

Tätergrößenvermessung mit Laserscanner

von Sandra Petershans, Vermessungstechnikerin, Fachgruppe 642,
von Martin Abel, Dipl.-Ing. (FH) Vermessung und Geoinformatik, Fachgruppe 642
Udo Mayerle, EKHK, Leiter Fachbereich 640, alle LKA BW-KTI



Sandra Petershans
Vermessungstechnikerin
Fachgruppe 642, LKA BW-KTI



Martin Abel
Dipl.-Ing. (FH) Vermessung + Geoinformatik,
Fachgruppe 642, LKA BW-KTI



Udo Mayerle
EKHK, Leiter Fachbereich 640,
LKA BW-KTI

Das Erstellen messgenauer Skizzen von Unfallörtlichkeiten oder Tatorten gehört von jeher zu den elementarsten Beweissicherungsmaßnahmen. Handaufmaß und Messtisch sind längst Geschichte. Die Gegenwart und Zukunft gehören der digitalen Erfassung von Örtlichkeiten im geschlossenen Raum ebenso wie im Freien mittels modernster 3D-Vermessungstechnik.

Rückblick, Einleitung

Für Skizzen und Auswertungen höchster Genauigkeit wurden bereits in den 80er Jahren sog. Stereomesskameras verwendet. Ab 1986 wurde in Baden-Württemberg das RolleiMetric 3D-Verfahren im Bereich der verkehrspolizeilichen Unfallaufnahme und ab 1990 bei der Erhebung des kriminalpolizeilichen Tatortbefundes eingesetzt.

Durch einen Erlass des Innenministeriums BW wurden im Jahre 1994 die Fertigung von Unfallskizzen privatisiert und die 3D-Auswertestellen aufgelöst. Die vermessungstechnische Bearbeitung kriminalpolizeilicher Tatorte und von Örtlichkeiten größerer Schadensereignisse wurden dem LKA übertragen. Hierfür wurde eine zentrale 3D-Auswertestelle für die Kriminalpolizei des Landes eingerichtet.

Der Aufwand eine 3D-Messskizze zu erstellen wird nicht standardmäßig bei jedem von der Kriminalpolizei bearbeitetem Tatort betrieben, sondern beschränkt sich auf Tatorte mit besonders komplexen Spurenlagen, zunächst nicht nachvollziehbaren Tatabläufen oder großen räumlichen Ausmaßen. In den zurückliegenden fünf Jahren wurden über 70 Tatorte- und Unglücksorte dreidimensional vermessen. Hinzu kamen über 50 Größenbestimmungen von Personen – eine weitere praktische Anwendung der 3D-Messtechnik. Dieser Bericht soll sich speziell mit dieser Anwendung befassen und über die gemachten Erfahrungen berichten.

Personal

Das eingesetzte Personal beim LKA stammt von Beginn an aus dem Bereich Vermessungstechnik. Zur Zeit stellen eine Beamtin mittlerer technischer Dienst (Vermessungstechnikerin) und ein Angestellter gehobener technischer Dienst (Dipl.-Ing. Vermessungstechnik) das Vermessungsteam dar. Zeitweise wird es vor Ort durch eingewiesene Polizeivollzugsbeamte der Tatortgruppe unterstützt. Die Entscheidung, qualifizierte Spezialisten mit entsprechender beruflicher Ausbildung einzusetzen, hat sich über die Jahre hinweg sehr bewährt. Die Beurteilung neuer Hard- und Software in der Vermessungstechnik, die Entscheidung, welche Systeme für den polizeilichen Einsatzzweck am besten geeignet sind und der Informationsaustausch mit Herstellern geschehen auf einer soliden fachlichen Ebene. So bestehen bereits seit 2005 Kontakte zur Fa. DELFT Tech in den Niederlanden, die die Software VSF (Visual Sensor Fusion) zur Größenbestimmung von Personen entwickelte. Diese Software, über die im Folgenden noch berichtet wird, kommt heute beim LKA Baden-Württemberg zur Anwendung.

Photogrammetrie

Grundlagen dieses 3D-Messverfahrens sind mathematisch-physikalische Gesetze der Mehrbildphotogrammetrie, d.h. ein Objekt wird mit Hilfe mehrerer fotografischer Aufnahmen dreidimensional vermessen. Die EDV gestützte Berechnung der Kamerapositionen sowie Ausrichtung zum Zeitpunkt der Aufnahme erlaubt es, Objektpunkte im Bild mit dreidimensionalen Koordinaten zu erfassen und diese in ein CAD-Programm zu überführen. Mit diesem können maßstäbliche Pläne und Zeichnungen aus verschiedenen Perspektiven und als dreidimensionale Ansichten angefertigt und ausgedruckt werden.

Größenvermessung mit Photogrammetrie (bisherige Methode)

Die Photogrammetrie bietet die Möglichkeit, nichtmetrische Bilder in den vorhandenen Bildverband einzurechnen und darin Messstrecken zu ermitteln. Solche nicht metrischen Bilder können z.B. Aufnahmen von Digitalkameras oder Videobilder sein. Dieser besondere Fall der Bildanalyse wird z.B. bei der Größenbestimmung von Personen angewandt.

Voraussetzung ist, dass eine Raumüberwachungsanlage z.B. bei einem Banküberfall den Täter in voller Größe aufgenommen hat, so dass sein exakter Standort im Raum festgelegt werden kann.

Mit Hilfe eines sehr zeitaufwendigen Verfahrens können über die Koordinaten des photogrammetrisch erzeugten Bildverbandes die Koordinaten der Endpunkte der Person (Fuß und Kopf) am PC errechnet werden. Eine Größenangabe über die Person ist aber

erst möglich, wenn die perspektivische Verzerrung durch einen weiteren Arbeitsschritt ausgeglichen wird. Um das Ergebnis der Vermessung kontrollieren zu können, werden vor Ort Vergleichsmaße in der Bank erhoben, z.B. Höhe eines Möbelstücks, Größe eines Bildes etc. Diese Maße werden anschließend mit den aus der photogrammetrischen Auswertung errechneten Maßen verglichen.

Einführung der Laser-Scanner-Technologie

Im Dezember 2006 konnte nach zweijähriger Erprobungszeit von Laserscannern verschiedener Hersteller ein Scanner der Fa. Zoller und Fröhlich, Wangen im Allgäu, mit dazugehörigem Softwarepaket beschafft werden.

Bei dem angewendeten Lasermessverfahren wird ein Laserstrahl durch einen in Vertikalrichtung rotierenden Spiegel abgelenkt. Des Weiteren dreht sich der Scanner 360° um die eigene Achse (horizontal). Überall wo der Laserstrahl auftrifft wird ein dreidimensionaler Punkt erzeugt. Dies geschieht bei einer mittleren Auflösung ca. 50 Millionen mal bei einer Laufzeit von ca. 3,5 Minuten und kann bis zu 800 Millionen Punkte und einer Laufzeit von 26 Minuten erhöht werden. Die entstehende dreidimensionale Abbildung der Umgebung besteht aus einer sog. Punktwolke. Abschattungen, die sich durch den Standort des Laserscanners ergeben, können durch verschiedene Standorte eliminiert werden. Ein weiteres Merkmal der Laserscantechnik ist auch die hohe Reichweite von über 70 Metern.

Größenvermessung mit Laserscanner

Als Grundlage für die Größenvermessung wird zuerst die Qualität des vorgelegten Bildmaterials der Überwachungskamera begutachtet. Ist diese in Ordnung, d.h. der Täter ist in ganzer Körpergröße sichtbar, genügend Referenzpunkte sind vorhanden und die Bildqualität ist ausreichend, wird eine Laserscanvermessung vor Ort durchgeführt.



Bild 1: Originalbild mit hinterlegten Referenzpunkten



Bild 2: Originalbild auf Punktwolke aufgemappt

Bei der Vermessung der Örtlichkeit wird darauf geachtet, dass der Scanner möglichst in derselben Position der Überwachungskamera positioniert wird. Gescannt wird mit „High Quality,,, dies entspricht ca. 43 Millionen Punkte pro Scan. Als Referenzpunkte dienen eindeutige, markante Punkte, welche sowohl auf dem Überwachungsbild als auch in dem Laserscan vorhanden sind. Sie werden benötigt um die Überwachungsaufnahme in die Punktwolke des Laserscans einzurechnen und so ein zweidimensionales perspektivisches Bild in einen geometrisch exakten dreidimensionalen Raum zu überführen. Die Verknüpfung des Bildes mit dem Scan geschieht über mindestens sieben Referenzpunkte. Als „natürliche,, Referenzpunkte eignen sich die Ecken der Wände, Fliesen oder die Ecken und Kanten von feststehenden Möbeln, die sich über das gesamte Bild verteilen.

Richtet sich eine Überwachungskamera zum Beispiel auf einen uniformen Teppich und es wird wenig von der umgebenden Einrichtung abgebildet, so gibt es keine oder zu wenig „natürliche,, Referenzpunkte zur Einpassung des Bildes in die Punktwolke des Laserscans. In diesen Fällen ist eine Bestimmung der Tätergröße dennoch möglich, wenn sich die Kameraposition bzw. deren Ausrichtung in dem Zeitraum von der Aufnahme des Täters bis zur Vermessung vor Ort nicht verändert hat. Die benötigten Referenzpunkte werden bei der Vermessung vor Ort, als sog. Zielmarken angebracht. Anschließend wird ein Referenzbild mit der entsprechenden Überwachungskamera aufgenommen. Diese Aufnahme lässt sich nun in einem Bildbearbeitungsprogramm mit den vorhandenen Täteraufnahmen überlagern. Es werden an den Positionen der Zielmarken, Kreuze oder andere Markierungen gesetzt, welche nun auch in den Täterbildern zu sehen sind (Bild 1). Die nötigen Referenzpunkte werden also nachträglich in die Täteraufnahmen projiziert.

Das Überwachungsbild einschließlich der Referenzpunkte wird nun in die Millionen von dreidimensionalen Messpunkten des Laserscans eingerechnet (Bild 2). Nach weiteren Bearbeitungsschritten am 3D-Arbeitsplatz lässt sich die Größe der Person als Näherungswert bestimmen.

Um eine wesentlich präzisere Aussage über die Größe der Person machen zu können, wird mit der Software VSF der Fa. DELFT Tech mit Hilfe eines Dummis auch die Körperhaltung berücksichtigt. Der Standpunkt des Dummis wird durch den Fußpunkt der

Person festgelegt und seine Ausrichtung durch Drehung jedes einzelnen Gelenkes an die Körperhaltung des Täters angepasst (Bild 3 und 4 siehe nächste Seite).

Die Messungen werden immer unabhängig von zwei Mitarbeitern durchgeführt. Jeder Mitarbeiter macht pro Überwachungsbild mindestens zwei Messungen, so dass sich pro Überwachungsbild mindestens 4 Messungen ergeben. Aus den gesamten Messungen wird das Mittel und die Standardabweichung berechnet. Die Standardabweichung gibt die Genauigkeit der ermittelten Tätergröße an.

Genauigkeit der Größenvermessung mit der VSF-Software, Versuche

Grundsätzlich ist die Genauigkeit der Größenvermessung abhängig von:

Darstellung im Bild (Person muss deutlich und in ganzer Größe erkennbar sein) | Winkel der Überwachungskamera (je flacher desto besser --> Ungenauigkeiten bei der Fußpunktbestimmung wirken sich bei steilem Kamerawinkel stärker auf die Genauigkeit bei der Bestimmung der Tätergröße aus)

Gebeugte Körperhaltung der Person in Kamerarichtung (diese kann durch die 2D Information eines Bildes nicht bei der Größenvermessung berücksichtigt werden --> gemessene Größe wird zu klein)

Verteilung der Referenzpunkte (Referenzpunkte zur Einrechnung des Bildes in den Laserscan sollten sich gut verteilt über das gesamte Überwachungsbild befinden).

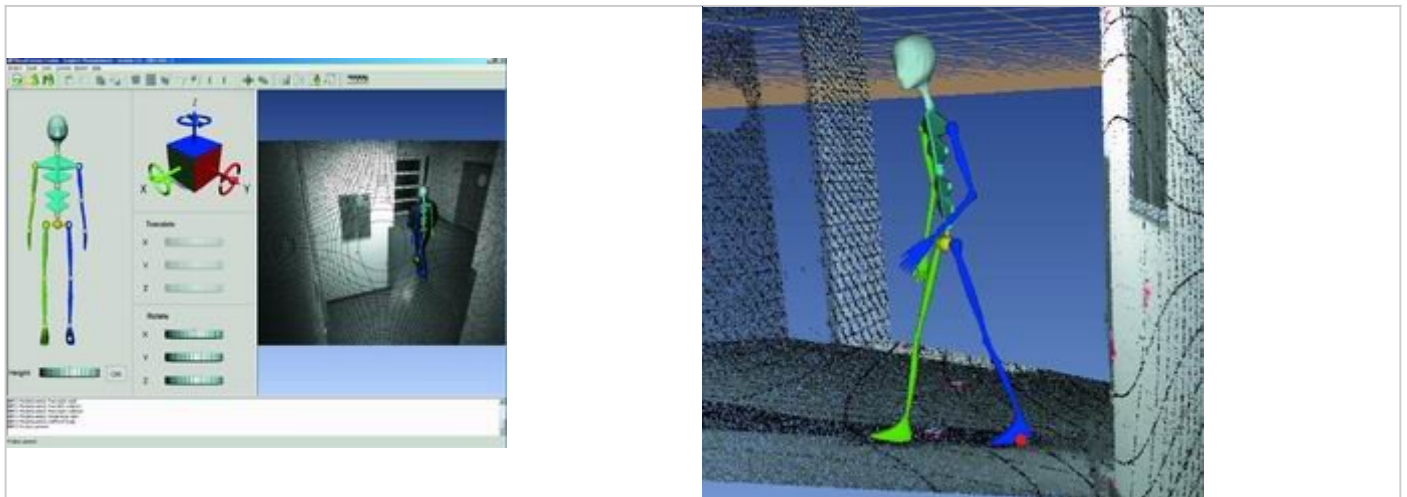


Bild 3 und 4: Oberfläche der VSF Software und Dummi, der auf die Körperhaltung angepasst ist.

Um Erfahrungen bei der Anwendung der neuen VSF-Software zu erhalten wurde diese in einigen Versuchen getestet. Der Versuchsaufbau sollte die typische Aufnahmesituation eines Täters in einer Bank, Tankstelle etc. simulieren.

Versuchsbedingungen:

Bilder aus 2,50 Meter Höhe wurden von verschiedenen Personen gefertigt

Die Bilder mussten die Mindestanforderung für die Auswertbarkeit erfüllen (Person klar zu erkennen und in ganzer Größe).

Verwendete Kameras: Spiegelreflexkamera (11 Millionen Pixel), Kompaktkamera (4 Millionen Pixel) sowie eine Handykamera (300 000 Pixel).

Die Größe der Personen war bekannt und diente als Kontrolle zur Überprüfbarkeit der anschließenden Auswertung.

Um die Auswirkung der Körperhaltung bei der Bestimmung der Körpergröße einschätzen zu können, wurden die „Täter“, gerade stehend, in Schrittbewegung und in verschiedenen gebeugten Haltungen auch in Kamerarichtung aufgenommen.

für die Größenvermessung wurde für jede Körperhaltung jeweils nur ein „Überwachungsbild“, herangezogen.

Die Auswirkung der Objektivqualität der Kameras wurde nicht näher untersucht. Die Personen befanden sich jeweils mittig im Bild. Es ist davon auszugehen, dass hier auch die Verzeichnung einfacher Objektive wie bei der Handykamera gering ist.

Ergebnis:

die verschiedenen Auflösungen der Kameras wirken sich nicht auf die Ergebnisse aus, solange die Person klar zu erkennen ist

die Größenbestimmungen von „Tätern„ in Schrittbewegung wichen nicht signifikant von den Messungen des „Täters„ in aufrechter Position ab

die Standardabweichung der Messung (ergibt sich hier aus den Abweichungen zum Sollmaß) lag bei +/- 2-3 cm

es gab einzelne „Ausreißer„ von bis zu 7cm vom Sollmaß. Dies zeigt, dass eine Bestimmung der Tätergröße aus nur einem Überwachungsbild nicht sinnvoll ist. Zur Überprüfbarkeit der Ergebnisse muss eine Auswertung immer durch mehrere Bilder und mehrere Messungen pro Bild erfolgen, wie oben bereits erwähnt.

Fallbeispiel, Einbruch in das Kreisklinikum Tuttlingen

Situation:

1. Einbrüche in das Klinikum im Jahr 2005 (3 für Größenvermessung geeignete Bilder) und 2007 (10 für Größenvermessung geeignete Bilder);
2. Aufnahme des Täters von drei Überwachungskameras, eine im Wartebereich sowie zwei im Flurbereich;
3. Tatverdächtiger wurde ermittelt.

Fragestellung:

1. Wie groß sind die Täter/ist der Täter?
2. Haben die Personen auf den Überwachungsaufnahmen von 2005 sowie 2007 die gleiche Körpergröße?
3. Handelt es sich evtl. um den/die gleichen Täter?
4. Passt die Größe zu dem Tatverdächtigen?

Vermessung:

Zur Auswertung der von drei Überwachungskameras aufgenommenen Bilder wurde jeder zur Kamera gehörende Bildbereich mit dem Laserscanner vermessen.

Aufgrund weniger natürlicher Referenzpunkte (Bild 5) wurden künstliche Referenzpunkte (schwarz/weiß Target) vor Ort angebracht. Im Anschluss wurden Vergleichsaufnahmen der Räumlichkeiten mit den jeweiligen Überwachungskameras gemacht (Bild 6).



Bild 5: Originalbild der Überwachungskamera

Zum Genauigkeitsnachweis der Vermessung dient eine Messlatte mit einer Länge von 2 Metern, welche im Bereich des Täterstandpunktes aufgebaut wurde. Von dieser wird ebenfalls ein Bild mit den jeweiligen Überwachungskameras aufgenommen (Bild 6). Nach Anbringung der Referenzpunkte folgen die Laserscans der jeweils von den Kameras erfassten Bereiche. Mit diesen Schritten endet die Arbeit vor Ort.



Bild 6: Vergleichsbild mit Referenzpunkten und Messlatte

Wie bereits in einem vorhergehenden Abschnitt beschrieben, werden am Arbeitsplatz zuerst die Originalbilder mit dem Referenzbild hinterlegt, um die nötigen Referenzpunkte zu erhalten (Bild 1). Nun folgt die Verknüpfung der Bilder anhand der Referenzpunkte mit den Laserscanaufnahmen (Bild 2). Nach diesen Arbeitsschritten erfolgt die eigentliche Tätergrößenbestimmung mit Platzierung des Fußpunktes und Ausrichtung des Dummis auf das in die Punktwolke projizierte Täterbild (Bild 7 und 8).

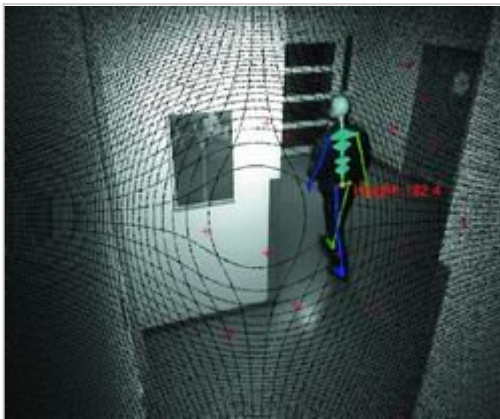


Bild 7: Gemessene Körpergröße mit Hilfe des an die Körperhaltung angepassten Dummis



Bild 8: Dummi in der Punktwolke

In einer Excel Tabelle (Bild 9) werden die Messungen eingetragen und der Mittelwert gebildet, woraus sich dann die Differenzen zum Mittel und die Standardabweichung berechnen lassen.

Ergebnis der Vermessung:

Die Tätergröße für den Täter aus dem Jahr 2005, der in 3 Bildern 12-mal gemessen wurde, wurde als Mittelwert mit 182,2 cm bestimmt. Bei dem Täter aus dem Jahr 2007, der in 10 Bildern 40-mal gemessen wurde, ergab sich ein Mittelwert von 183,1 cm. Die Standardabweichungen der Ergebnisse aus beiden Jahren lagen bei ± 2 cm. Bezogen auf die Körpergröße könnte der Täter aus dem Jahr 2005 auch den Einbruch im Januar 2007 begangen haben. Der anfängliche Tatverdächtige mit einer Körpergröße von 194 cm schied als Täter aus. Der später ermittelte Täter mit einer Körpergröße von 181 cm (ohne Schuhe) passte zu den ermittelten Maßen 182,2 und 183,1 (mit Schuhen).

Zusammenfassung

Das LKA Baden-Württemberg verfügt seit 1994 über eine zentrale 3D-Vermessungs- und Auswertestelle für die Kriminalpolizei des Landes. Nach über einem Jahrzehnt Erfahrung mit photogrammetrischen Messmethoden bei der Vermessung von Tatorten und der Tätergrößenbestimmung begann im Dezember 2006 mit dem Erwerb eines Laser-Scanners der Fa. Zoller und Fröhlich, Wangen im Allgäu, ein neuer technologischer Abschnitt. Für die Tätergrößenbestimmung wurde begleitend hierzu die VSF-Software des niederländischen Herstellers DELFT Tech beschafft.

Mit der VSF-Software kann die Körperhaltung der Person berücksichtigt werden, die mit Überwachungskameras aufgenommen wurde. Damit kann Ermittlungs- und Fahndungsdienststellen ein Ergebnis präsentiert werden, welches die tatsächliche Größe wesentlich exakter wiedergibt als es bisher möglich war. Der Laser-Scanner und die VSF-Software haben sich beim LKA Baden-Württemberg in der Praxis und im Test sehr gut bewährt. Ein großer Vorteil gegenüber der bisherigen photogrammetrischen Methode liegt in der schnelleren Aufnahme der benötigten 3D-Daten vor Ort und der wesentlich schnelleren Auswertung am Arbeitsplatz.

Bild	gem. Körpergr. Täter 2007	Diff. z. Mittel Täter 2007
cam1_2007-013	182,5	0,6
average error: 13,88	180,4	2,7
pixel: 9,1mm/pix	187,0	-3,9
	183,3	-0,2
cam1_2007-020	182,7	0,4
average error: 14,74	181,7	1,4
pixel: 7,9mm/pix	183,5	-0,4
	181,8	1,3
cam5_2007-010	180,7	2,4
average error: 13,14	178,5	4,6
pixel: 8,6mm/pix	187,3	-4,2
	184,5	-1,4
Mittelwert:	183,1	
Standardabweichung:	1,9	

Bild 9: Auszug aus der Excel-Tabelle

Letztendlich steht und fällt die Auswertung jedoch mit dem zur Verfügung stehenden Bildmaterial. Entscheidend ist, dass die Person deutlich und in ganzer Größe, von der Schuhsohle bis zur Schädeldecke, abgebildet ist. Von Vorteil ist ein nicht zu steiler Aufnahmewinkel der Überwachungskamera. Allerdings variiert die Leistungsfähigkeit der Raumüberwachungssysteme sehr stark. Sie ist ausschlaggebend für die Bildqualität. Auch digitale Aufnahmesysteme haben gegenüber Band- oder Filmaufzeichnungsgeräten keine Verbesserung gebracht. Durch geringe Auflösungen, um den Speicherplatz klein zu halten, ist die Qualität teilweise so schlecht, dass der Täter zwar noch als Mensch erkannt werden kann, aber jede weitere Aussage zur Person nicht möglich ist. In solchen Fällen ist auch der Einsatz modernster Technik und qualifizierter Spezialisten wenig erfolgreich.

Die Projizierung von Gegenständen und Personen, die z.B. durch Überwachungskameras festgehalten wurden, in die nachträglich dreidimensional erfasste Örtlichkeit ermöglicht mittlerweile eine recht exakte Größenbestimmung. Dies ist ein weiterer Schritt bei der Nutzung der 3D-Vermessungstechnik und kann insbesondere bei der Fahndung nach Personen eine sehr nützliche und im Aussagewert zuverlässige Hilfe darstellen. Das LKA Baden-Württemberg verfügt seit Jahren über Erfahrungen auf dem Gebiet der Größenbestimmung von Personen. Seit Anfang des Jahres kommt eine neue Software zum Einsatz, die gegenüber der bisherigen Arbeitsweise erhebliche Vorteile mit sich bringt.