

Technische Universität Ilmenau  
Fakultät für Maschinenbau  
Fachgebiet Qualitätssicherung und Industrielle Bildverarbeitung  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Gunther Notni

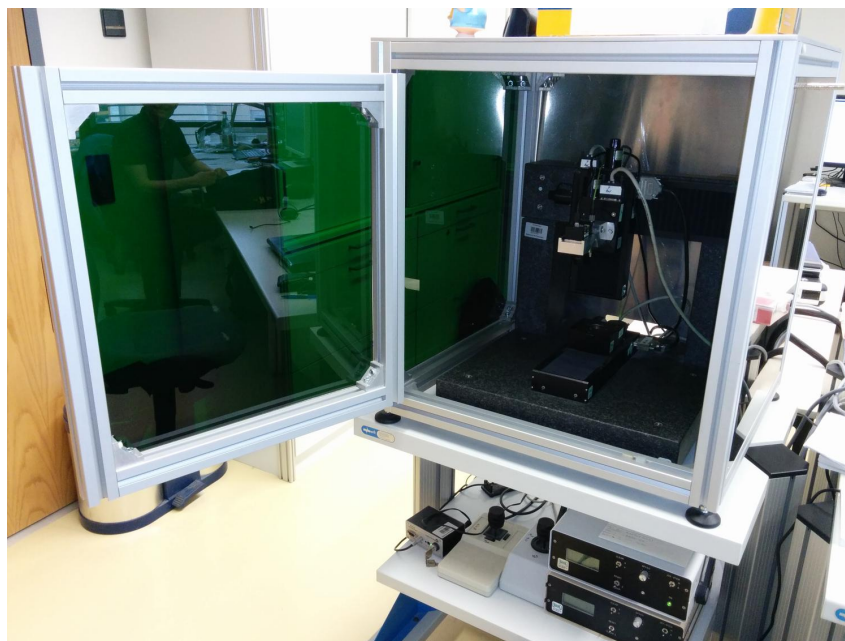
# Anleitung Linienscanner

Benjamin Buch

6. September 2016

**Autor** Benjamin Buch  
**Telefon** 03677 / 69 - 3975  
(Betreuer Dr.-Ing. Andreas Breitbarth)  
**E-Mail** benni.buch@gmail.com  
(andreas.breitbarth@tu-ilmenau.de)

Der Linienscanner ist ein Messgerät zur 3D-Rekonstruktion. Der Arbeitsplatz besteht aus dem Messgerät und einem PC mit Monitor, Maus und Tastatur. Das Messgerät bestehend aus einem Linienlaser, einer 8-Bit-Grauwert-Kamera, sowie einem XYZ-Verschiebetisch mit 2 Drehachsen, welche durch 2 MCL Boxen angesteuert werden.



## 1 Begriffe und Definitionen

Im vorliegenden Dokument werden 2D-Koordinaten mit Kleinbuchstaben ( $x$ ,  $y$ ) bezeichnet. Für 3D-Koordinaten werden Großbuchstaben ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) verwendet.

## 2 Einschalten

Als Erstes sollte der PC eingeschaltet werden, da das Hochfahren aufgrund der alten Hardware recht lange dauert. Das Login erfolgt über den Gast-Account.

Das Messgerät wird über einen Steckdosen-Verteiler, welcher sich hinter dem Gerät am Boden befindet mit Strom versorgt. Ausgenommen hiervon ist die Kamera, welche ihren Strom per USB bezieht.

Für den Fall, dass Messgerät und PC noch nicht verbunden wurden, erfolgt nachfolgend die Beschreibung des Anschließens. Mit dem PC verbunden sind nur die MCL-Boxen sowie die Kamera. Der Linienscanner kann ausschließlich von Hand am Gerät bedient werden. Die untere MCL-Box steuert den Verschiebetisch in  $X$ ,  $Y$  und  $Z$ , die obere Box ist für die beiden Drehachsen verantwortlich. Zu beachten ist, dass die drehende Box von der Software nicht angesteuert wird, sie muss also nicht angeschlossen werden.<sup>1</sup>

Von den MCL Boxen führt je ein Kabel mit serieller Schnittstelle zum PC. Um das Anschließen zu vereinfachen, werden die Kabel auf einen 2-fach Serial-zu-USB-Adapter angesteckt. Ein weiteres USB-Kabel führt von der Kamera zum PC. Der PC ist also letztlich über 2 USB-Kabel mit der Hardware des Messgeräts verbunden.

Nachdem das System hochgefahren wurde und Sie sich im Gast-Account eingeloggt haben, muss das Messprogramm »linescan« gestartet werden.

## 3 Hardware

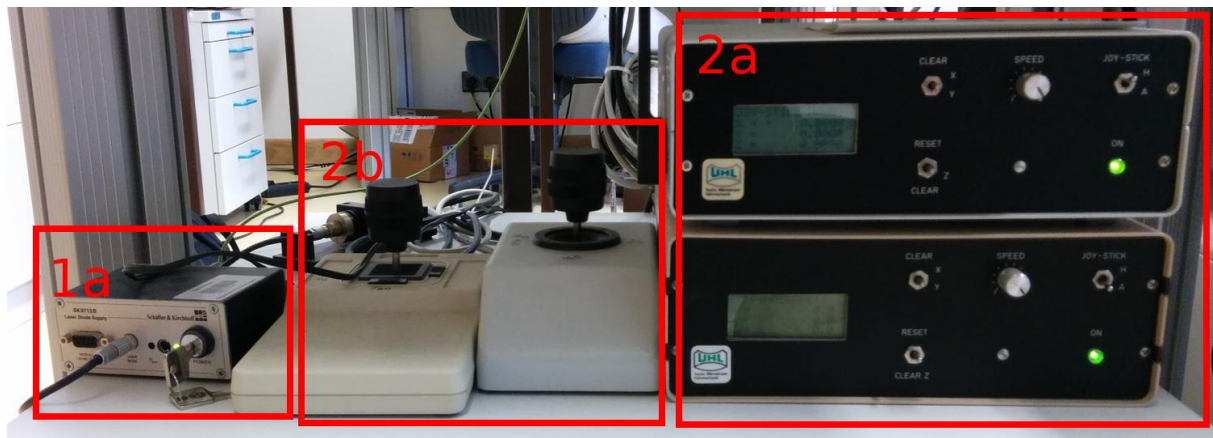


Abbildung 1: Steuerhardware

<sup>1</sup> Die Drehachsen sind für den Messvorgang nicht notwendig und besitzen in Kalibrierrichtung keine Endschalter, wodurch ihre Absolutposition nicht bestimmt werden kann. Daher wurden sie aus der Messsoftware wieder entfernt.

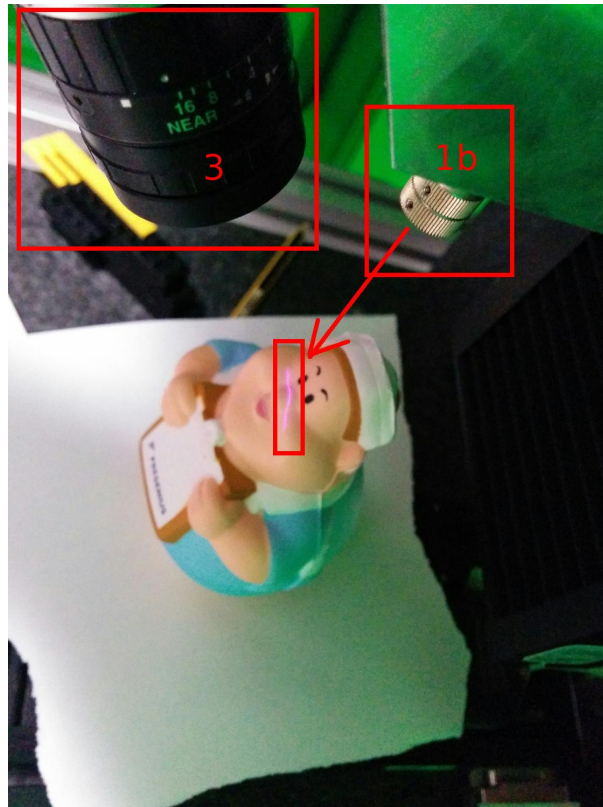


Abbildung 2: Hardware im Gehäuse

### 3.1 Linienlaser (1)

Über die kleine Box mit dem Schlüssel (1a) kann der Linienlaser (1b) an- und ausgeschaltet werden.

### 3.2 MCL Boxen (2)

Die MCL-Boxen (2a) können wahlweise per PC (A-Stellung) oder per Joystick (2b, H-Stellung) gesteuert werden. Will man die Z-Achse per Joystick steuern, muss man den Steuerknüppel drehen. Im Messbetrieb ist immer die Steuerung per PC nötig.

### 3.3 Kamera (3)

Die Kamera wird ausschließlich von der Messsoftware am PC angesteuert.

## 4 Messsoftware

### 4.1 Kalibriermodus

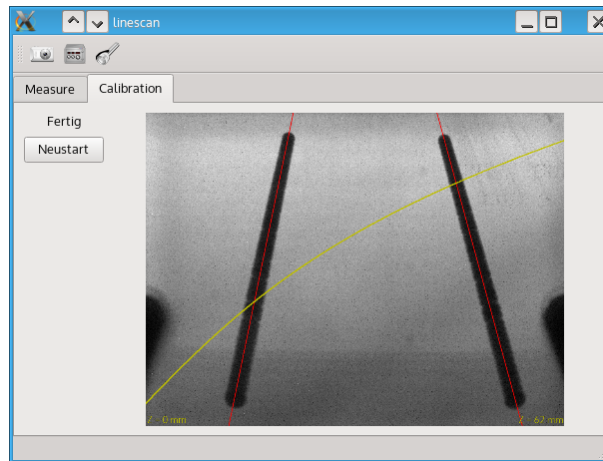


Abbildung 3: Ergebnis einer Kalibrierung

Im Kalibriermodus erfolgt die Kalibrierung des Systems. Messungen können erst durchgeführt werden, wenn eine gültige Kalibrierung existiert. Die Kalibrierung wird auf der Festplatte gespeichert.

### 4.2 Messmodus

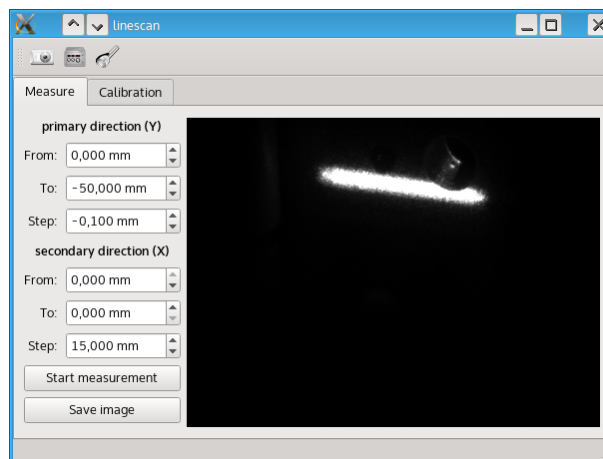


Abbildung 4: Messmodus

Der Messmodus ist die Hauptkomponente des Programms. Dem Prinzip eines Linienscanners folgend, wird für die Messung ein Bild mit der Laserlinie auf dem Messobjekt aufgenommen. Das Bild wird in eine Liste von Punkten in der xy-Ebene der Kamera umgewandelt. Entsprechend der Kalibrierung werden diese 2D-Punkte in 3D-Punkte transformiert und mit der aktuellen XYZ-Position des Verschiebetisches (MCL) addiert. Anschließend fährt der Verschiebetisch an die nächste Position, wo sich der Vorgang wiederholt.

Die Laserebene ist dabei identisch zur XZ-Ebene. Entsprechend erfolgt die Messung primär entlang der Y-Achse. Um Objekte zu messen, welche breiter als die Laserlinie sind, kann die sekundäre Richtung entlang der X-Achse erfolgen. Wurde das Messfeld in Y-Richtung komplett durchlaufen, fährt der Tisch

an die Y-Startposition und verschiebt das Objekt entsprechend der X-Richtung. Dann wiederholt sich der Messvorgang in Y-Richtung.

Wurde das Messfeld komplett abgefahren, oder die Messung manuell unterbrochen, kehrt der Tisch in die Startposition zurück und speichert das gemessene Objekt als ASCII-Punktwolke auf der Festplatte. Der Dateiname wird für ein paar Sekunden in der Statusleiste des Programms angezeigt.

### 4.3 MCL

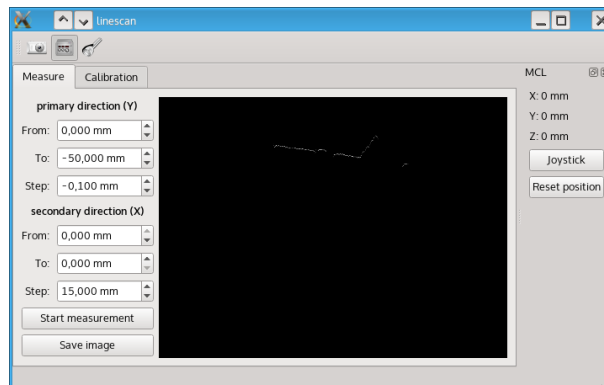


Abbildung 5: MCL

Das MCL-Dock kann über den entsprechenden Toolbar-Button ein- und ausgeblendet werden. Hier werden die aktuellen Positionen des XYZ-Verschiebetisches angezeigt. Die Position kann hier genullt werden. Außerdem kann die Joysticksteuerung softwareseitig aktiviert werden.

**Achtung:** Eine manuelle Umschaltung an der Box kann zu Inkonsistenzen führen, welche eine falsche Skalierung der Messung zur Folge haben!

### 4.4 Bildeinzug

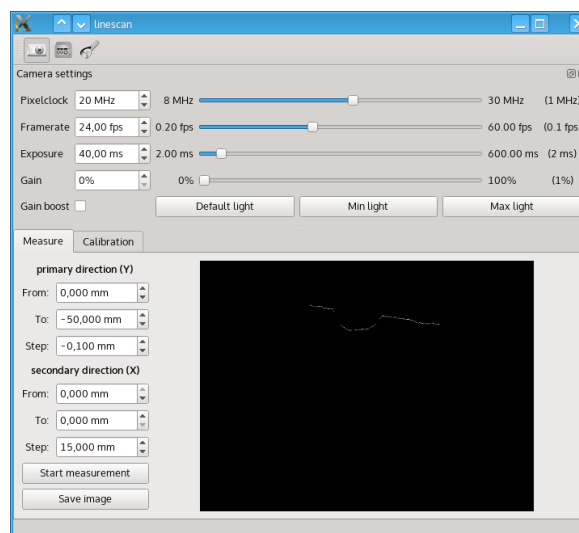


Abbildung 6: Bildeinzug

Das Kamera-Dock kann über den entsprechenden Toolbar-Button ein- und ausgeblendet werden. Hier sind alle Einstellungen zum Bildeinzug zu finden. Über die drei Buttons kann eine Schnelleinstellung erfolgen.

## 4.5 Linienberechnung

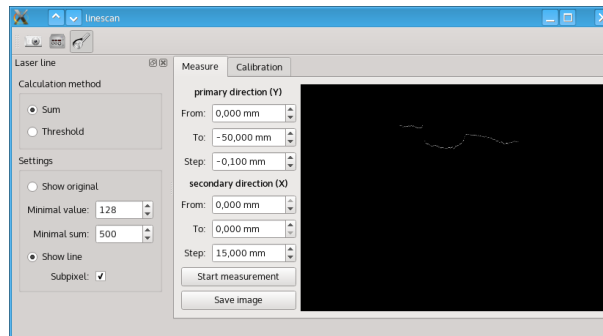


Abbildung 7: Linienberechnung

Das Linien-Dock kann über den entsprechenden Toolbar-Button ein- und ausgeblendet werden. Hier kann primär die Methode zur Detektion der Linie im Bild gewählt werden. Darunter kann der gewählte Algorithmus parametrisiert werden. Zur besseren Veranschaulichung können die einzelnen Schritte der Algorithmen durch Auswahl des entsprechenden Radio-Buttons dargestellt werden.



## 5 Kalibrierung

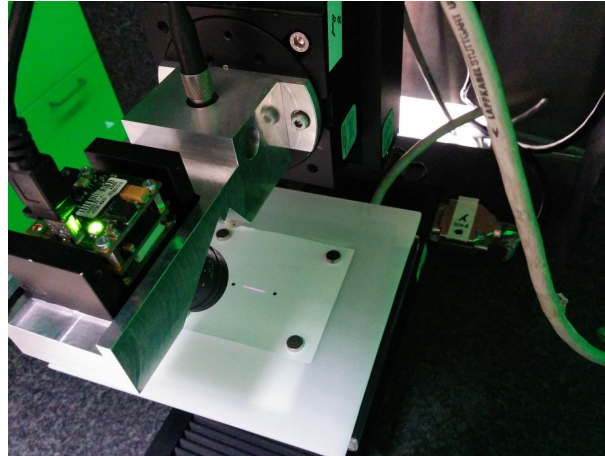


Abbildung 8: Kalibriertarget

Die Kalibrierung erfolgt in drei Schritten.

Als Erstes wird das Kalibriertarget als Messobjekt eingelegt. Die Z-Achse muss nach ganz unten gefahren werden. Dann wird der Linienlaser angeschaltet. Die Linie sollte zwischen den beiden Kreisen liegen. Am PC wird die Linie erkannt und ihr Winkel berechnet. Mit dem Joystick für die Drehachsen wird der Laser so ausgerichtet, dass die Linie einen Winkel von annähernd  $0^\circ$  hat. Dann wird der Button gedrückt.

Jetzt sucht das Programm nach den beiden Kreisen des Kalibriertargets. Dafür muss zunächst der Linienlaser ausgeschaltet werden. Nun ist das Bild deutlich zu dunkel, daher wird im Kamera-Dock die der Button für die maximale Helligkeit gedrückt. Die beiden Kreise müssen sich im unteren Bildviertel befinden. Das Kalibriertarget muss von Hand so ausgerichtet werden, dass sich wiederum ein Winkel von annähernd  $0^\circ$  ergibt. Auch dies ist durch einen Klick auf den Button zu bestätigen.

Nun fährt der Verfahrtsch in Z-Richtung nach oben, bis die Kalibriertarget-Kreise vom oberen Bildrand weniger weit entfernt sind, als sie es vom unteren waren. Für jede Position werden die xy-Position der Kreismittelpunkte im Kamerabild sowie der Z-Koordinate des Verfahrtsch aufgenommen.

Ist der Verfahrprozess abgeschlossen, erfolgt die Auswertung der aufgenommenen Daten. An die Positionen der Target-Punkte wird jeweils eine lineare Funktion angefitet. Die linke Linie wird als Nullposition im Objektkoordinatensystem definiert. Der Abstand der beiden Funktionen ergibt die Umrechnung von Pixeln im mm anhand der y-Koordinate im Bild.

Da die Linien zwischen den beiden Kreisen nicht exakt  $0^\circ$  zur x-Richtung des Kamerabildes haben, wird die y-Koordinate in der Bildmitte bzgl. der x-Richtung berechnet. Dann wird diese y-Koordinate der Bilder, mit der aufgenommenen Z-Koordinate des Verfahrtsch zu einer Menge von Punkten kombiniert. An diese wird ein Polynom Dritten Grades angefitet. Damit kann die y-Koordinate des Bildes fortan direkt in die Z-Koordinate des Objektkoordinatensystems überführt werden.

Als Kalibrierung ergibt sich somit:

$$X = X_{MCL} + \frac{x - left\_line(y)}{right\_line(y) - left\_line(y)} \cdot 25mm \quad (1)$$

$$Y = Y_{MCL} \quad (2)$$

$$Z = Z_{MCL} + y\_to\_Z(y) \quad (3)$$