

Geometrische Parameteranalyse eines LVK-Messsystems mittels Photogrammetrie

Markus Katona*, Johannes Beck, Klaus Trampert, Cornelius Neumann

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Lichttechnisches Institut und Mess- und
Regelungstechnisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

*markus.katona@kit.edu

Zusammenfassung

Die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) beschreibt das richtungsabhängige Abstrahlverhalten einer Lichtquelle. Klassischerweise wird sie in einem Goniophotometer gemessen. Hierbei rotiert ein Goniometer die Lichtquelle einmal um ihren Lichtschwerpunkt. Ein Photometer, nimmt zu jeder Raumrichtung einen Lichtstärkewert auf. Die LVK hat somit eine geometrische sowie eine photometrische Komponente. Bei der Justage eines LVK-Messsystems werden daher die Geometrie sowie die Photometrie einzeln justiert. In diesem Beitrag beschäftigen wir uns mit einer Methode zur Justage der Geometrie. Ziel ist es die geometrische Beziehung zwischen Lichtquelle und Detektor, unter Berücksichtigung aller für eine LVK-Messung wichtigen geometrischen Messsystemparameter, herzustellen. Mit einem etablierten Kamerakalibrieralgorithmus, auf Basis eines Bündelblockausgleichs soll überprüft werden, ob die vollständige Messsystemgeometrie bestimmt werden kann. Dazu gehören, die Lage des Detektors im Vergleich zum Goniometer, sowie die intrinsischen Goniometerparameter wie Abstand und Schiefelage der Rotationsachsen.

Index Terms: Lichtstärkeverteilungskurve, Goniophotometer, Justage, Bündelblockausgleich, Kamerakalibrieralgorithmus

1 Einleitung

Die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK) beschreibt das richtungsabhängige Abstrahlverhalten einer Lichtquelle unter Vernachlässigung der Lichtquellenausdehnung. Sie setzt sich aus der geometrischen Raumrichtung, gegeben durch die Winkel φ und ϑ und einem zugehörigen photometrischen Wert, der Lichtstärke $I(\varphi, \vartheta)$ zusammen. Für eine Messung wird die Lichtquelle mit einem Goniometer um sich selbst rotiert und zu jeder Raumrichtung ein photometrischer Messwert erfasst. Der Detektor, das Photometer, befindet sich dafür in großer Entfernung zur Lichtquelle. Als Photometer können Photometermessköpfe aber auch



kamerabasierte Messsysteme zum Einsatz kommen. Das Photometer der kamerabasierten Messsysteme bestehen, wie in Abbildung 1 dargestellt, aus Messschirm und Messkamera, sodass große Raumwinkelsegmente einer LVK auf einmal aufgenommen werden können [1, 2].

Bei der Inbetriebnahme eines Goniophotometers wird der photometrische, sowie der geometrische Systemteil einzeln justiert. Nach DIN 1319-1 bedeutet das, das „Einstellen oder Abgleichen eines Messgerätes, um systematische Messabweichungen so weit zu beseitigen, wie es für die vorgesehene Anwendung erforderlich ist“ [3]. Photometrisch erfolgt dies über ein Lichtstärkenormal. Geometrisch wird die Photometerposition über die Rotation der Goniometerachsen und eines entsprechend auf dem Goniometer angeordneten Lasers bestimmt. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung eines Geometriennormals. Darüber hinaus ist es möglich die Raumrichtungen durch eine vollständige Messsystemanalyse zu justieren, bei der mit 3D-Messverfahren die Lage von Goniometer und Photometer im Raum bestimmt wird. Bei dieser Analyse können auch Goniometerunsicherheiten, wie die Achsschiefelage, der Achsabstand und die Stellgenauigkeit des Goniometers überprüft werden.

Ein hierfür geeignetes, allerdings sehr aufwändig und teures Messverfahren ist der Lasertracker. Daher soll in diesem Beitrag die Verwendung kostengünstigerer photogrammetrischer Methoden untersucht werden. Die potentielle Machbarkeit dieses Ansatzes wurde bereits in [4, 5] erwähnt. Für die photogrammetrische Methode wird eine externe Kamera auf dem Goniometerdrehtisch montiert (vgl. Abbildung 2a). Danach werden verschiedene bekannte Muster im Raum aufgestellt. Durch die Aufnahme von Bilderserien, durch die Bewegung der Kamera über die Goniometerachsen, können mithilfe der Bündelblockausgleichsrechnungen anhand der aufgestellten Muster die relativen Kameraposen geschätzt werden. Aus der Serie der geschätzten Kameraposen lassen sich wiederum die Achslagen berechnen und hieraus die gesuchten Systemparameter bestimmen.

Im Folgenden zeigen wir anhand eines etablierten Kamerakalibrieralgorithmus des Instituts für Mess- und Regelungstechnik des KIT ein „Proove-of-Concept“ dieser Methode. Der hier verwendete Kamerakalibrieralgorithmus wird hauptsächlich für Kameras autonomer Versuchsfahrzeuge verwendet [6].

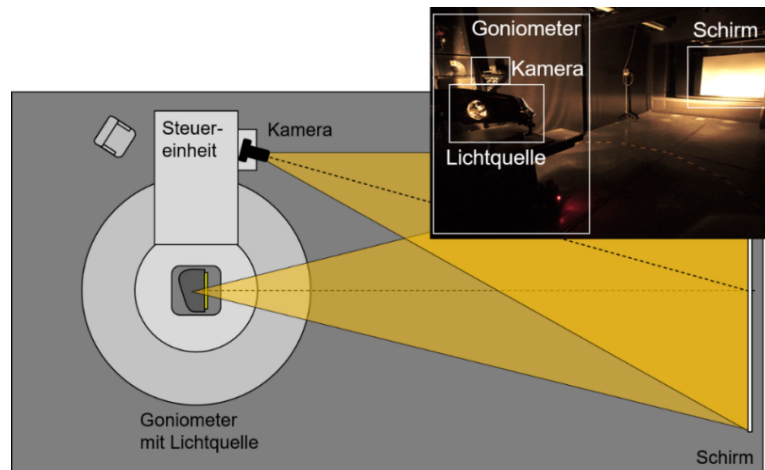


Abbildung 1: Darstellung eines LVK-Messsystems mit den Komponenten Goniometer Lichtquelle und Detektor, bestehend aus Schirm und Kamera.

2 Kamerabasiertes LVK-Messsystem

Die geometrische Messsystemjustage mittels photogrammetrischer Methoden soll an dem im Lichttechnischen Institut des KIT vorhandenen kamerabasierten LVK-Messsystems überprüft werden. Das Messsystem ist ein klassisches Kfz-Goniophotometer der Firma LMT. Es wurde in 10 Meter Entfernung zum Goniometer mit einem weißen ebenen Messschirm ergänzt, der von einer Leuchtdichtekamera betrachtet wird. Das Typ-A Goniometer besteht aus einer vertikalen Drehachse V und einer horizontalen Drehachse H , die während der Messung zur Positionierung der Lichtquelle verwendet werden. Außerdem verfügt es über einen xyz-Tisch zur Lichtquellenjustage, der während einer Messung arretiert ist. Das Goniophotometer ist mit seinen Achsen in Abbildung 2a dargestellt. Abbildung 2b zeigt den 3x1,8 Meter großen Messschirm, der von der Messkamera betrachtet wird. Jeder Kamerapixel (x_{Kamera}, y_{Kamera}) sieht ein Schirmpixel (x_{Schirm}, y_{Schirm}) das wiederum einer Raumrichtung, ausgehend vom Goniometerdrehzentrum (φ, ϑ) , entspricht. Der Messschirm ist somit die Detektorebene. Um ihn herum sind 8 Schirmmarker platziert, die mit der Schirmebene in Beziehung gesetzt sind [5]. Für die Geometrie des LVK-Messsystems gelten folgende Aussagen:

- Der Schirm steht im Abstand von $10\text{ m} \pm 1\text{ mm}$ senkrecht auf der optischen Achse des Goniometers. Die Optische Achse des Goniometers wird über die Drehachsen definiert.
- Das Goniometer hat eine Achsschiefelage der H - und V -Achse von weniger als $0,0025^\circ$.
- Der Achsabstand zwischen H - und V -Achse des Goniometers beträgt weniger als 1 mm.
- Die xyz-Achsen des Lineartisches stehen bis auf wenige hundertstel Grad senkrecht aufeinander.

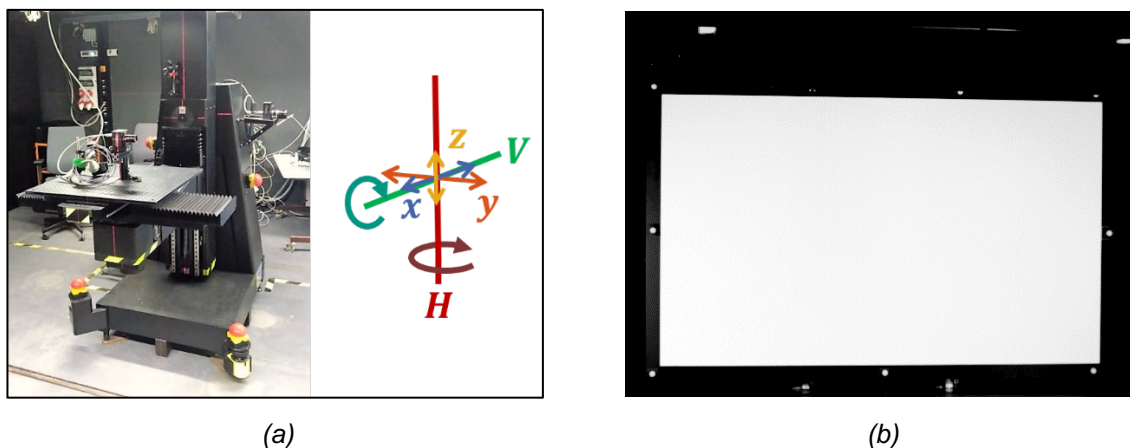


Abbildung 2: Komponenten des LVK-Messsystems. (a) zeigt das Goniometer zusammen mit den fünf Bewegungsachsen. In (b) ist der Messschirm mit den Markern zu erkennen, die als acht weiße Kugeln um den Schirm angeordnet sind.

3 Photogrammetrie

Photogrammetrische Methoden sind Messmethode zur dreidimensionalen Rekonstruktion von Objekten mithilfe von Kameras. Zugrunde liegen ihr Kameramodelle, die Bildpunkte (x, y) von Kameraaufnahmen mit realen Objektpunkten (X, Y, Z) in Verbindung bringen. Dieser Zusammenhang wird durch die Kollinearitätsgleichung beschrieben [7]:

$$\begin{aligned} x &= x_H - c \frac{r_{11} \cdot (X - X_0) + r_{12} \cdot (Y - Y_0) + r_{13} \cdot (Z - Z_0)}{r_{31} \cdot (X - X_0) + r_{32} \cdot (Y - Y_0) + r_{33} \cdot (Z - Z_0)} + \Delta x \\ y &= y_H - c \frac{r_{21} \cdot (X - X_0) + r_{22} \cdot (Y - Y_0) + r_{23} \cdot (Z - Z_0)}{r_{31} \cdot (X - X_0) + r_{32} \cdot (Y - Y_0) + r_{33} \cdot (Z - Z_0)} + \Delta y \end{aligned} \quad (1)$$

Die Kameraposition (X_0, Y_0, Z_0) und die Kameraorientierung, gegeben über die Parameter der 3x3-Rotationsmatrix (r_{ij}) , sind die extrinsischen Kameraparameter. Die intrinsischen Kameraparameter sind die Kamerakonstante c die Bildhauptpunkte (x_H, y_H) und die Funktionen zur Verzeichnungskorrektur $(\Delta x, \Delta y)$. Abbildung 3 veranschaulicht diesen Zusammenhang für ein Lochkameramodell.

Werden bekannte Objektpunkte von einer Kamera mit bekannten intrinsischen Kameraparametern aufgenommen, kann die Kamerapose, bestehend aus Position und Orientierung geschätzt werden. Dieses Vorgehen wird als *Rückwärtsschnitt* bezeichnet [7]. Sind die intrinsischen Kameraparameter unbekannt, muss die Anzahl der Gleichungen erhöht werden. Erreicht wird dies über die Aufnahme bekannter Objektpunkte aus vielen verschiedenen Kameraposen. Dieses Vorgehen wird als *Bündelblockausgleich* bezeichnet und ist momentaner Stand der Technik.

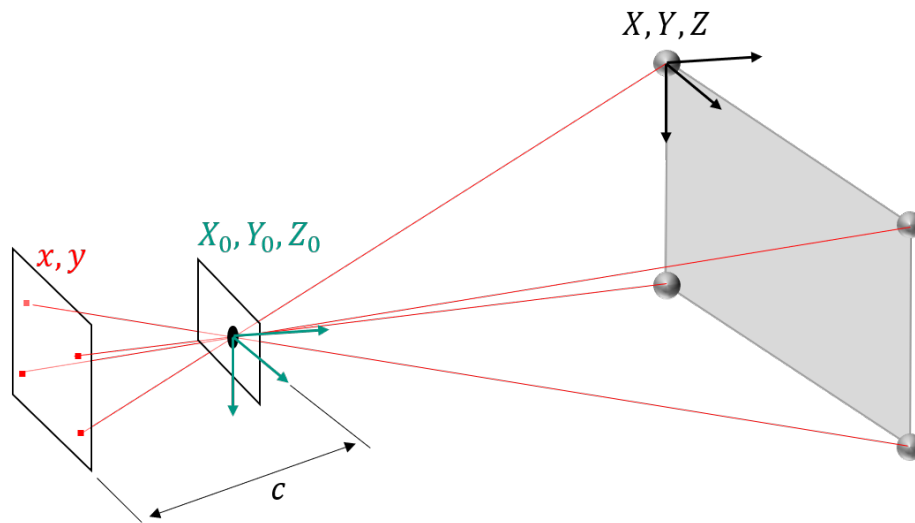


Abbildung 3: Darstellung des Lochkameramodells, das die Bildpunkte (x, y) mit den Objektpunkten (X, Y, Z) über die intrinsischen und extrinsischen Kameraparameter in Verbindung setzt.

4 Kamerakalibrieralgorithmus

Die hier zum Einsatz kommende photogrammetrische Methode ist ein Kamerakalibrieralgorithmus des Instituts für Mess- und Regelungstechnik (MRT) am KIT, der für die Kalibrierung von Stereo- und Multikamerasystemen eingesetzt wird [6]. Die Schätzung der intrinsischen und extrinsischen Kameraparameter erfolgt bei diesem Ansatz simultan. Dabei wird eine konventionelle Schachbrett-Kalibriermethode mit einem strukturlosen Kalibrieransatz kombiniert. Bei letzterem wird die Posenschätzung der Kameras anhand mehrerer, beliebig im Raum angeordneter Objekte durchgeführt. Als Marker sind vier mit Identifizierungs-codes versehene 2x1 Meter große Schachbrettmuster vorgesehen, die für die Aufnahmeserie des Kalibriervorgangs ortsfest bleiben (vgl. Abbildung 4a). Durch ihre Größe lassen sie sich in einem großen Raumbereich positionieren. Darüber hinaus wird ein dreidimensionales Kalibriermuster bestehend aus fünf pyramidenförmig angeordneten Schachbrettern verwendet (vgl. Abbildung 4b). Ihre dreidimensionale Anordnung erlaubt eine verbesserte Schätzung der intrinsischen Kameraparameter.

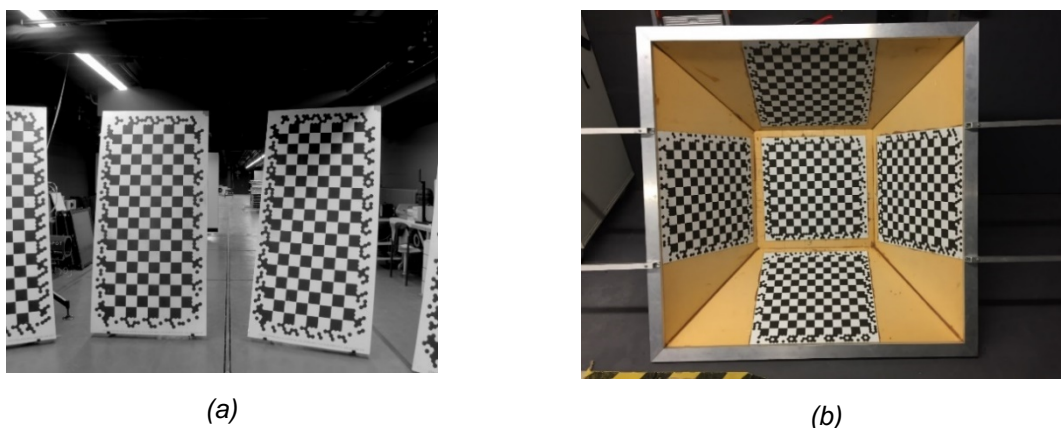


Abbildung 4: Kalibriermuster des Kamerakalibrieralgorithmus des MRT. Auf der linken Seite sind die 2x1 Meter großen Schachbrettmuster zu sehen, auf der rechten Seite die pyramidenförmig angeordneten Kalibriermuster zur besseren Schätzung der intrinsischen Kameraparameter.

5 Messaufbau

Vermessen werden soll die in Abschnitt 3 beschriebene geometrische Anordnung des LVK-Messsystems bestehend aus Goniometer, Messschirm und Messkamera. Für das Goniometer sollen die Lage und Orientierung der Rotationsachsen sowie die Orientierung der xyz-Achsen des Lineartisches bestimmt werden. Um im Folgenden klar differenzieren zu können, wird zwischen der fest am Goniophotometer verbauten *Messkamera* und der für den Justagevorgang verwendeten *Kalibrierkamera* unterschieden. Als Kalibrierkamera wird eine Leuchtdichtemesskamera der Firma TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH mit fünf Megapixeln und einem 8 mm Objektiv verwendet. Diese wird fest auf dem Drehtisch des Goniometers montiert. Die vier 2x1 Meter großen Schachbrettmuster werden entsprechend Abbildung 5 um das Goniometer angeordnet. Anschließend wird über einen Siemensstern die Schärfe der Kamera reguliert. Danach folgen die Kameramessungen entlang der fünf Goniometerachsen, mit deren Hilfe die Messsystemgeometrie ermittelt werden soll. Für eine ausreichend genaue Schätzung ist eine große Anzahl von Aufnahmen notwendig. Daher werden im Folgenden nicht alle Aufnahmepositionen beschrieben.

Für die Bestimmung der Lage und Orientierung der Rotationsachsen müssen Kameraposen aufgenommen werden, durch die ein Kreisfit gelegt wird dessen Normale der Lage der Achse entspricht. Die Kalibrierkamera muss sich daher in großem Abstand zur Rotationsachse befinden. In horizontaler Richtung wurden so Aufnahmen von $\pm 45^\circ$ und in vertikaler Richtung Aufnahmen von $\pm 30^\circ$ in je 5° Schritten erstellt. Der Rotationsbereich ergibt sich, aus der Position der vier 2x1 m großen Kalibriermuster. Für eine ausreichend gute Schätzung einer Pose sollten mindestens zwei große Schachbrettmuster in einem Kamerabild zu sehen sein. Einen Ausschnitt der Bilderserie für die Bewegung um die H-Achse ist in Abbildung 6 zu sehen.

Für die Bestimmung der Orientierung der Linearachsen ist eine lineare Regressionsanalyse durch die entlang der Achse gemessenen Kamerapositionen

ausreichend. Dabei wurde für jede Achse der maximal mögliche Bewegungsbereich abgedeckt und sieben Kamerapositionen mit je 10 cm Abstand angefahren. Außerdem wurde für 25 weitere Messungen je Kamera die in Abbildung 4b dargestellte Kalibrierpyramide in unterschiedlichen Positionen aufgenommen. Die Bilder der Kalibrierpyramide führen zu genaueren Schätzungen der intrinsischen Kameraparameter. Um schlussendlich den Zusammenhang zwischen Kalibrierkamera und Messschirm herzustellen, wurden in einem letzten Schritt für eine feste Position der Kalibrierkamera die Schachbrettmuster aufgenommen, sowie diese zur Seite gestellt und eine Aufnahme des Messschirms erstellt. Durch die 8 Schirmmarker aus Abbildung 2b und Abbildung 5 kann aus dieser Aufnahme die Lage und Orientierung des Messschirms mittels Rückwärtsschnitt berechnet werden. Diese Vorgehensweise ist notwendig, da die großen Schachbretter während des Kalibriervorgangs die Sicht zum Schirm versperren. Insgesamt konnten 136 Aufnahmen für die Kalibrierkamera erstellt werden. Für die Messkamera wurden ebenfalls 24 Aufnahmen erstellt.

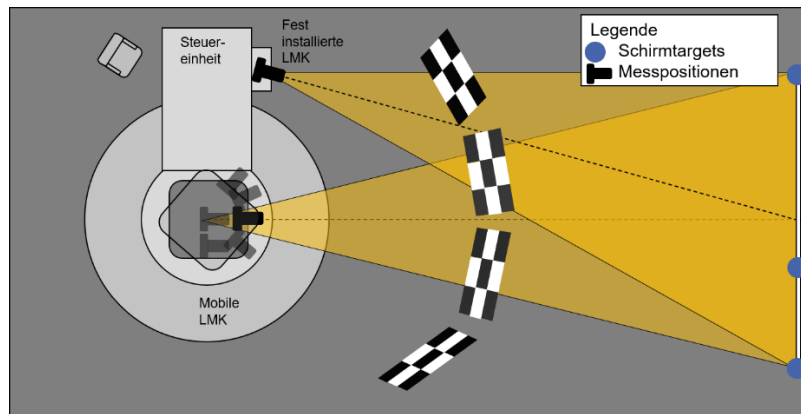


Abbildung 5: Setup des geometrischen Kalibriervorgangs mittels Kamerakalibrieralgorithmus.

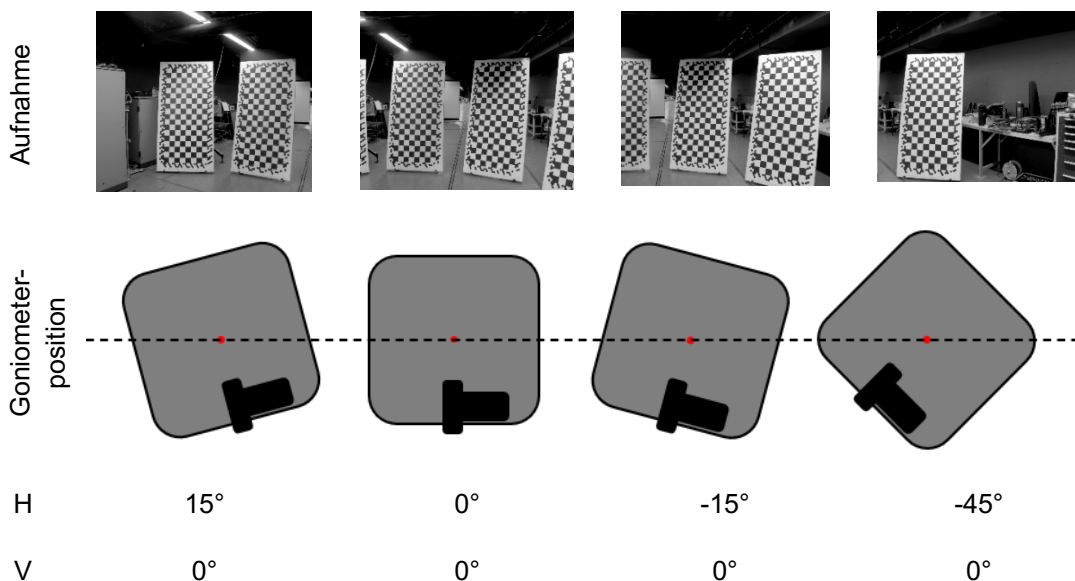


Abbildung 6: Beispiele aus der Aufnahmeserie der H-Achse.

6 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 7 zeigt die über den Kamerakalibrieralgorithmus rekonstruierte Messsystemgeometrie. Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass alle Achsen des Goniometers und der Abstand zum Schirm bestimmt werden konnten. Zur Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse werden die Lage und Orientierung der für das Goniophotometer berechneten Achsen untersucht. Hierzu listet Tabelle 1 die Ergebnisse der geometrischen Messsystemanalyse auf (IST).

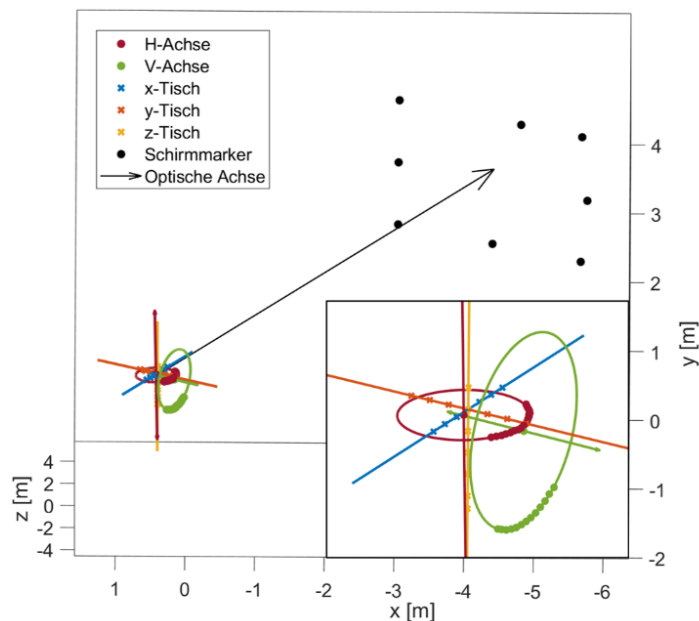


Abbildung 7: Darstellung der rekonstruierten Messsystemgeometrie über Bündelblockausgleich.

Tabelle 1: Ergebnisse der geometrischen Messsystemanalyse mittels Bündelblockausgleichsrechnung.

	SOLL (ideal)	IST (Messwert)	Differenz
Achsschiefelage von H- und V-Achse	90°	88,35°	1,65°
Achsabstand von H- und V-Achse	0 mm	18,4 mm	18,4 mm
Winkel zwischen x- und y-Achse	90°	89,52°	0,48°
Winkel zwischen x- und z-Achse	90°	89,95°	0,05°
Winkel zwischen y- und z-Achse	90°	89,63°	0,037°
Messdistanz	10000 mm	9979,0 mm	21 mm

Die Lage der Linearachsen wurden dabei mittels Singulärwertzerlegung aus den geschätzten Kamerapositionen berechnet. Für die Drehachsen wurde jeweils ein Kreis durch die geschätzten Kamerapositionen gefittet und die Normale durch den Kreismittelpunkt als Achse angenommen. Ebenfalls angegeben sind die Achslagen des Idealsystems (SOLL). Dabei sollte beachtet werden, dass auch diese Werte unsicherheitsbehaftet sind. An der Differenz zwischen IST- und SOLL-Werten aus Tabelle 1 ist zu erkennen, dass für ein „Proove-of-Concept“ die geometrische Messsystemjustage mittels Bündelblockausgleich erfolgreich ist. Der Kamerakalibrieralgorithmus mit nachgeschalteten Achsenfits kann die Messsystemgeometrie erfolgreich rekonstruieren. Dennoch ergeben sich Abweichungen zwischen IST- und SOLL-Werten. Die photogrammetrisch bestimmte Messdistanzabweichung von 21 mm zum Idealsystem liegt beispielsweise deutlich außerhalb des Toleranzbereichs einer einfachen Laserentfernungsmessung von 1 mm. Die einflussreichste Ursache liegt hier vermutlich in der Verwendung des Rückwärtsschnitts. Neben den Unsicherheiten der Kamerapositionsbestimmung aus dem Bündelblockausgleich fließen hier die Unsicherheit der Detektion der Schirmmarker mit ein. Weitere große Abweichungen ergeben sich bei der Betrachtung der Rotationsachsen. Ein Achsabstand von 18,4 mm bzw. eine Achsschiefelage von $1,65^\circ$ kann durch Betrachtung des Goniometers mit bloßem Auge ausgeschlossen werden. Die Ursache dieser großen Abweichung vermuten wir in der zur Analyse der Achsen verwendeten Methode. Da es sich um Rotationsachsen handelt, ist eine Berechnung über Kreisfits notwendig. Da allerdings nur Kamerapositionen in einem Winkelbereich von 90° für die H-Achse, und 60° für die V-Achse zur Verfügung standen verringert dies die Genauigkeit des Kreisfits deutlich. Abbildung 8 veranschaulicht diese Problematik. Dort werden die Kreisfits mit Ellipsenfits durch die selben Kameraposen verglichen, wobei sich deutliche Abweichung der Mittelpunkte ergeben. Eine Bestimmung der Rotationsachsen sollte daher aus Messpositionen erfolgen, die möglichst den vollständigen Bewegungsradius erfassen.

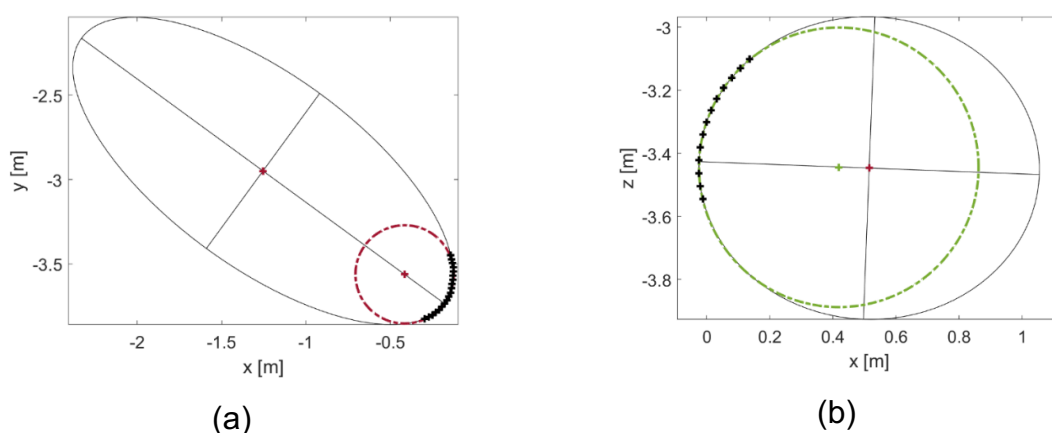


Abbildung 8. Kreis- und Ellipsenfits durch die Kamerapositionen zur Bestimmung (a) der H-Achse und (b) der V-Achse des Goniophotometers.

Zuletzt soll die Posenbestimmung des Algorithmus untersucht werden. Diese ist prinzipiell von vielerlei Faktoren abhängig. Neben der Übereinstimmung von Kamera und Kameramodell sind das unter anderem die Kameraauflösung, Objektivigenschaften, Unsicherheit der Muster und Lichtverhältnisse. Eine Möglichkeit zur Analyse des Kalibrierverfahrens ist der Rückprojektionsfehler, der aber an dieser Stelle nicht weiter bestimmt wurde. Vielmehr wurde die Genauigkeit der Positionsbestimmung über die xyz-Achsen untersucht, indem die Abstände der Kamerapositionen zum Achsenfit analysiert wurden. Abbildung 9a zeigt die betragsmäßigen Abweichungen der xyz-Achsen zu den Messpositionen. Abbildung 9b gibt darüber hinaus die Richtung dieser Abweichung im Bezug zur Achse an. Wird angenommen, dass die Linearachsen ohne Spiel sind und sich tatsächlich nur linear bewegen, lässt sich die Genauigkeit der Posenbestimmung an dieser Stelle, unter Annahme normalverteilter Ausgangsgrößen für eine 95% Überdeckung unter Vernachlässigung der Raumrichtung entlang der Achse, auf $\pm 0,93\text{mm}$ in der einen bzw. $\pm 1,15\text{mm}$ in der anderen Raumrichtung bestimmen. Diese Angaben entsprechen jedoch nur einer Näherung, da lediglich die Abweichung einzelner Messpunkte nicht aber das Modell an sich berücksichtigt wird.

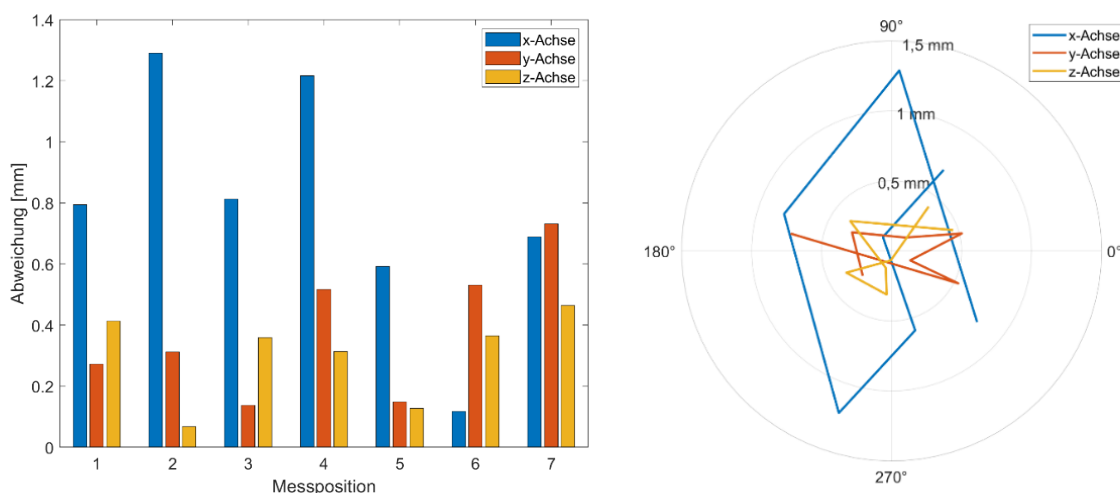


Abbildung 9: Abweichung der bestimmten Kamerapositionen von den Achsenfits der x-, y- und z-Achse.

7 Zusammenfassung

Die geometrische Justage eines LVK-Messsystems mittels photogrammetrischer Methoden ist möglich. Die Ursache der in den Ergebnissen erhaltenen Abweichungen zwischen Idealsystem und gemessenen Parametern liegen darin, dass das hier verwendete Verfahren auf Basis des Bündelblockausgleichs nicht auf die geforderte Aufgabenstellung optimiert wurde. Unter diesen Umständen entsprechen die Ergebnisse vollständig den Erwartungen. Um einen photogrammetrischen Ansatz zur geometrischen Justage weiter zu verfolgen, müssen daher weitere Schritte bedacht werden. Zuerst ist eine Analyse bezüglich der Messgenauigkeit durchzuführen, mit der

die geometrischen Messsystemparameter bestimmt werden. An dieser Stelle sollte auch analysiert werden, ob die Präzision des verwendeten Goniometers GOH-1660 überhaupt notwendig ist. Im Anschluss kann dann ein photogrammetrisches Verfahren gesucht werden, das die hier aufgetretene Problematik bei der Rotationsachsenbestimmung mittels Kreisfits umgeht. Gegebenenfalls ist es sogar möglich die Lichtquellenorientierung bei einer Messung direkt über photogrammetrische Methoden zu bestimmen und damit eine Kenntnis über die Lage der Rotationsachsen überflüssig zu machen. Methoden des Bündelblockausgleichs können darüber hinaus auch noch weitaus präziser werden, wie andere Veröffentlichungen zeigen [8, 9].

Literatur

- [1] C. Schwanengel, *Comparison of techniques for measuring luminous intensity distribution overall and across segments*. [Online]. Verfügbar unter: http://www2.technoteam.de/rigo801/documents/LID_Measurements.pdf.
- [2] M. Katona, K. Trampert, C. Neumann und C. Schwanengel, „Systemanalyse eines bildgebenden LVK Messsystems mittels Monte Carlo Simulation“ (de), 2019, doi: 10.22032/dbt.39606.
- [3] *DIN 1319-1:1995-01, Grundlagen der Meßtechnik_ - Teil_1: Grundbegriffe*, Berlin.
- [4] J. Feßler, M. Katona, K. Trampert und C. Neumann, „Rückwärtsschnitt zur geometrischen Kalibrierung einer kamerabasierten Goniometermesstechnik für hochauflösende Lichtstärkeverteilungen“ (de), 2019, doi: 10.22032/dbt.39604.
- [5] M. Katona, J. Fessler, L. Sayanca, K. Trampert, C. Neumann und C. Schwanengel, „Geometrische Kalibrierungsmethode einer kamerabasierten Goniometermesstechnik für hochaufgelöste Lichtstärkeverteilungen im Fernfeld“ in *LICHT2018*, Davos, 2018.
- [6] T. Strauss, J. Ziegler und J. Beck, „Calibrating multiple cameras with non-overlapping views using coded checkerboard targets“ in *2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Qingdao, China, 08.10.2014 - 11.10.2014, S. 2623–2628, doi: 10.1109/ITSC.2014.6958110.
- [7] T. Luhmann, *Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen*, 3. Aufl. Berlin: Wichmann VDE-Verlag, 2010.
- [8] J. Beck, „Camera Calibration with Non-Central Local Camera Models“, 2021.
- [9] J. Beck und C. Stiller, „Generalized B-spline Camera Model“ in *2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Changshu, 26.06.2018 - 30.06.2018, S. 2137–2142, doi: 10.1109/IVS.2018.8500466.