Die linke Spalte zeigt das 3D-Modell aus Sicht der berechneten, virtuellen Kamera. Die rechte Spalte zeigt ebenfalls das 3D-Modell aus Sicht der virtuellen Kamera mit überlagertem Foto. a, b Tatfoto. c, d Vergleichsfoto 1

trische Strahlenbündel der zentralperspektivischen Abbildung geometrisch rekonstruiert und die direkte lineare Transformation bestimmt werden.

Als Ergebnis der photogrammetrischen Auswertung eines Fotos erhielt man die Aufnahmeposition und -richtung, die Brennweite und das Blickfeld („field of view“, FOV) der realen Kamera sowie eine Genauigkeitsangabe (aktueller Kamerafehler) [3]. Mit diesen berechneten Angaben wurde automatisch eine virtuelle Kamera im 3D-Raum erstellt.

### Ergebnis der Bildauswertung

Die berechneten Brennweiten passten zu den in den EXIF-Daten der Fotos angegebenen, auf Vollformat (35 mm) umgerechneten Brennweiten. Dies wird durch die Darstellungen in **Abb. 3** verdeutlicht. Durch den Vergleich der technischen Daten der Smartphone-Kameras mit den EXIF-Daten des Tatfotos konnte festgestellt werden, dass das Tatfoto mit der Hauptkamera des Smartphones aufgenommen wurde.

Die Aufnahmepositionen der Fotos wurden durch im 3D-Modell gemessene Masse zu relevanten Objekten (Abstand zum Holzstapel, Höhe über dem Waldboden und Position relativ zum hervorstehenden massiven Holzbalken) angegeben (**Abb. 4**). Es wurde festgestellt, dass das digital gesicherte Foto (*gelbes Kamerasymbol*) ca. 39 cm über dem Waldboden und in einem Abstand von ca. 1,15 m zum Holzstapel aufgenommen wurde. Die beiden Vergleichsfotos (*grünes und rotes Kamerasymbol*) wurden ca. 72 cm bzw. 70 cm über dem Waldboden und in einem Abstand von ca. 1,62 m bzw. 1,88 m zum Holzstapel aufgenommen. Die Aufnahmeposition des Tatfotos befand sich neben dem Holzbalken, die der Vergleichsfotos hinter dem Holzbalkenende.

Zusätzlich konnte im Rahmen der Auswertung festgestellt werden, dass es keine signifikanten Bewegungen einzelner Holzstücke des Holzstapels zwischen den Aufnahmezeitpunkten der drei Fotos und dem Scan gegeben hatte.

Rechtsmedizin <https://doi.org/10.1007/s00194-020-00374-4>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

K. Buße · U. Buck · C. Schyma · C. Jackowski

## Aufnahmeposition von Smartphone-Fotos. Forensische Bildauswertung und 3D-Rekonstruktion

### Zusammenfassung

Eine Frau gab gegenüber der Polizei an, sie sei von zwei Unbekannten an einen Holzstapel gefesselt und anschließend mit ihrem eigenen Smartphone fotografiert worden. Anlässlich einer Tatrekonstruktion vor Ort fertigte die Polizei mittels eines Smartphones zwei Fotos aus der von der Frau angegebenen damaligen Aufnahmeposition an. Eine photogrammetrische Auswertung und Berechnung der Aufnahmepositionen der Tat- und Vergleichsfotos ergab, dass sich die ermittelte Aufnahmeposition des Tatfotos signifikant von denen der Vergleichsfotos

unterscheidet. Die Aufnahmeposition des Tatfotos legt nahe, dass sich das Smartphone näher über dem Waldboden befunden hat als von der Frau angegeben. Die hier beschriebene Methode zur photogrammetrischen Auswertung von Smartphone-Fotos ist einfach anzuwenden und vielseitig einsetzbar.

### Schlüsselwörter

Forensik · Photogrammetrie · 3D-Rekonstruktion · Bildauswertung · Smartphone · Aufnahmeposition · 3ds Max

## Recording position of smartphone photographs. Forensic image evaluation and 3D reconstruction

### Abstract

A woman claimed to the police that she had been shackled to a pile of wood by two unknown persons and photographed with her own smartphone. During an on-site crime reconstruction, photographs were taken by the police with a smartphone from the position described by the woman. The photograph from the woman's smartphone and the comparison photographs were evaluated regarding the position from which they had been taken. It was concluded that the positions significantly differed. The

position of the initial photograph indicated that the smartphone was positioned significantly closer to the ground of the forest than the woman had claimed. The method for the photogrammetric evaluation of smartphone photographs described in this article is easy to implement and versatile.

### Keywords

Forensic · Photogrammetry · 3D reconstruction · Image evaluation · Smartphone · Recording position · 3ds Max

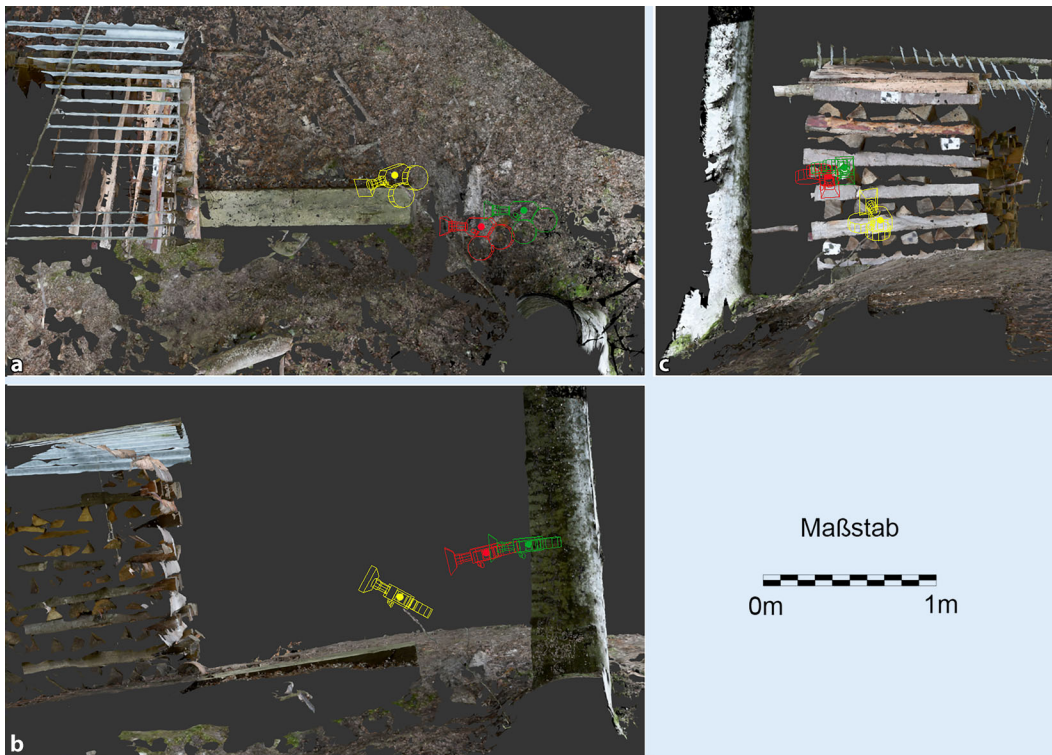
## Diskussion

Bei der Tatrekonstruktion des berichteten Vorfalls hatten sich Zweifel ergeben. Es stellte sich die Frage, ob das Tatfoto von der Frau selbst gefertigt worden war. Ausgehend von der Aufnahmeposition des Tatfotos wollte man Rückschlüsse auf die Position des Smartphones ziehen, um zu einer möglichen Inszenierung des Vorfalls und eigenständigen Fertigung des Fotos durch die Anzeigenerstatterin Stellung nehmen zu können.

Die durchgeführten Berechnungen ergaben, dass sich die Positionen der Vergleichsfotos signifikant von der Position des digital gesicherten Tatfotos unterschieden. Die Vergleichsfotos wurden aus größerer Entfernung zum Holzstapel

sowie aus höherer Position gefertigt. Um die Smartphone-Kamera in die ermittelte Position und Ausrichtung zur Fertigung des Tatfotos zu bringen und gleichzeitig auf dem Bildschirm den Bildausschnitt zu sehen, wäre eine eher untypische und sehr unbequeme Körperhaltung des fotografierenden Smartphone-Nutzers ca. 39 cm über dem Waldboden notwendig gewesen. Durch den Einsatz technischer Hilfsmittel (z. B. Stativ, Selbstausröser, Selfie-Stick o. Ä.) war die eigenständige Fertigung des Tatfotos durch die Frau wohl problemlos möglich.

Die photogrammetrische Auswertung von Fotos und Videos kann bei vielfältigen Fragestellungen angewendet werden: Wer ist auf einem Foto abgebildet? Wie groß ist eine Person oder ein Ge-



**Abb. 4** ◀ Darstellung der berechneten Aufnahme-positionen der Fotos im 3D-Raum. a Draufsicht. b Seitenansicht auf den Holzstapel von der Talseite her. c Frontansicht auf den Holzstapel

genstand? Wie bewegt sich ein Objekt innerhalb einer Bildfolge? Wo war die Kamera versteckt, die diese Fotos aufgenommen hat? Können aufgrund der sichtbaren Inhalte Rückschlüsse auf den abgebildeten Ort gezogen werden [9]? Handelt es sich wirklich um den angegebenen Ort? Oder, wie in diesem Fall, ist es für die dargestellte Person möglich, das Foto selbst gemacht zu haben?

Die Einsatzgebiete der photogrammetrischen Auswertung von Fotos können beispielsweise die Flugunfallrekonstruktion, Abstandsmessung im Straßenverkehr, Tätergrößenermittlung, Radarbildauswertung, Ergänzung der Originalfarbe auf farblose 3D-Modelle, Tatrekonstruktionen und Sichtbarkeitsanalyse sein.

So vielfältig die Einsatzmöglichkeiten dieser Methode sind, es gibt auch Einschränkungen. Um verlässliche Ergebnisse zu bekommen, ist es wichtig, dass ein Foto nicht beschnitten oder die Proportionen verändert wurden. Sind keine EXIF-Daten zu den Fotos vorhanden, ist die Auswertung vollumfänglich möglich, nur fehlt eine weitere Kontrollmöglichkeit der geschätzten Kameraparameter (z. B. Brennweite). Voraussetzung ist allerdings die 3D-Dokumentation der auf

dem Foto abgebildeten Objekte. Sind zu wenig messbare Objekte auf dem Foto ersichtlich, oder sind diese Objekte verändert worden bzw. nicht mehr vorhanden, ist eine photogrammetrische Berechnung des Foto bzw. Videos, wie sie in diesem Fall durchgeführt wurde, nicht möglich. Eine Berechnung der Aufnahme-position ist nur durch Messung von identischen Punkten im erstellten 3D-Modell und auf dem Foto möglich. Bei der Wahl der zur Berechnung benötigten identischen Punkte kommt es auf die Einschätzung der auswertenden Person an. Diese sollte sich u. a. über die Genauigkeit des 3D-dokumentierten Raumes im Klaren sein, richtig einschätzen, welche Punkte man als stabil annehmen kann, und in der Lage sein, das Ergebnis fachkundig einzuordnen. Die identischen Punkte sollten räumlich gut verteilt sein (über das ganze Foto und in der Tiefe des Objektraums), und es sollten nicht nur die fünf nötigen, sondern nach Möglichkeit 15 bis 20 Punkte gemessen werden, um ein zuverlässiges und genaues Ergebnis zu gewährleisten und eine Fehlerabschätzung zu ermöglichen.

Abschließend lässt sich sagen, dass es zur Anwendung dieser Methode einiger Vorbereitungen bedarf, sie jedoch ein-

fach anzuwenden ist und schlussendlich in verschiedensten Fallumständen wichtige Informationen zur Lösung eines Falls liefern kann.

### Fazit für die Praxis

- Die Berechnung der Aufnahme-position von Fotos kann in der Fallarbeit wichtige Informationen liefern.
- Eine Berechnung der Aufnahme-position von Fotos ist möglich, wenn das Bild unbeschnitten ist und genügend, über das Bild verteilte, identische Punkte im Foto und im 3D-Modell der dokumentierten Örtlichkeit gemessen werden können.
- Die beschriebene Methode ist bei vielfältigen Fragestellungen einsetzbar.

### Korrespondenzadresse

**K. Buße**  
 Institut für Rechtsmedizin, Universität Bern  
 Bühlstrasse 20, 3012 Bern, Schweiz  
 Kirsten.Busse@irm.unibe.ch

---

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** K. Buße, U. Buck, C. Schyma und C. Jackowski geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Die Untersuchungen erfolgten unter Einhaltung der Vorgaben der Zentralen Ethikkommission der Bundesärztekammer.

## Literatur

1. Agisoft LLC (2019) Agisoft metashape user manual: professional edition, version 1.5. [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_5\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf). Zugegriffen: 14. Nov. 2019
2. Autodesk.Help (2016) 3ds Max: Dienstprogramm „Kamera-Anpassung“. <https://knowledge.autodesk.com/de/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/DEU/3DSMax-Archive/files/GUID-2C52CD7A-8FBF-4135-B677-2B49D21BC868-htm.html>. Zugegriffen: 14. Nov. 2019
3. Autodesk.Help (2017) 3ds Max: Eigenschaften von Kameras. <https://knowledge.autodesk.com/de/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/3DSMax-Rendering/files/GUID-DD235AB4-FD21-47F8-9F1B-B5518F453EF3-htm.html>. Zugegriffen: 14. Nov. 2019
4. Buck U (2010) Laserscanning in der Kriminalistik. *Z Geod Geoinf Landmanag* 3:190–198
5. Buck U, Naether S, Braun M et al (2009) Virtopsy as a multi-tool approach. In: Thali MJ, Dirnhofer R, Vock P (Hrsg) *The virtopsy approach*. CRC Press, Boca Raton, 3389–432
6. Buck U, Naether S, Kreuz K et al (2011) Geometric facial comparisons in speed-check photographs. *Int J Legal Med* 125:785–790
7. Buck U, Naether S, Rass B et al (2013) Accident or homicide—virtual crime scene reconstruction using 3D methods. *Forensic Sci Int* 225:75–84
8. Hoogeboom B, Alberink I, Goos M (2009) Body height measurements in images. *J Forensic Sci* 54:1365–1375
9. Maksymowicz K, Tunikowski W, Kosciuk J (2014) Crime event 3D reconstruction based on incomplete or fragmentary evidence material—case report. *Forensic Sci Int* 242:e6–e11