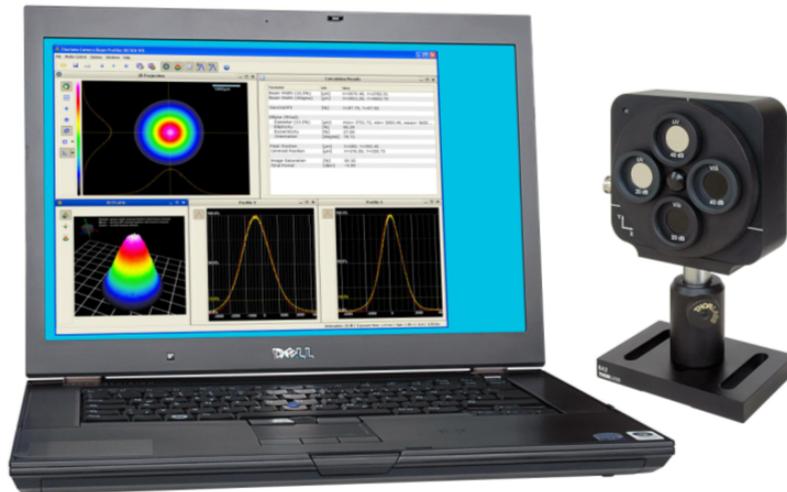


Benutzerhandbuch

Thorlabs Messgeräte

Camera Beam Profiler BC106-UV, BC106-VIS



M² Erweiterungsset BC1M2-150, BC1M2-300



2010

THORLABS

Version: 3.1
Datum: 15.09.2010

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Kapitel I Allgemeine Informationen	5
1 Sicherheit	5
Kapitel II Erste Schritte	7
1 Bestellnummern und Zubehör	7
2 Nach dem Öffnen	7
3 Vorbereitungen	7
4 Bedienelemente	8
Aufbau und Sensorposition	8
Filterrad	9
Anschlüsse	11
Triggereingang	12
Kapitel III Betrieb des Beam Profilers	15
1 Systemanforderungen	15
2 Installation	15
Software-Installation	15
Verbinden mit dem Computer	22
Starten der Software	24
3 Die Benutzeroberfläche	27
Überblick	27
Fensteranordnung	33
2D Projektion	34
3D Profil	39
X,Y Profile	41
Ergebnisse der Berechnungen	42
Plots	43
Test	44
Positionen	45
Speichern der Einstellungen	47
4 Messung mit dem BC106	47
Betrieb des Messgeräts	48
Geräteeinstellungen	52
Programmeinstellungen	60
Leistungskorrektur	66
Umgebungslichtkorrektur	67
Messergebnisse	70
Speichern der Messergebnisse	72
Leistungsbereich	78
Gepulste Laserquellen	79
Kapitel IV Strahlqualitätsmessung	87
1 Theorie zu M^2	90
2 BC1M2 Erweiterungset zur M^2 -Messung	93
Mechanischer Aufbau, Zubehör	94
Elektrische Verbindungen	98
Wahl von Fokus- und Verschiebetischlänge	100

Berechnung von Fokus- und Verschiebetischlänge	101
3 Messungen	103
Initialisierung	103
Strahlausrichtung	105
M²-Messung	110
Fensterdarstellung	110
Einstellungen	113
Durchführen einer Messung	117
Auswerten der Ergebnisse	119
Fehlerdiagnose	121
Divergenz-Messung	122
Fensterdarstellung	122
Einstellungen	125
Durchführen einer Messung	127
Auswerten der Ergebnisse	128
4 Zusätzliche Anwendungshinweise	130
Kapitel V Computerschnittstelle	134
1 Bibliotheken	134
Kapitel VI Wartung und Reparatur	142
1 Version und weitere Informationen	142
2 Warnungen und Fehler	142
3 Reinigung	144
4 Troubleshooting	145
Kapitel VII Anhang	148
1 Garantie	148
2 Zertifikate und Prüfzeichen	148
3 Technische Daten	150
4 Wellenlängenabhängigkeit	152
5 Zeichnungen	155
6 Thorlabs Entsorgungrichtlinien (WEEE)	157
Müllentsorgung in eigener Verantwortung	157
Ökologischer Hintergrund	157
Kapitel VIII Listen	159
1 Liste der Abkürzungen	159
2 Liste mit Symbolen	159
3 Zubehör	160
4 Adressen	161
Kapitel IX Anmerkung zur Anwendung	164
1 Strahlbreite und Clip Level	164
2 Strahlellipse	165
Index	166

Wir sind stets bemüht, die bestmöglichen Lösungen für Ihre Anwendungen im Bereich der optischen Messtechniken zu entwickeln und zu produzieren. Sie können uns dabei mit Ihren Ideen und Vorschlägen helfen, damit wir Ihre Erwartungen bei der Produktentwicklung berücksichtigen. Lassen Sie uns mögliche Kritik und Ideen wissen! Wir und unsere internationalen Partner freuen uns von Ihnen zu hören.

Thorlabs GmbH

Dieser Teil des Handbuchs enthält spezielle Hinweise auf die Handhabung und Benutzung des BC106 Camera Beam Profilers. Nach einer allgemeinen Beschreibung folgen Erklärungen, wie eigene Programme mit den bereitgestellten C++-Bibliotheken (*.dll) und den Direct Show-Filtern (*.ax) geschrieben werden können.

A general description is followed by explanations of how to write own programs using the supplied c++ libraries (*.dll) and direct show filters (*.ax).

Achtung

Dieses Handbuch enthält in dieser Form gekennzeichnete "Warnung"- und "Achtung"-Hinweise, um den/die Benutzer auf Gefahren für Personen bzw. mögliche Schädigungen des Geräts hinzuweisen.

Bitte lesen Sie diese Ratschläge sorgfältig!

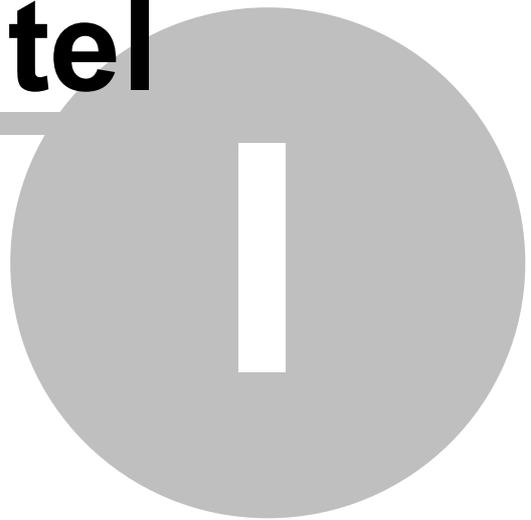
Anmerkung

Dieses Handbuch enthält außerdem Notizen und Tipps, die in dieser Form geschrieben sind.

Allgemeine Informationen

BC100

Kapitel



1 Allgemeine Informationen

Dieses Kapitel enthält allgemeine Informationen über Sicherheit, Garantie und Entsorgung des Beam Profilers.

1.1 Sicherheit

Achtung

Alle Angaben, die die Betriebssicherheit und die technischen Daten in diesem Einführungshandbuch betreffen, sind nur gültig, wenn das Gerät in seinen für ihn vorgesehenen Betrieb bedient wird.

Vor dem Einschalten des Computer, der für den Betrieb des Beam Profilers benutzt wird, stellen Sie sicher, dass die schützende Leitung der drei Stromleiter einwandfrei mit dem schützenden Massenkontakt der Anschlussdose verbunden ist. Unvorschriftsmäßige Erdung kann elektrische Schocks mit Schädigungen Ihrer Gesundheit verursachen oder sogar zum Tode führen.

Der BC106 darf nicht in explosionsgefährdeten Umgebungen betrieben werden.

Das Messgerät darf nur mit einem ordnungsgemäßen und von Thorlabs gelieferten Niedrigwiderstand-USB-Kabel betrieben werden.

Decken Sie den Beam Profiler nicht ab, da sonst eine Gefahr der Überhitzung besteht.

Nur mit schriftlicher Einwilligung von Thorlabs dürfen Änderungen an einzelnen Komponenten durchgeführt und nicht von Thorlabs gelieferte Komponenten benutzt werden.

Dieses Präzisionsgerät ist nur transportfähig, wenn es ordnungsgemäß in der vollständigen Originalverpackung verpackt ist. Falls notwendig, fragen Sie nach Ersatzverpackungen.

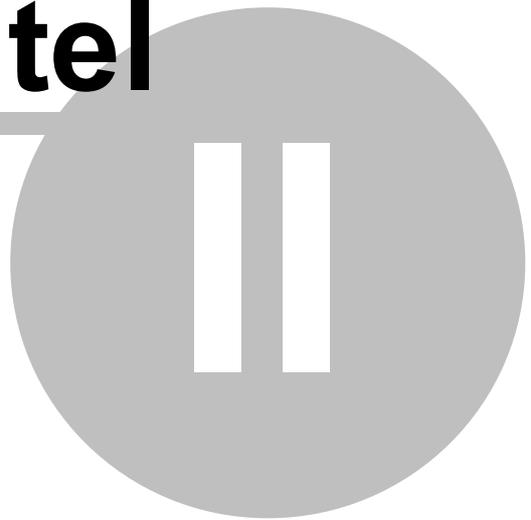
Seien Sie äußerst vorsichtig, wenn Sie einen der vier Filterhalter von dem Filterrad entfernen, sie dienen auch als Staubschutz. Vermeiden Sie jegliche Art von Staub, die in die Kameraapertur eindringen kann.

Stecken Sie nichts in die Apertur des Beam Profiler, Sie könnten den Bildsensor beschädigen, da auf diesem kein Schutzglas aufgebracht ist.

Erste Schritte

BC100

Kapitel



2 Erste Schritte

Der Abschnitt "Erste Schritte" zeigt, wie der Beam Profiler aufgebaut und danach in Betrieb genommen wird. Eine detailreichere Beschreibung aller Eigenschaften ist in den folgenden Abschnitten gegeben.

2.1 Bestellnummern und Zubehör

Bestellnummer	Kurzbeschreibung
BC106-UV	CCD Camera Beam Profiler, 190 - 350 nm*
BC106-VIS	CCD Camera Beam Profiler, 350 - 1100 nm

Besuchen Sie uns unter <http://www.thorlabs.com> für weitere Informationen.

* Die Lumigen-Beschichtung erlaubt eine Empfindlichkeit bis 1100 nm, zeigt allerdings eine höhere Ungleichmäßigkeit und ein höheres Rauschen im Vergleich zum unbeschichteten BC106-VIS.

Der Wellenlängenbereich der mitgelieferten UV ND-Filter beginnt ab 220 nm.

2.2 Nach dem Öffnen

Untersuchen Sie die Verpackung auf Schäden. Falls der Transportbehälter einen Schaden zu haben scheint, werfen Sie ihn nicht weg, bis Sie den Inhalt und insbesondere den Kamera Beam Profiler mechanisch und elektrisch untersucht haben.

Überprüfen Sie ob Sie folgende Einzelteile erhalten haben:

- 1 BC106 Camera Beam Profiler-Messgerät mit einem montierten Filterrad
 - 4 Dämpfungsfiler, siehe [Filterrad](#)^[9]
 - 4 Filterkappen vor den Filtern
- 1 USB 2.0 Cable A to Mini B, Länge 2 m
- 1 Distribution CD-ROM
- 1 BC106 Benutzerhandbuch
- 1 SM1BC Adapter

2.3 Vorbereitungen

1. Installieren Sie die Camera-Beam-Profiler-Software auf Ihren Computer, wie es in der Software Installation beschrieben ist.
2. Schließen Sie die Kamera mit dem mitgelieferten USB-Kabel an den Computer ([Verbinden mit dem Computer](#)^[22]).
3. Entfernen Sie die aufgeschraubten Filterkappen auf den Neutralfiltern.
4. Drehen Sie das Filterrad so, dass sich der optische Filter mit den höchsten Verlusten (40 dB) vor der Kameraapertur befindet. Die Kamera liegt direkt hinter dem untersten Dämpfungsfiler. Das schützt vor Schädigungen des Kamerasensors.
5. Stellen Sie den Kamera Beam Profiler so auf, dass der zu vermessende Strahl die Blende trifft. Vergewissern Sie sich, dass die Lichtquelle nicht die erlaubten optischen Leistungen des Beam-Profilers überschreitet. Weitere Details finden

Sie unter [Auslegungsbereich](#)^[78].

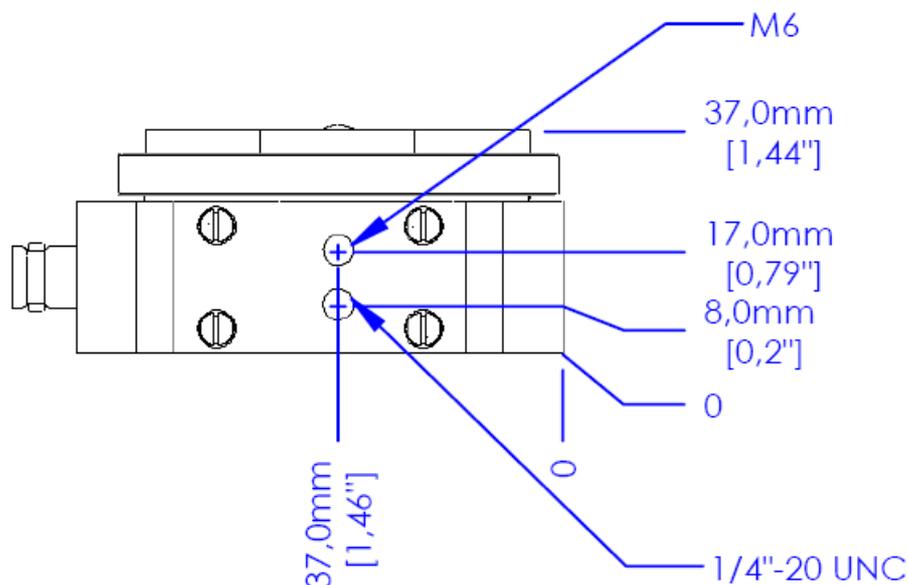
Achtung

Bitte installieren Sie zunächst die Software bevor die das Messgerät an den Computer über die USB-Schnittstelle anschließen. Verwenden Sie nur das mitgelieferte High-Speed-USB-Kabel (USB 2.0), keine USB-1.1-Kabel oder dünnprofiligen Kabel. Diese können zu einem erhöhten Widerstand und somit zu Übertragungsfehlern und/oder einem fehlerhaften Messbetrieb führen!

2.4 Bedienelemente

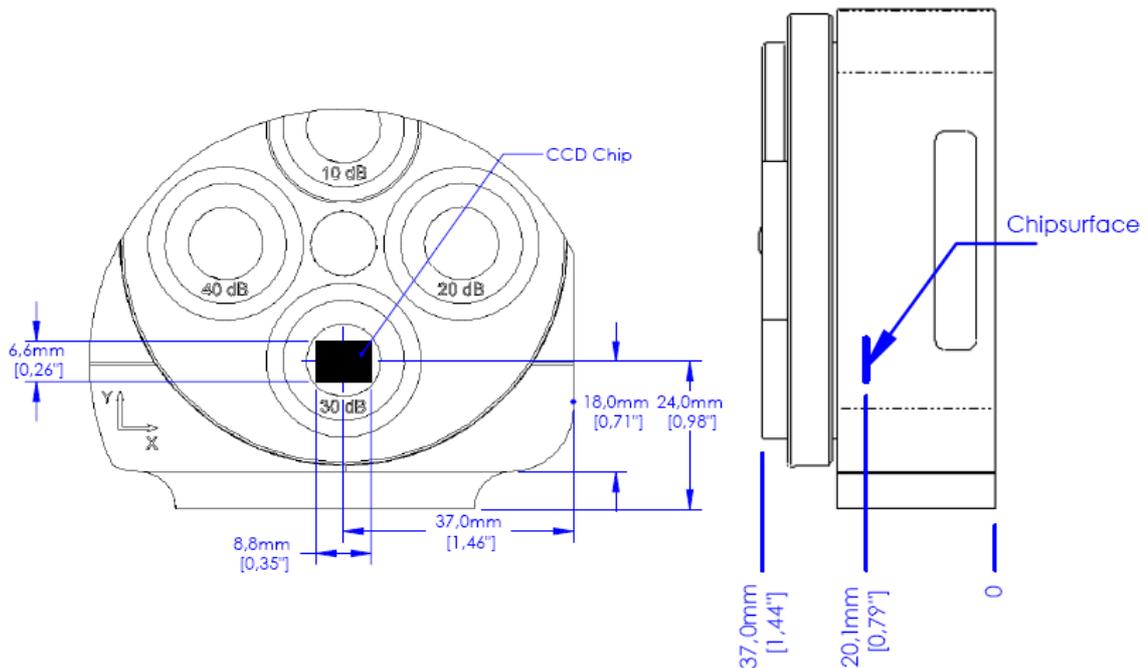
2.4.1 Aufbau und Sensorposition

Auf der Unterseite des Beam Profilers befinden sich zwei verschiedene Gewinde zur Befestigung, M6 (metrisch, vorne) und UNC8-32 (zöllig, hinten).



Befestigen Sie den Beam Profiler mit Hilfe eines Thorlabs Posts, einem Post-Halter und einer Platte auf eine Lochrasterplatte ("Breadboard"). Für mehr Informationen schauen Sie unter [Zubehör](#)^[160].

Die folgende Zeichnung zeigt die Position des Sensors in Bezug zu den Umrandungen des Beam Profilers:



Der Sensor ist bezüglich der Löcher der Befestigungsplatte zentriert, seine Tiefe wird von der Frontseite des Filterhalters gemessen. Sie beträgt 16,5 mm [0,65 Zoll].

2.4.2 Filterrad

Der Thorlabs BC106 Kamera Beam Profiler ist mit einem Filterrad mit vier verschiedenen Neutralsdämpfungsfilttern (ND Filter) ausgestattet. Die Filtertypen und die nominellen Verluste sind modellabhängig. Diese Filter wurden dazu entworfen, eine schnelle und einfache Adaption der Lichtquelle (die die maximale Sättigung der Kamera übersteigen könnte) an den Leistungsbereich der CCD-Kamera zu ermöglichen. Das folgende Bild zeigt das BC106-UV-Filterrad.



Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die verwendeten Filter:

Modell	BC106-UV	BC106-VIS
DämpfungsfILTER	1x 20 dB UV, reflektierend 1x 20 dB VIS, absorbierend 1x 40 dB UV, reflektierend 1x 40 dB VIS, absorbierend	1x 10 dB VIS, absorbierend 1x 20 dB VIS, absorbierend 1x 30 dB VIS, absorbierend 1x 40 dB VIS, absorbierend

Das Modell BC106-VIS ist mit vier absorbierenden Neutralfilter (neutral density=ND) aus Glas ausgestattet - das ist der Grund für den Anwendungsbereich vom sichtbaren bis zum nahinfraroten, 350-1100 nm.

Das Modell BC106-UV bietet einen Anwendungsbereich von 190-350 nm und wird daher mit reflektierenden Filter aus Quarz (fused silica) geliefert. Zwei absorbierende Filter sind identisch zu dem VIS-Modell, zwei UV-Filter sind hinzugefügt. Da diese Filter eine AR-Beschichtung haben, sind sie nur im UV-Bereich (220-350 nm) verwendbar. Das Kapitel [Wellenlängenabhängigkeit](#)^[152] gibt detailreiche Auskunft.

Achtung

Stellen Sie sicher, den richtigen ND-Filter für Ihre aktuell verwendete Wellenlänge zu benutzen. Schützen Sie sich vor dem reflektierenden Licht der UV-Filter!

Die nominellen Filterverluste and die dazugehörigen Wellenlängenbereiche (UV/ VIS) sind auf das Filtergehäuse graviert. Beachten Sie, dass die Filterverluste wellenlängenabhängig sind und von ihrem nominellen Wert weit abweichen können. Dies gilt insbesondere für Betriebswellenlängen am Rand der für den Beam Profiler spezifizierten Wellenlängen. Erfahren Sie mehr im Kapitel Wellenlängenabhängigkeit.

Die Wahl des Dämpfungsfilters

Um eine Lichtquelle an den unbekanntem Leistungsbereich des Kamera Beam Profilers anzupassen, wird dringend empfohlen, die automatische Belichtungssteuerung der Kamera einzuschalten (siehe Kapitel Geräteinstellungen). Zusätzlich ist es ratsam, mit dem DämpfungsfILTER mit den höchsten Verlusten (40 dB) zu beginnen, um mögliche Schädigungen der Kamera zu vermeiden. Im Falle, dass die Beam Profiler Software eine Sättigung von 100% anzeigt, übersteigt die Lichtintensität die maximal detektierbare Leistung des BC106 Beam Profilers. In diesem Fall sind zusätzliche externe Strahlabschwächer erforderlich.

Falls die Sättigung nicht 100% erreicht, sind die Einstellungen und Messergebnis zuverlässig. Jedoch sollte stets die geringst mögliche Dämpfung verwendet werden, um Strahlstörungen am ND-Filter zu minimieren.

Drehen Sie das Filterrad eine Viertel Drehung, um die nächst schwächere Dämpfung vor der Kamera zu positionieren. Falls nun die Sättigung auf 100% geht, drehen Sie das Filterrad auf den letzten Filter zurück, der optimal war.

Wenn die optische Strahlleistung gering genug ist, lässt sich der Kamera Beam Profiler auch ohne jegliche Dämpfung vor der Kamera betreiben. Für diesen Fall lassen sich die Filterhalter aus dem Filterrad abdrehen.

Achtung

Seien Sie vorsichtig, wenn sie den Beam Profiler ohne schützenden Filter benutzen. Da der CCD-Kamera-Sensor von seinem Schutzglas befreit wurde, ist er extrem verletzbar. Es ist absolut notwendig, das Eindringen von Staub und anderen Kontaminationen in die Beam Profiler Apertur zu verhindern. Sehen Sie auch das Kapitel [Reinigung](#)^[144].

Wenn ein zu hoher Verlustfilter in Verbindung mit einer schwachen Lichtquelle benutzt wird, zeigt die Software in der Statusleiste den Fehler "Leistung ist zu gering!" an. Das bedeutet, dass die Quelle zu stark gedämpft wird, so dass der Verstärkungsfaktor der Kamera und Belichtungsregulierung nicht in der Lage sind, ein auswertbares Signalleve zu erreichen. In diesem Fall reduzieren Sie die optische Dämpfung auf den kleinst möglichen Filterverlust (10dB) oder entfernen Sie einen Filter vollständig.

Achtung

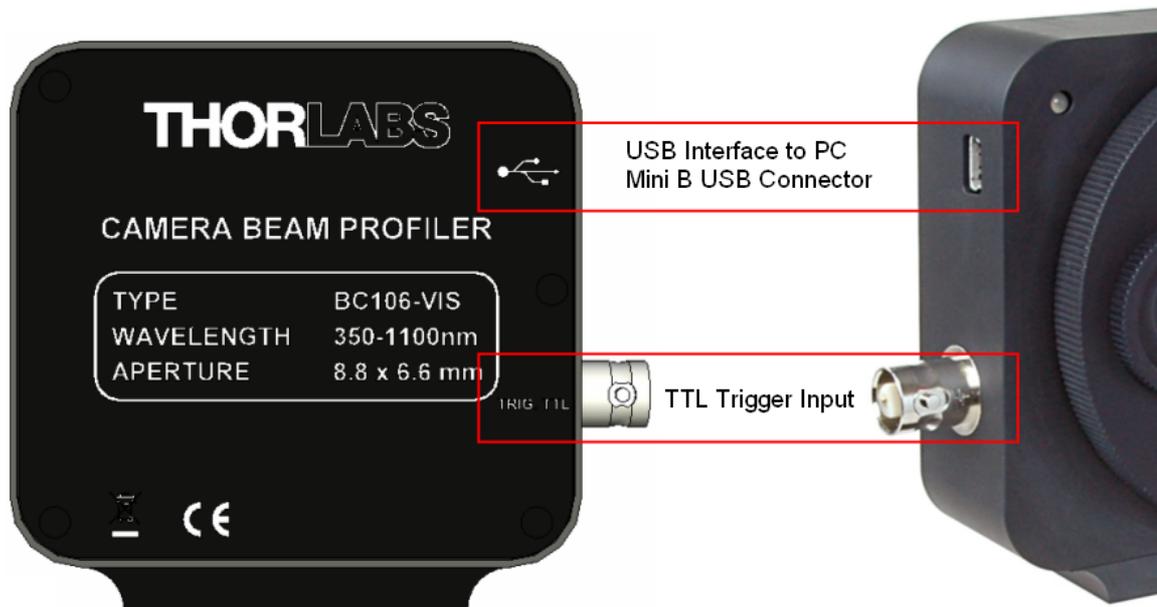
Es ist notwendig, die aktuell verwendeten ND-Filter und dessen Verlust in dB in die Beam Profiler Software einzugeben, um eine korrekte Leistungsmessung zu gewährleisten. Sehen Sie dazu Kapitel [Geräteinstellungen](#)^[52].

Für korrekte Strahlprofilmessungen ist es dringend empfohlen, das Umgebungslicht vor dem Eindringen in die Kameraapertur abzuschirmen. Die Benutzung von Dämpfungsfilttern schwächt der Umgebungslicht im gleichen Maße wie die Leistung der Lichtquelle absorbiert wird, somit bleibt das Verhältnis zwischen beiden unverändert. Das Erhöhen der Laserleistung hilft, um das Verhältnis zwischen gewolltem und ungewolltem Licht zu steigern.

2.4.3 Anschlüsse

Der BC106 Camera Beam Profiler stellt zwei Anschlüsse auf der linken Seite des Gerätegehäuses bereits.

- Mini B USB Anschluss, markiert durch das USB-Symbol 
Für die Verbindung zum Computer, siehe Kapitel [Verbinden mit dem Computer](#)^[22]
- TTL Trigger-Eingang, markiert mit **TRIG TTL**
Für die Synchronisation zwischen einer [gepulsten Laserquelle](#)^[79] und dem Beam Profiler, lesen Sie die [Trigger-Eingangsspezifikationen](#)^[12].



2.4.4 Triggereingang

Ein elektrischer TTL-Triggereingang steht für die Synchronisation zwischen dem globalen Shutter des Beam Profilers und einer [gepulsten Laserquelle](#)^[79] bereit. Ein entsprechender BNC-Anschluss ist auf der linken Seite der Gehäuses zu finden, siehe [Anschlüsse](#)^[11].

Die folgende Tabelle fasst wichtige elektrische Daten kompatibler Signalquellen zusammen.

Parameter	Wert
Sicherer, statischer Spannungspegel	$-0.5V \leq U \leq 6.5V$
Max. Mindestspannung	1.5 V
Min. Höchstspannung	3.5 V
Eingangswiderstand	$> 100 \text{ k}\Omega$
Min. Pulsbreite	10 μs
Min. Änderungsrate	5 ns/V
Sicherheitsstandards	IEC 61000-4-2 (ESD 15kV air, 8kV contact) IEC 61000-4-5 (Lightning 12A 8/20 μs) IEC 61000-4-4 (EFT 40A 5/50ns)

Achtung

Versichern Sie sich, dass das TTL-Signal am BNC-Anschluss nicht den spezifizierten Bereich überschreitet (-0.5 V bis +6.5 V). Höhere oder niedrigere Spannungen können den Eingang des Beam Profilers schädigen.

Anmerkung

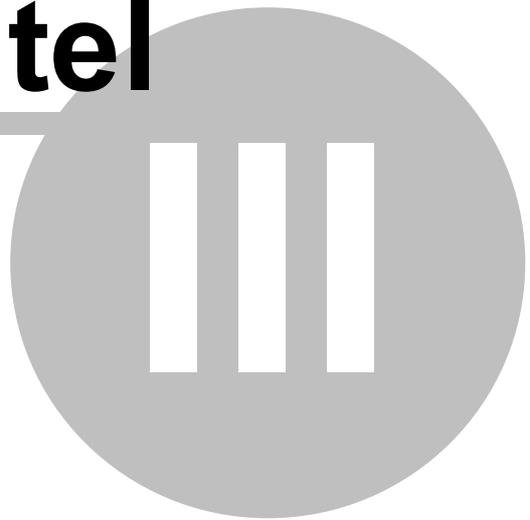
Verwenden Sie für die Verbindung zur Triggerquelle ausschließlich abgeschirmte Koaxialkabel. Verbinden Sie keine Triggerkabel ohne Signalquelle, da störende

Tiggerpulse aufgenommen werden könnten.

Betrieb des Beam Profilers

BC100

Kapitel



3 Betrieb des Beam Profilers

Dieser Abschnitt enthält eine detailliertere Beschreibung zum Betrieb des Thorlabs Beam Profilers BC106.

3.1 Systemanforderungen

Um den BC106 Beam Profiler über einen Computer zu betreiben, muss Ihr System mindestens folgende Systemanforderungen erfüllen:

Minimale Hard- und Softwareanforderungen:

- Betriebssystem: Windows XP® SP2, Windows Vista® or höher
- USB 2.0 high speed port
- Monitor Auflösung mindestens 800 x 600 Pixel (\geq 16 bit Farbtiefe)
- Prozessor: Pentium 4 \geq 2,6 GHz, 3,0 GHz Intel or A64 3000+ AMD, 1,0 GB RAM
- DirectX 9.0c kompatible Grafikkarte:
 - Radeon (X100 Reihe \geq X850, X1000 Reihe \geq X1600, HD Reihe \geq 2400)
 - Geforce 7 Reihe \geq 7600, 8 Reihe \geq 8500, 9 Reihe \geq 9600
 - Quadro FX Reihe \geq FX770M

Für eine optimale Performance empfiehlt Thorlabs den folgenden Anforderungen zu genügen:

Empfohlene Hardware

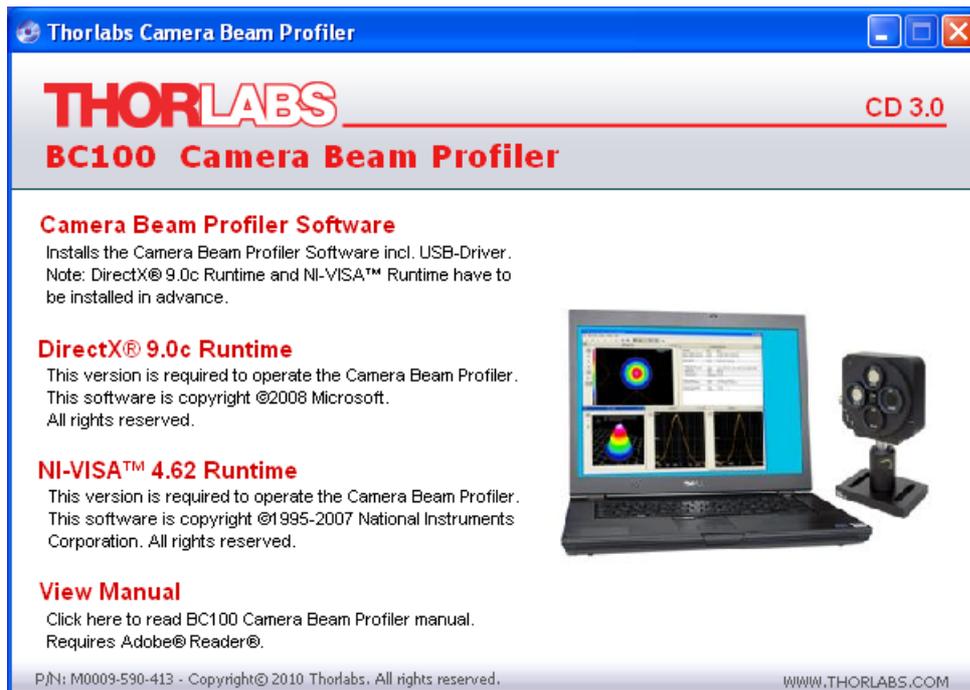
- USB 2.0 high speed port
- Prozessor: Core 2 Duo E4300 or A64 X2 3800+ AMD, 2,0 GB RAM
- DirectX 9.0c kompatible Grafikkarte:
 - Radeon HD Reihe \geq 3870
 - Geforce 8 Reihe \geq 8800, 9 Reihe \geq 9800, GTX Reihe \geq 260
 - Quadro FX Reihe \geq 2700M

3.2 Installation

3.2.1 Software-Installation

Legen Sie die "**Thorlabs Camera Beam Profiler CD 1.2**" (oder höher) CD-ROM in Ihr CD/DVD-Laufwerk. Automatisch wird der Installationsstart-Bildschirm gestartet.

Im Falle, dass diese "Autostart-Funktion" auf Ihrem Computer deaktiviert ist, starten sie die Datei "Autorun\Autorun.exe" auf der CD.



Achtung

Stellen Sie sicher, dass DirectX 9.0c auf Ihrem Computersystem installiert ist, andernfalls installieren Sie die DirectX 9.0c Runtime vor der Installation der Camera Beam Profiler Software.

Muss die DirectX 9.0c Runtime installiert werden?

Während der Installation der Camera Beam Profiler Software wird der Computer auf eine aktuelle DirectX 9-Version gescannt. Falls die momentane DirectX 9-Version auf Ihrem Computer eine Version vor dem März 2008 ist, erscheint eine Nachricht, die Sie auffordert, eine aktuelle Version zu installieren. Der Installationsprozess wird abgebrochen.

Anmerkung

Die Camera Beam Profiler Software kann nicht korrekt installiert werden, wenn der Installer keine gültige DirectX 9-Version findet.

Anmerkung

Falls eine DirectX-Version 10 auf Ihrem Computersystem installiert ist, ist eine Installation von DirectX 9 ebenfalls erforderlich. Beide Versionen können parallel auf dem System laufen.

Überprüfen Sie die aktuell installierte DirectX-Version:

Um die aktuell installierte DirectX-Version zu überprüfen, machen Sie folgendes: Von Windows "Start" gehen Sie auf "Ausführen...". Ein kleines Komandofenster erscheint. Tippen Sie "dxdiag" ein und drücken Sie Enter. Ein DirectX-Diagnose-Werkzeug erscheint, in dem unter anderen auch die aktuelle Versionsnummer zu finden ist.

DirectX-Version: DirectX 9.0c (4.09.0000.0904)

Im Falle einer angezeigten Version, die kleiner als 9.0c ist, ist es notwendig die DirectX Runtime von der BC100 Installation-CD zu installieren.

Installieren der DirectX 9.0c Runtime:

Doppelklicken Sie auf **DirectX 9.0c Runtime**, um die Installation zu starten. Sie werden aufgefordert die Lizenzvereinbarungen zu akzeptieren und einen Ordner für die extrahierten Dateien zu wählen. Zum Beispiel, wählen Sie "C:\Temp" als temporären Ordner. Nachdem das Entpacken der Dateien vollständig ist, gehen Sie in diesen Ordner und starten die Datei "DXSETUP.exe". Sie werden anschließend durch den Installationsdialog geführt. Die temporären Dateien können nach der Installation gelöscht werden.

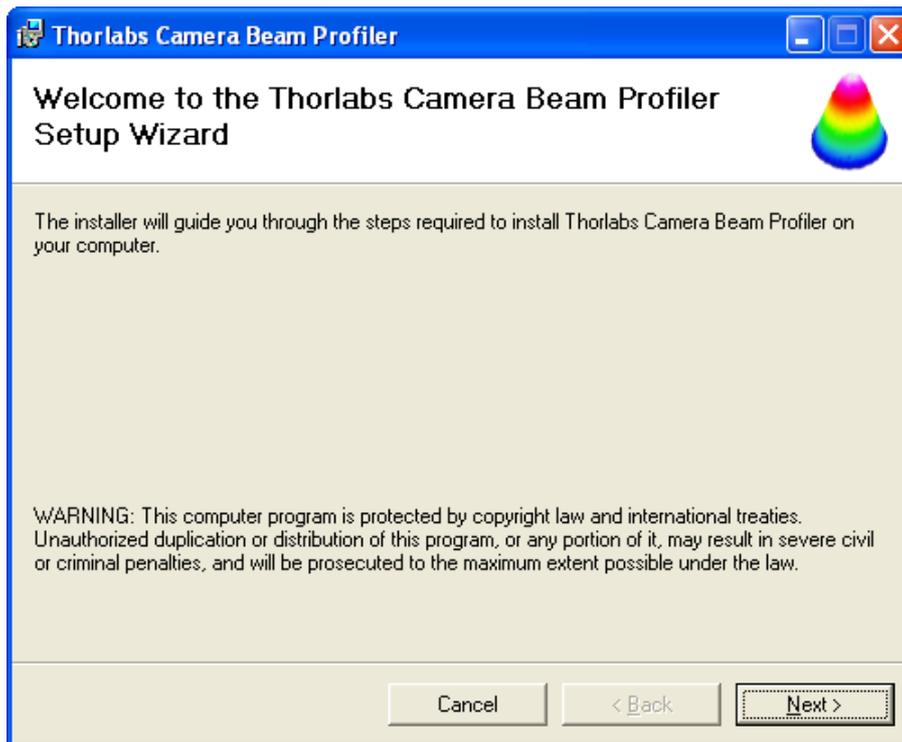
Installation der Camera Beam Profiler Software

Wählen Sie die Installation der **Camera Beam Profiler Software**. Der USB-Treiber, der den Kamera Beam Profiler betreibt, muss nicht separat installiert werden, da er bereits in der Software eingebunden ist.

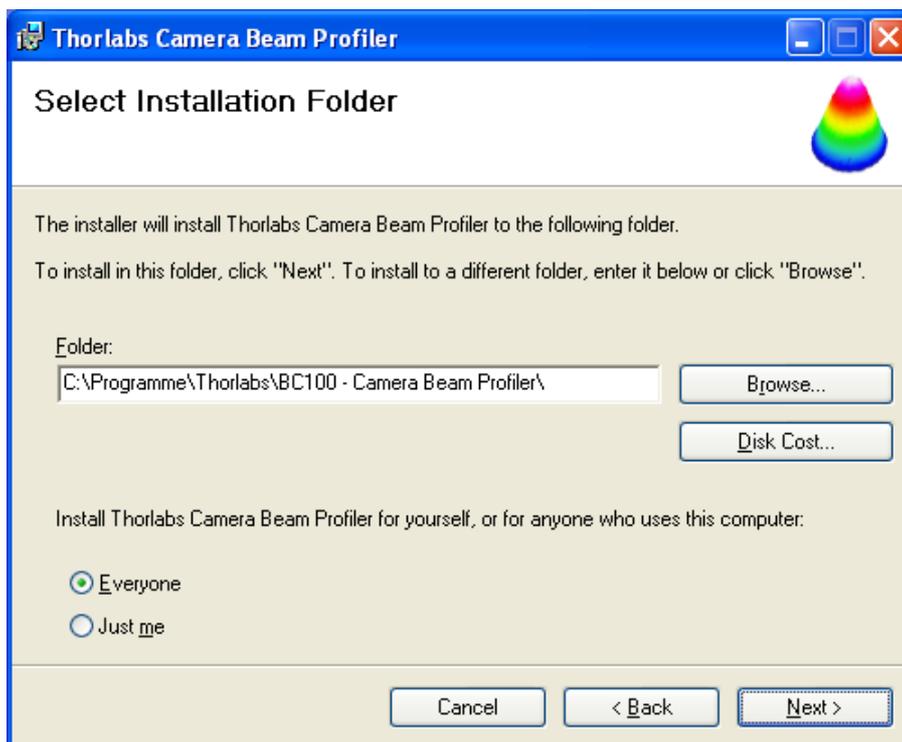
Der Camera Beam Profiler erfordert die C++ Runtime. Falls diese Runtime nicht auf Ihrem System installiert ist, startet der Installationprozess mit der Installation der C++-Runtime.



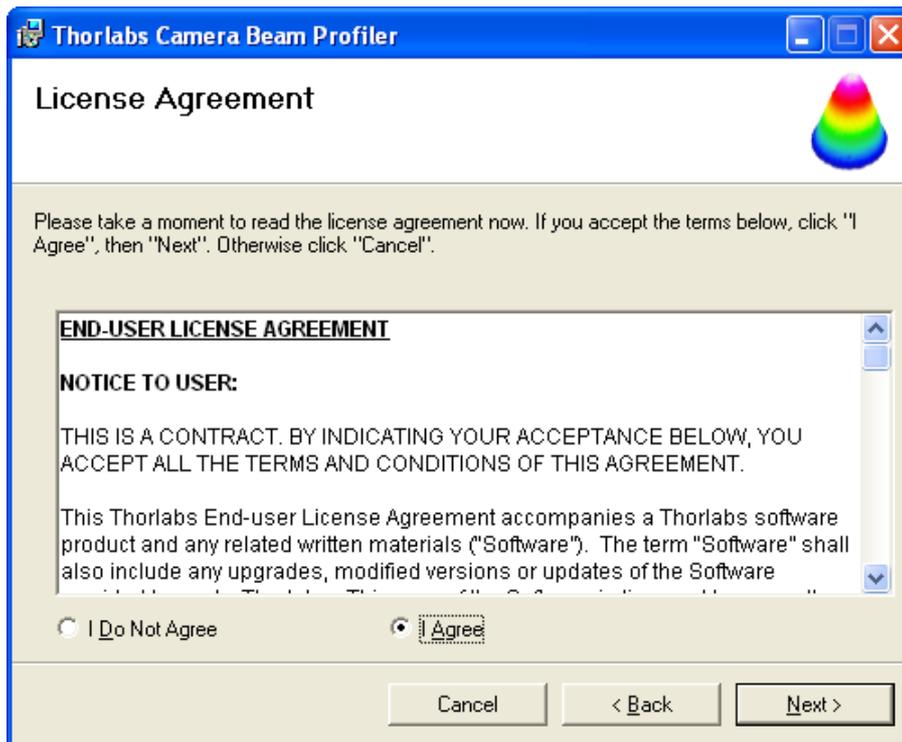
Bestätigen Sie die Installation mit "Installation" und warten Sie bis die Installation der Runtime beendet ist. Die Installation der Camera Beam Profiler-Software startet:



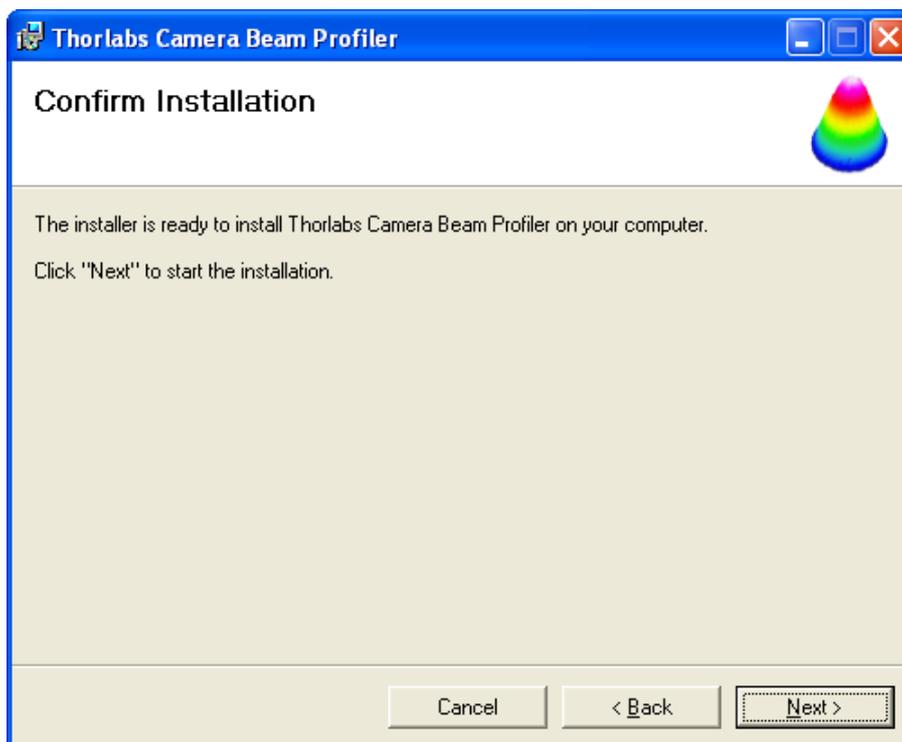
Klicken Sie auf "Weiter".



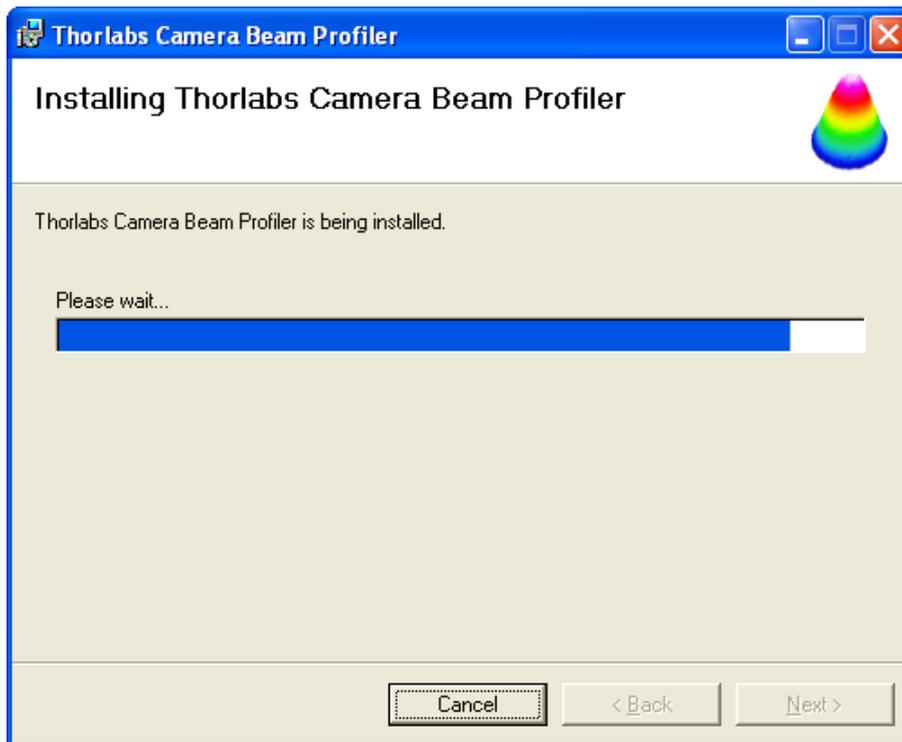
Geben Sie den gewünschten Installationspfad ein oder (empfohlen) klicken Sie auf "Weiter", um den standardmäßigen Installationspfad zu akzeptieren.



Lesen Sie die Lizenzvereinbarungen sorgsam. Klicken Sie auf "Weiter".

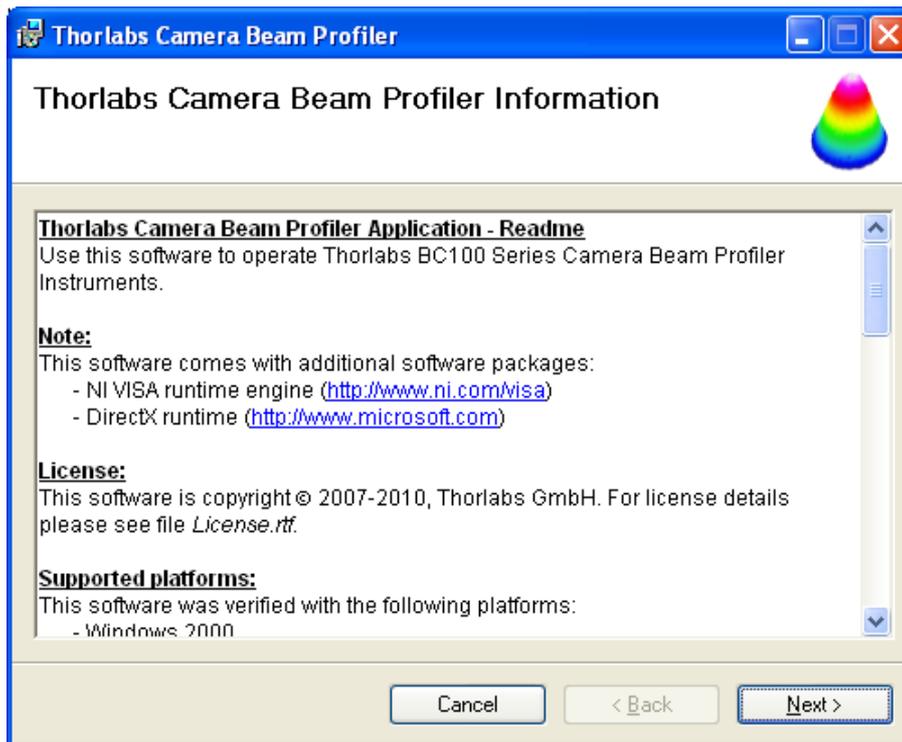


Die Installation wird nun gestartet. Die Installation kann einige Minuten in Anspruch nehmen.

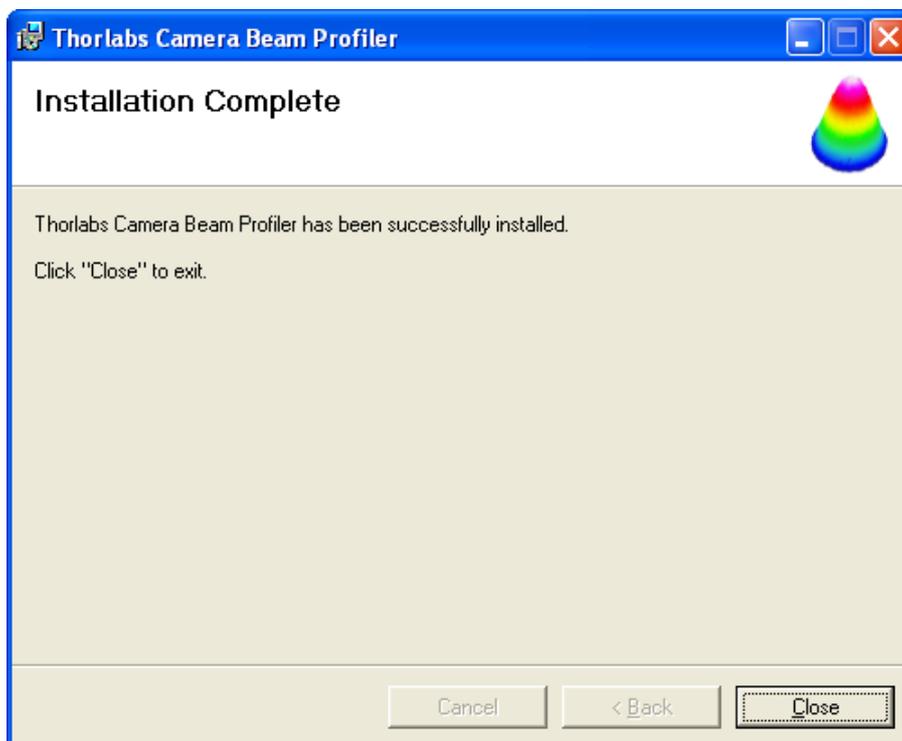


Während des Installationsprozesses wird das System Ihnen mitteilen, dass die Software den Windows-Logo-Test nicht bestanden hat. Ignorieren Sie diese Warnung und klicken Sie auf "Installation fortsetzen".





Die readme.rtf-Datei wird gezeigt und informiert Sie über die Änderungen zu früheren Versionen. Klicken Sie auf "Weiter".



Klicken Sie auf "Schließen". Die Installation wurde erfolgreich beendet.

3.2.2 Verbinden mit dem Computer

Bitte folgen Sie den Anweisungen, um die Messungen mit dem Camera Beam Profiler im Kapitel [Vorbereitungen](#) vorzubereiten.

Verbinden Sie den Kamera Beam Profiler mit einem USB 2.0 High Speed-Anschluss an Ihrem Computer. Benutzen Sie ausschließlich das Kabel, das mit dem Beam Profiler geliefert wird oder ein Kabel, das für den High-Speed-USB 2.0-Standard ausgelegt ist.

Es kann auch ein Full-Speed-Anschluss über USB 1.1-Standard verwendet werden. In diesem Fall wird der Beam Profiler mit einer reduzierten Datentransmissionsgeschwindigkeit betrieben, was eine reduzierte Messgeschwindigkeit nach sich zieht.

Achtung

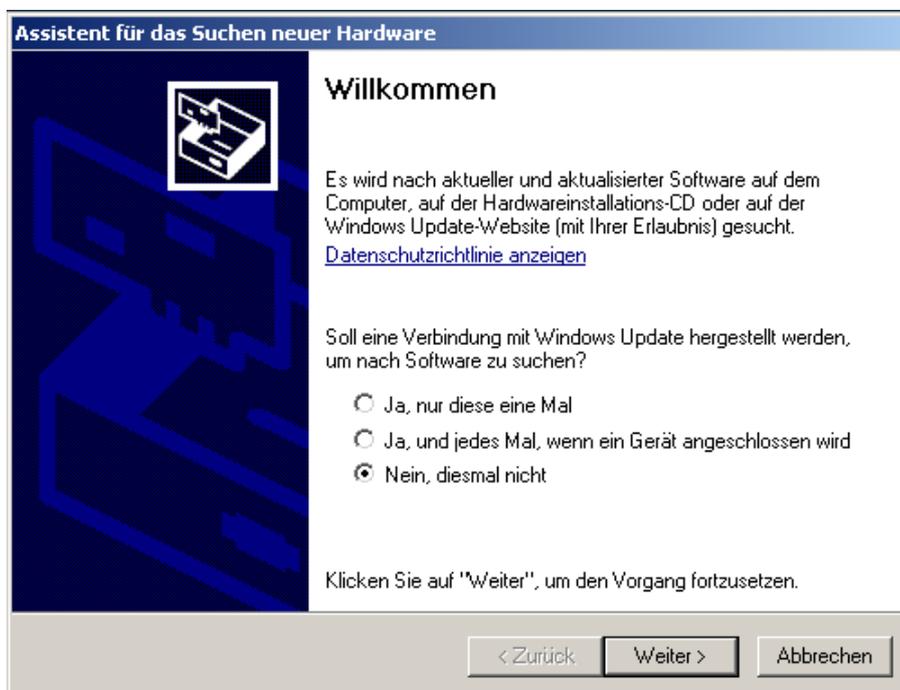
Verwenden Sie keine Low-Speed-USB-Kabel, da diese Übertragungsfehler und/oder unsachgemäßen Gerätebetrieb verursachen können.

Nach dem Verbinden des Geräts mit dem Computer lädt das Windows®-Betriebssystem den entsprechenden USB-Treiber für den Camera Beam Profiler.

Abhängig von Ihren Windows®-Einstellungen erscheint der "Neue Hardware gefunden"-Wizard. Dieser führt Sie durch den Installationsprozess.

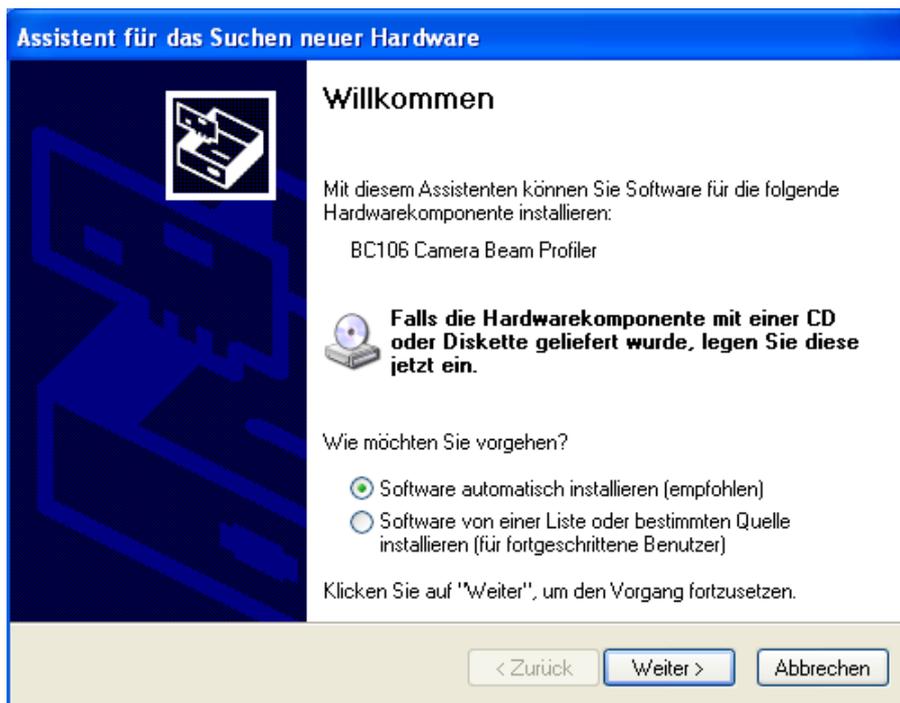
Anmerkung

Sie könnten dazu aufgefordert werden, die Installation des Treiber zu bestätigen.

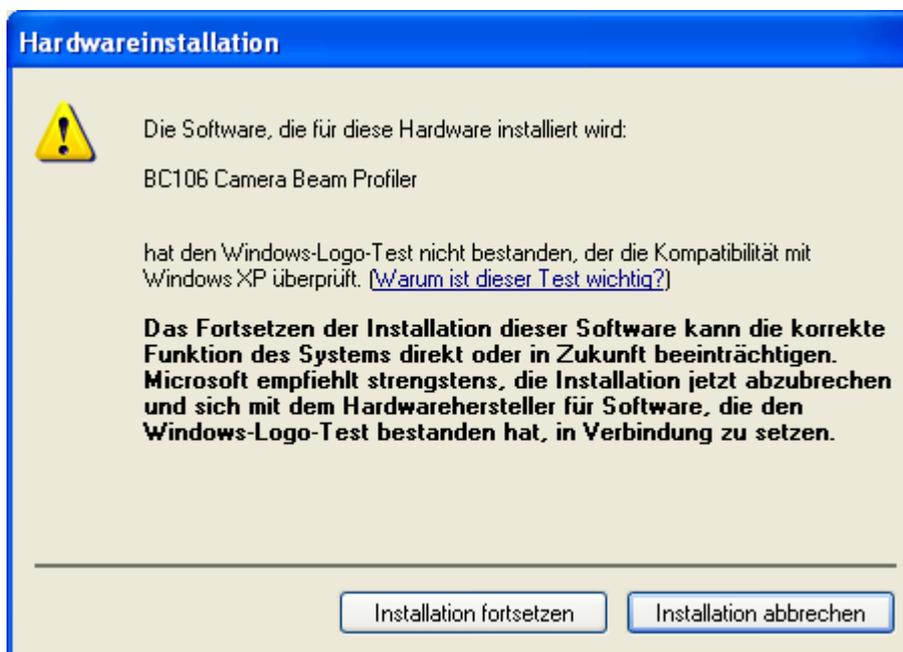


Geben Sie Ihrem System vor, den Treiber, der mit der Camera Beam Profiler Software installiert wurde, zu benutzen. Wählen Sie "Nein, dieses Mal nicht", was unterbindet, dass der Treiber für das Gerät irgendwo anders gesucht wird. Klicken

Sie "Weiter".



Wählen Sie "Automatisches Installieren der Software (empfohlen)" und klicken Sie auf "Weiter".

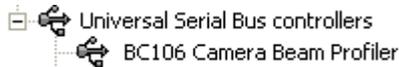


Bitte ignorieren Sie die Warnung, dass der Windows-Logo-Test nicht bestanden ist. Klicken Sie auf "Installation fortsetzen".



Klicken Sie auf "Beenden". Der Treiber ist nun installiert und die Kamera kann benutzt werden.

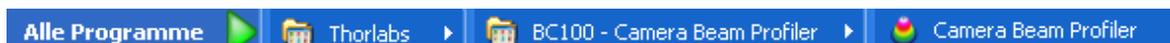
Zur Überprüfung können Sie das Dasein des Geräts im Geräte manager aufrufen. Nach dem Start-Feld, gehen Sie über Systemsteuerung -> System -> Hardware -> Geräte manager. Die folgende Eintrag unter der USB-Geräte-Gruppe zeigt, dass der Thorlabs Camera Beam Profiler ordnungsgemäß installiert wurde.



Falls Sie diesen Eintrag nicht sehen, lesen Sie das Kapitel [Troubleshooting](#)^[145].

3.2.3 Starten der Software

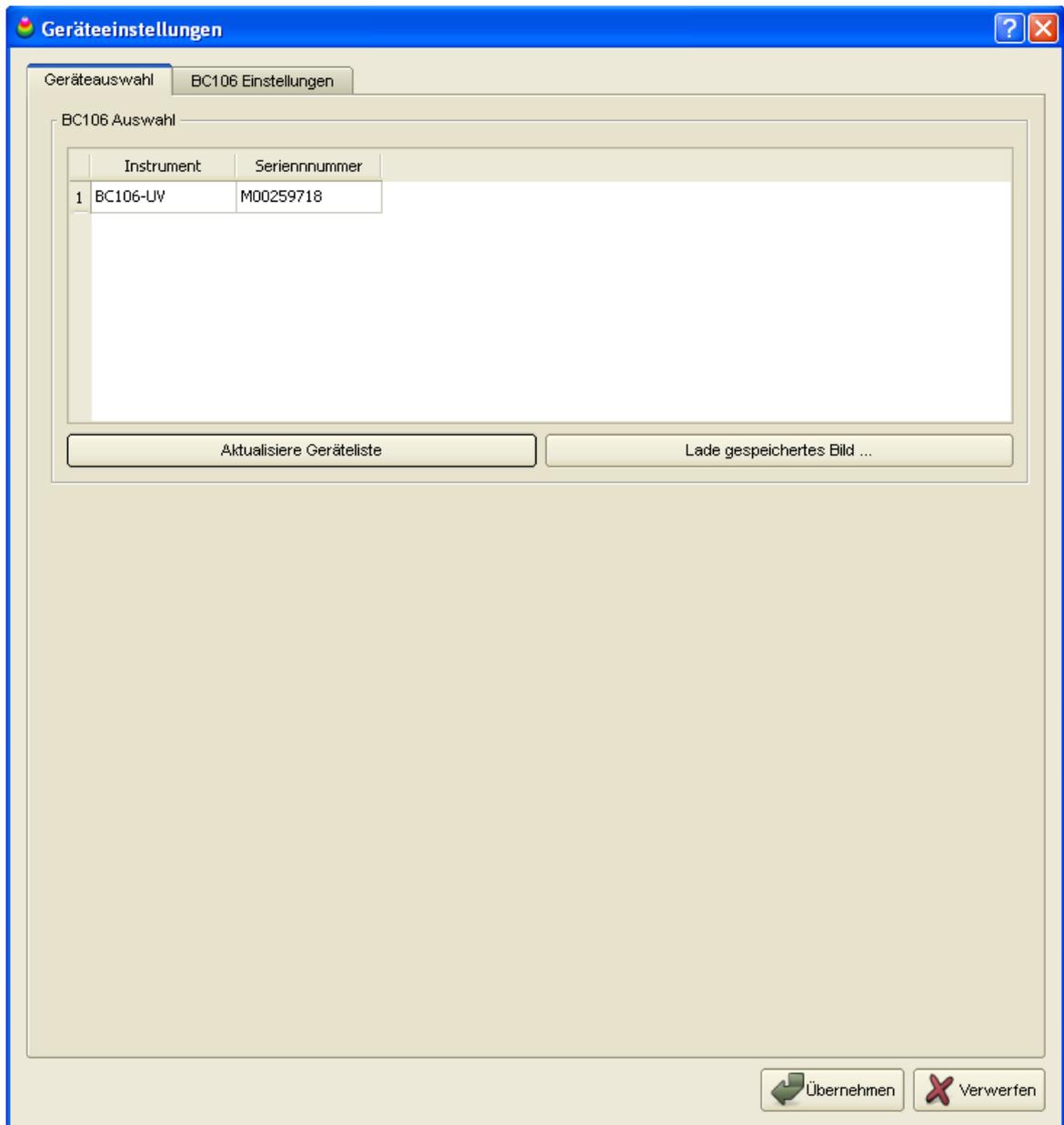
Gehen Sie über den START-Button zu Ihrer Programmübersicht. Klicken Sie auf "Programme" -> "Thorlabs" -> "Camera Beam Profiler" -> "Thorlabs Camera Beam Profiler"



Oder klicken Sie einfach auf das entsprechende Symbol auf dem Desktop.



Wenn das Programm zum ersten Mal gestartet wird oder falls die zuletzt benutzte Kamera nicht mehr an den Computer angeschlossen ist, erscheint das folgende "Geräteauswahl"-Fenster.



Gewöhnlich verbindet sich der Camera Beam Profiler automatisch mit der zuerst verbundenen Kamera. Falls Sie eine andere Kamera anschließend möchten, klicken Sie auf das Gerät, um es zu markieren und dann auf "OK".

Beim nächsten Start des Camera Beam Profilers und falls die zuletzt benutzte Kamera mit dem Computer verbunden ist, wird die "Geräteauswahl" übersprungen, und die Kamera wird automatisch benutzt. Wenn Sie das "Geräteauswahl"-Fenster öffnen, werden Sie direkt zu den "BC 106 Einstellungen" geleitet.

Klicken Sie auf "Aktualisiere Geräteliste", um Geräte anzuzeigen, die erst vor kurzem angeschlossen wurden. Falls ein erwartetes Gerät noch nicht in der Liste auftaucht, überprüfen Sie, ob der USB-Treiber ordnungsgemäß installiert wurde (siehe [Fehlerbehandlung](#)^[145]).

Nachdem der BC106 ausgewählt wurde und die Kamera aktiv ist, können sämtliche verfügbare Einstellungen und Anpassungen der Kamera gesetzt werden. Sehen Sie

[Geräteeinstellungen](#)^[52], um eine detailliertere Beschreibung zu bekommen. Es ist ratsam, die beschriebenen Schritte im Kapitel [Messungen mit dem BC106](#)^[47] sorgsam durchzulesen, um den Camera Beam Profiler ordnungsgemäß einzustellen.

Im Falle, dass Sie kein Camera Beam Profiler-Hardware verfügbar haben, klicken Sie auf "Lade gespeichertes Bild", um ein zuvor gespeichertes Bild zur Abfrage zu laden. Durchsuchen Sie ein Bild im "Bildauswahl"-Fenster.

Klicken Sie auf "OK", um Ihre Auswahl zu bestätigen, das Fenster "Geräteeinstellungen" wird nun geschlossen.

Wenn das Camera Beam Profiler-Programm zum ersten Mal gestartet wird, werden drei vorausgewählte Fenster geöffnet und arrangiert. Oder, das Arrangement der letzten Sitzung (Auswahl der Fenster und ihre Position) wird wieder hergestellt. Siehe Kapitel [Fensteranordnung](#)^[33], um Details zu den einzelnen Fenstern zu bekommen.

3.3 Die Benutzeroberfläche

3.3.1 Überblick

Das Hauptfenster besteht aus einer Menüleiste, einer Werkzeugleiste, einer Statusleiste und einem gemeinsamen Rahmen, um die Unterfenster darzustellen.

A: Menüleiste

Alle Benutzeraktivitäten können über die Menüleiste erreicht werden.

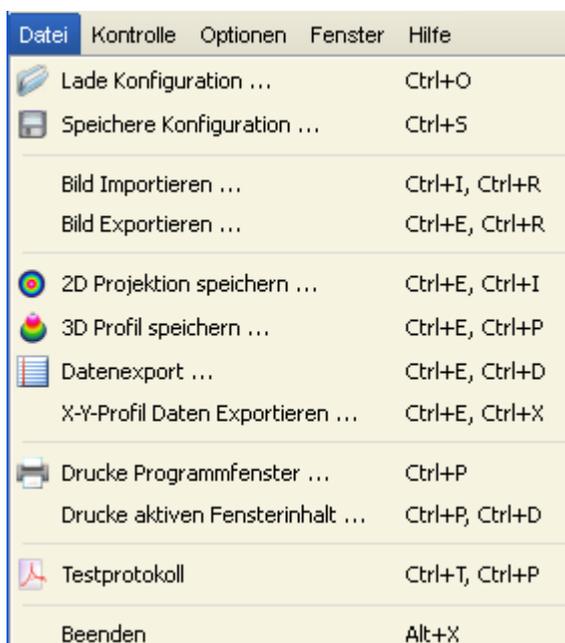
Datei Kontrolle Optionen Fenster Hilfe

1. Datei

Diese Menüeinträge kontrollieren u.a. das Öffnen und Speichern von Dateien sowieso Druckvorgänge.

Das Programm unterstützt den Im- und Export von Grafiken und Daten in verschiedenen Formaten:

- Importieren gespeicherter Bilder vom Typ bmp, jpg, tif, png oder raw
- Exportieren von Bilder als bmp, jpg, tif, png, raw oder als Intensitätswert-Textmatrix ("intensity value text matrix")
- Exportieren berechneter Ergebnisse als txt- und xls-Datei (kompatibel zu MS Excel; kommagetrennte Werte, csv)
- Druckexport einzelner oder alle Programmfenster
- Speichern eines Testprotokolls mit numerischen und grafischen Ergebnissen im pdf-Format



Die ersten beiden Einträge "Lade Konfiguration" und "Speichere Konfiguration" öffnen bzw. speichern Dateien, die Informationen über den gewählten Beam Profiler, seinen Einstellungen, Exportparametern und Programmeinstellungen enthalten. Um eine Kopie der Benutzeroberfläche und der Beam Profiler-Einstellungen auf

einen anderen Computer zu übertragen, müssen die Konfigurationsdateien gespeichert, kopiert und anschließend auf dem Zielcomputer geladen werden.

Der zweite Teil bietet den Ex- und Import der Originalbilder der Kamera in verschiedenen Formaten. Um die Ergebnisse der Berechnungen nachzukonstruieren, benutzen Sie das Raw-Format.

Der dritte Block exportiert das momentan angezeigte Unterfenster.

Mit "Drucke Programmfenster" wird ein Bildschirmfoto des Camera Beam Profiler-Programms gedruckt. Mit "Drucke aktiven Fensterinhalt" wird der Inhalt des aktiven Unterfensters des Programms gedruckt. Diese Funktion gibt die Möglichkeit einen bestimmten Fensterinhalt zu drucken.

Das Testprotokoll erstellt einen Testbereich mit den Ergebnissen der Berechnungen und dem momentan angezeigten Bild. Falls das 3D-Profil-Fenster geöffnet ist, wird ebenfalls ein Bildschirmfoto in den Bericht eingebunden.

Sehen Sie einige detaillierten Beispiele für den Datenexport im Kapitel [Speichern der Messergebnisse](#)^[72].

2. Kontrolle

Benutzen Sie die ersten beiden Menüeinträge, um den Betrieb des Camera Beam Profilers zu starten bzw. zu stoppen. Dies beinhaltet das Empfangen von Kamerabildern, Durchführen von Berechnungen und Anzeigen von Grafiken und numerischen Ergebnissen in den Ausgabefenstern.

"Nächstes Bild" startet eine Einzelmessung und stoppt anschließend.



Wenn die Benutzeroberfläche gestartet wird oder das aktive Beam Profil-Gerät gewechselt wird, startet das Programm den Betrieb automatisch. Das Anhalten eines fortlaufenden Betriebs ist vorteilhaft für die detaillierte Analyse eines Einzelbildes. Der gestoppte Beam Profiler kann jederzeit erneut gestartet werden.

Die Funktion "Lösche Fensterinhalte" setzt alle Fensterinhalte zurück. Mit dem Erhalt des nächsten Bildes von der Kamera wird der Fensterinhalt wieder gefüllt. Diese Funktion kann sinnvoll für die Kombination dem Trigger-Modus sein während auf das nächste Bild gewartet wird.

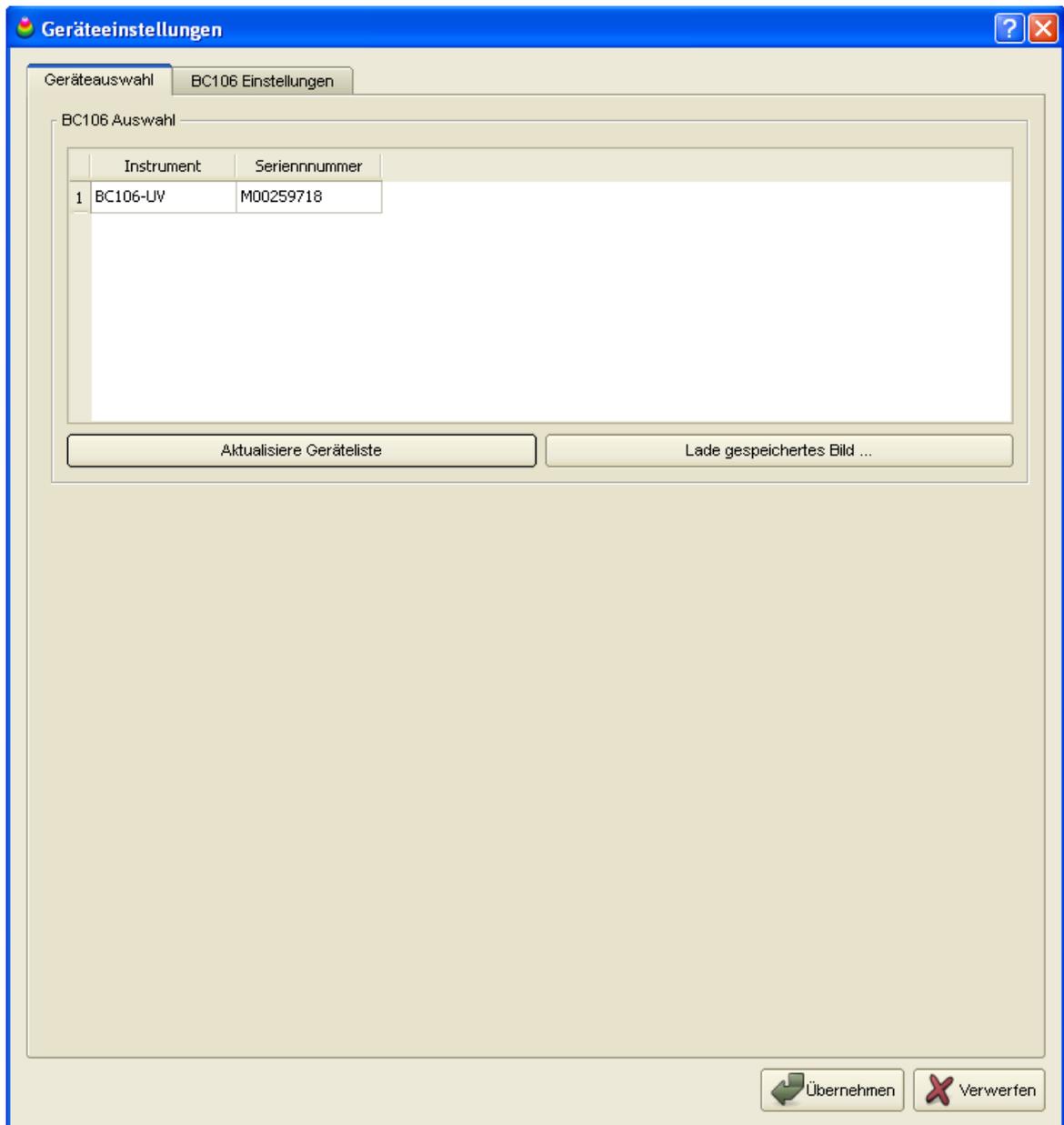
3. Optionen

Diese Einträge erlauben die Änderung der Geräte- als auch der Programmeinstellungen.



Geräteeinstellungen

Das Geräteeinstellungen-Fenster enthält zwei Registerreiter, "Geräteauswahl" und "BC106-Einstellungen". Der zweite Registerreiter ist deaktiviert, falls das momentane Gerät ein Bild aus dem (Festplatten-)Speicher ist. Er wird aktiviert, falls das Gerät zu einer Kamera wechselt.



Im Feld "Geräteauswahl" wählen Sie ein verbundenes BC106-Gerät aus der Liste aus und klicken "OK", um es zu aktivieren. Klicken Sie auf "Aktualisiere Liste", um ein weitere Geräte anzuzeigen, die erst kürzlich angeschlossen wurden. "Lade gespeichertes Bild" lädt ein gespeichertes Bild in den Formaten gif, jpg, bmp, png, tif oder raw.

Für mehr Informationen bitte das Kapitel [Starten der Software](#)^[24] lesen.

Lesen Sie das Kapitel [Geräteeinstellungen](#)^[52] für detaillierte Beschreibungen aller Kamerageräteeinstellungen und das Kapitel [Programmeinstellungen](#)^[60] für die Grafikoberfläche betreffende Software-Optionen.

Sprache:

Die momentane Sprache ist ausgewählt. Um die Sprache zu wechseln, bitte die Sprache auswählen und das Programm neustarten.

4. Fenster

Wenn die Benutzeroberfläche zum ersten Mal gestartet wird, erscheinen standardmäßig die Unterfenster 2D-Projektion, 3D-Modell und die Ergebnisse der Berechnungen. Um die Fenster zu öffnen oder zu schließen, schalten Sie die entsprechenden Fenster hin und her. Die folgende Liste zeigt alle verfügbaren Fenster.

Fenster	Hilfe
 2D Projektion	Ctrl+W, Ctrl+P
 3D Profile	Ctrl+W, Ctrl+M
 Ergebnisse der Berechnungen	Ctrl+W, Ctrl+C
 X Profil	Ctrl+W, Ctrl+X
 Y Profil	Ctrl+W, Ctrl+Y
 Pass/Fail Test	
 Zeitmessung Positionen	
 Zeitmessung Leistung	
 Zeitmessung Gaussian Fit	
 Zeitmessung Winkel	
 Stahlstabilität	
 Standard Arbeitsbereich	
 Arbeitsbereich Profile	
 Kachelansicht	
 Kaskadenansicht	

Ein offenes Unterfenster kann auch durch Klicken auf den X-Button in der oberen rechten Ecke geschlossen werden.

'**Standard Arbeitsbereich**' stellt die Fensteranordnung mit den drei erwähnten Standardfenster wieder her.

'**Arbeitsbereich Profile**' aktiviert die drei erwähnten Standardfenster sowie die X-Y-Profil-Fenster. Im Falle, dass die Größe des Hauptfensters zu klein ist, um alle Fenster darzustellen, erscheinen in den Unterfenstern Scrollbalken, mit denen der sichtbare Bereich verschoben werden kann.

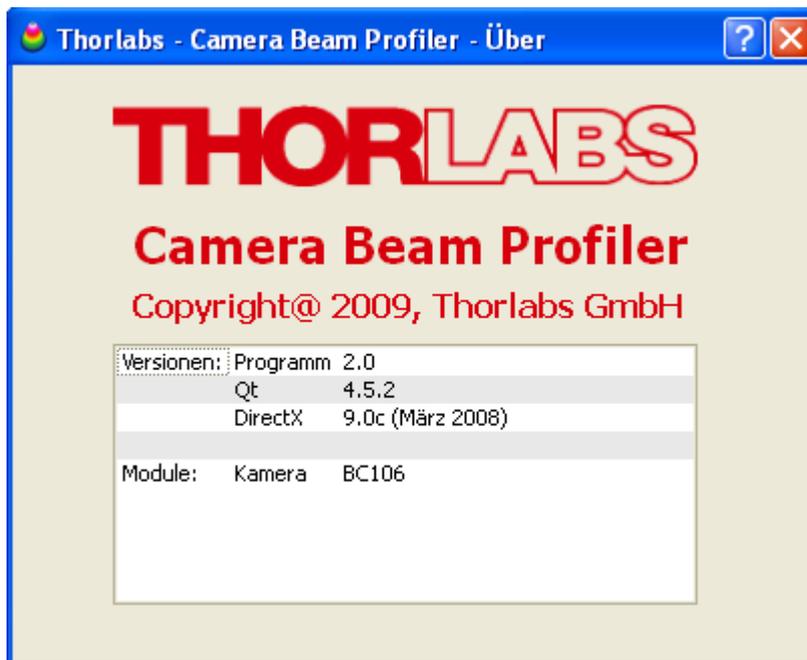
Beim Klick auf "**Kachelansicht**" arrangieren sich alle offenen Fenster automatisch. "**Kaskadenansicht**" überlappt alle offenen Fenster.

5. Hilfe

Der erste Eintrag "**Inhalt**" in dem Hilfemenü (auch zu öffnen durch F1) öffnet die Online-Hilfe, welche die vollständigen Informationen dieses Handbuchs enthält.



Bei einem Klick auf den Link "Thorlabs Webseite" öffnet sich die Webseite von Thorlabs im Standardbrowser. "Lizenzvereinbarungen" öffnet die Lizenzdatei des Installationspakets. "Über Thorlabs" öffnet ein Dialog-Fenster mit Informationen über Geräte und Software-Versionen.



Im Falle eines Software-Bugs senden Sie die Versionsnummer des Programms zu Thorlabs. Das hilft, den Fehler zu finden.

B. Werkzeugleiste

Die wichtigsten Menü-Einträge sind auch als Symbol in der Werkzeugleiste zu finden.



Das Klicken auf die Werkzeugleiste hat denselben Effekt wie das Klicken auf einen Menüeintrag. Die Werkzeugleistensymbole haben folgende Bedeutung.



Öffnet und speichert Gerätekonfigurationen in eine Datei



Druckt ein Bildschirmfoto der Benutzeroberfläche



Startet und Stoppt den fortlaufende Gerätebetrieb, nimmt eine Einzelmessung auf und löscht den Inhalt der Fenster



Öffnet die Geräteeinstellungen, die den Beam Profiler betreffen



Öffnet die Programmeinstellungen, die die Benutzeroberfläche und die Ergebnisse der Berechnungen betreffen



Öffnet und schließt die Benutzeroberfläche mit den Unterfenstern 2D Profil, 3D Profil, Ergebnisse der Berechnungen, X-Y Profile, Plot Position and Plot Leistung, Test and Position.



Öffnet drei vordefinierte Unterfenster des Standard-Arbeitsbereichs und schließt alle anderen Fenster.



Öffnet die Online-Hilfe-Datei

C. Statusleiste

Power too high, camera saturated! Attenuation: 20 dB | Exposure Time: 5,00 ms | Gain: 1.00 x | Live | 14.58 fps

Die Statusleiste wird benutzt, um wichtige Statusinformationen über den Camera Beam Profiler darzustellen.

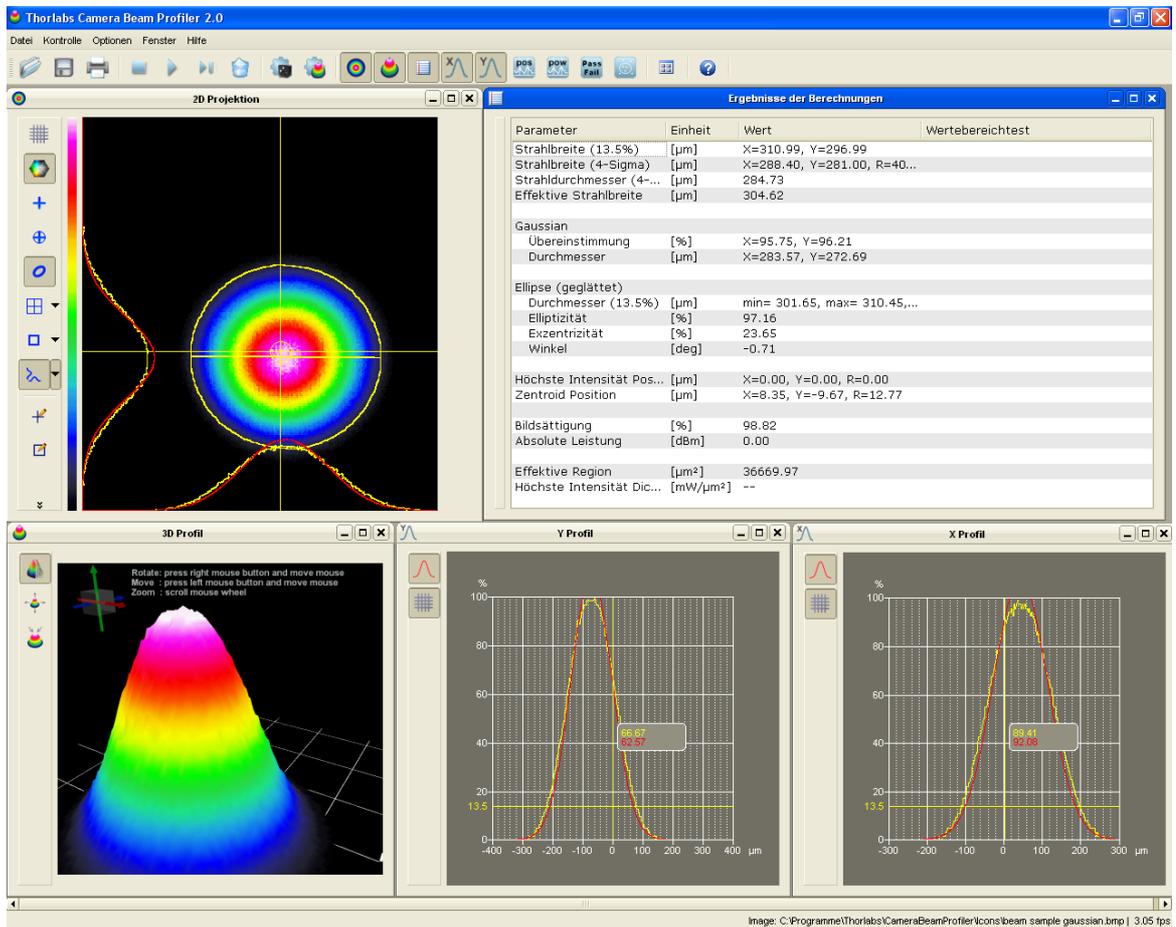
- Fehler und Warnungen siehe Kapitel [Warnungen und Fehler](#)^[142]
- Abschwächungseinstellungen ([Filterrad](#)^[9]) oder externe Dämpfung)
- Kameraeinstellungen wie Belichtungszeit und Verstärkungsfaktor
- Ausgewählter Gerätetyp (gespeichertes Bild und Live-Bild)
- Momentane Wiedergaberate des Programm in Bilder pro Sekunde (fps)

3.3.2 Fensteranordnung

Wenn das Programm zum ersten Mal gestartet wird, öffnen sich drei Unterfenster und arrangieren sich automatisch: "[2D Projektion](#)^[34]", "[3D Modell](#)^[39]" und "[Ergebnisse der Berechnungen](#)^[42]". Das Programm bietet darüber hinaus weitere Fenster: "[X Profil](#)^[41]", "[Y Profil](#)^[41]", "[Plot Positionen](#)^[43]", "Plot Power", "[Test](#)^[44]" und "[Position](#)^[45]". Alle diese Fenster können über ein entsprechendes Symbol in der Werkzeugleiste oder das Menü "Fenster" geöffnet und geschlossen werden.

Das Erscheinungsbild der Beam Profiler Software kann nach Belieben und

Bedürfnissen über die Fenster angeordnet werden. Alle Unterfenster können in der Größe variiert und in der Position flexibel verschoben werden. Hier ist ein Beispiel, wie die Fenster angeordnet werden können:



Um ein Unterfenster zu schließen, wählen Sie den Menüeintrag ab, klicken Sie auf das entsprechende Werkzeugleistsymbol oder klicken Sie den X-Button in der rechten oberen Ecke des Fensters.

Jedes Unterfenster kann verschoben und in seiner Größe verändert werden. Falls ein Unterfenster geschlossen wird, bleiben seine Einstellungen gespeichert, so dass es dieselbe Position und Größe beim Neuöffnen haben wird wie zuvor.

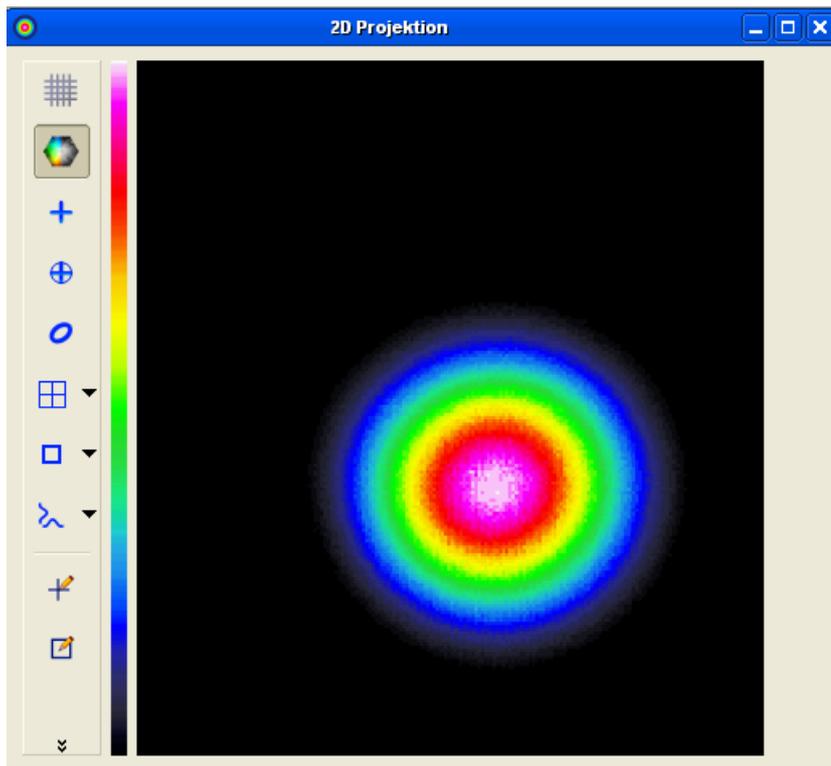
Wenn das Programm geschlossen und neu geöffnet wird, bleiben die Unterfenster ebenfalls erhalten. Um die Fenster automatisch zu arrangieren, nutzen Sie die Funktion "Kachelansicht".

3.3.2.1 2D Projektion

Die 2D-Projektion-Grafik zeigt das Bild des Beam Profilers, auf dem die Intensitätsverteilungen innerhalb eines ausgewählten Bereichs (region of interest = ROI) farblich markiert sind.

Das Fenster kann über den Menü-Eintrag "2D Projektion" oder über den  -Button in der Werkzeugleiste geöffnet und geschlossen werden. Das Fenster kann darüber hinaus über den X-Button in der oberen rechten Ecke des Unterfensters

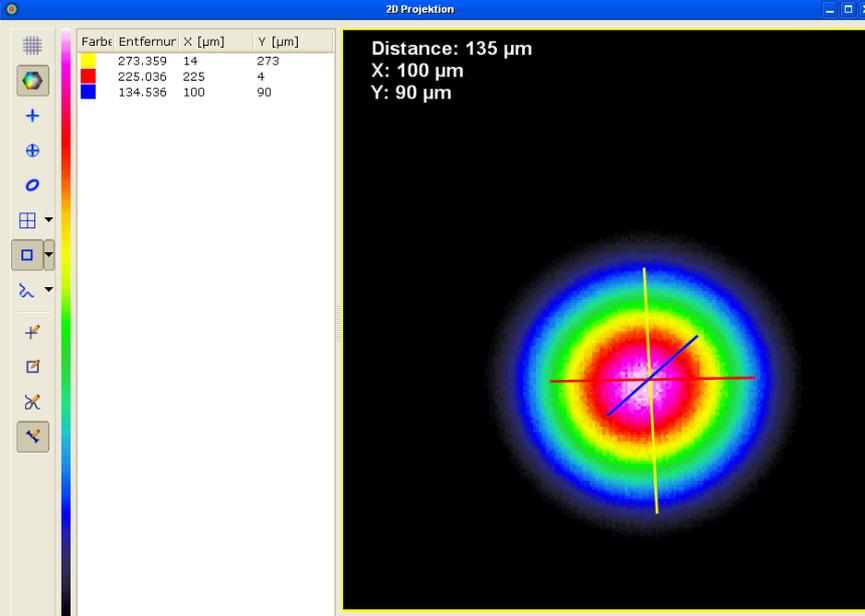
geschlossen werden.



Auf der linken Seite des 2D-Profil-Fensters ist eine Werkzeugleiste mit folgenden An- und Ausschalt-Buttons platziert.

Werkzeugleisten-Symbol	Erklärung
 Skalierung	Zeigen und Verbergen der X- und Y-Skalierung
 Farbmodus	Änderung der Bildfarbe von Grauskalierung zu Farbmodus
 Peak-Position	Markierung der Peak-Position mit einem grünen Kreuz
 Schwerpunktsposition	Markierung des Schwerpunkts des Strahls mit einem blauen Kreuz und einem blauen Kreis
 Ellipse	Anzeige der angenäherten Strahlellipse in gelber Farbe. Die Ellipse wird mit den gefitteten oder ungefitteten numerischen Daten gezeichnet. Unter Programmeinstellungen ^[60] lässt sich diese Option einstellen.
 <ul style="list-style-type: none"> • Set Reference Position to sensor center Set Reference Position to roi center Set Reference Position to peak position Set Reference Position to centroid position Set Reference Position to user position 	Die Bezugsposition hat Einfluss auf die berechneten Ergebnisse. Die Peak- und die Schwerpunktsposition beziehen sich auf die Bezugsposition. Die Bezugsposition kann entweder die Mitte des Sensors, die Mitte der ROI, der Peak-Position, der Schwerpunktsposition oder eine benutzerdefinierte Position sein, die mit Hilfe des Bezugspunkt-Editiermodus gesetzt werden kann.

Werkzeugleisten-Symbol	Erklärung
 <ul style="list-style-type: none"> Set calculation area by user Set calculation area to full size • Set calculation area automatic 	<p>Definition der Berechnungsregion, die eine Teilfläche des sichtbaren Kamerabildes ist, die wiederum über die ROI definiert wird (siehe Geräteeinstellungen^[52]).</p> <p>Nur Pixel innerhalb der Berechnungsregion werden abgefragt und für die Strahldatenberechnung berücksichtigt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Setzen der Berechnungsregion durch einen Benutzer: Die letzte benutzerdefinierte Berechnungsregion wird benutzt. Falls keine Berechnungsfläche definiert wurde oder die Berechnungsregion außer der momentanen betrachteten Bildregion (ROI) liegt, erscheint eine Fehlermeldung und die Berechnungsregion wird auf die letzte Auswahl zurückgestellt. • Die Berechnungsregion kann mittels des Berechnungsregion-Editiermodus gesetzt werden. • Setzen der Berechnungsregion zu maximaler Größe: Die Berechnungsregion umfasst das gesamte Bild. Angemerkt sei, dass die Berechnungsregion auf maximale Größe gesetzt wird, sobald eine neue ROI gewählt wird. • Setzen der Berechnungsregion auf automatisch: Das Programm berechnet die Fläche für jedes neue Kamerabild erneut, siehe Programmeinstellungen^[60]. Das ist die Standardeinstellung.
 <ul style="list-style-type: none"> Fix crosshair to peak Fix crosshair to centroid Fix crosshair to center • Fix crosshair to position 	<p>Zeichnen der X- und Y-Profilen in den 2D-Projektionsgraph, der die Leistungsverteilung als einen horizontalen und vertikalen Querschnitt zeigt.</p> <p>Die Positionen der X- und Y-Querschnitt können über die Peak-Position, den Schwerpunkt, der Bildmitte oder eine benutzerdefinierte Position bestimmt werden. Die Standardeinstellung ist "Setze Schnittpunkt auf Peak-Position". Wenn keine Benutzerposition bestimmt wird, ist die Benutzerposition der Schwerpunkt.</p>
 <p>Bezugspunkt Editiermodus</p>	<p>Setzen einer benutzerdefinierten Bezugsposition mit einem Klick mit der linken Maustaste in das Projektionsbild.</p>
 <p>Profilposition Editiermodus</p>	<p>Um eine benutzerdefinierte Position zu bestimmen, klicken Sie einfach auf die gewünschte Bildposition. Die ausgewählte Pixelreihe ist die Quelle für das Diagramm der X-Profilen und die ausgewählte Spalte für das Diagramm der Y-Profilen.</p>
 <p>Berechnungsregion Editiermodus</p>	<p>Zeichnen Sie ein Rechteck der gewünschten Größe in das 2D-Projektionsfenster. Halten Sie die linke Maustaste gedrückt und ziehen Sie von der gewünschten oberen linken Ecke ein Rechteck zur gewünschten unteren rechten Ecke und lassen Sie die Maustaste los. Das Rechteck sollte groß genug sein, den Strahl abzudecken.</p>
 <p>Entfernungsmessungsmodus</p>	<p>Der Entfernungsmessungsmodus öffnet eine Tabelle neben der Bildprojektion. Wenn eine Linie mittels "Drag and Drop" in die Projektion hinein gezeichnet wird, erscheint in der Tabelle die berechnete Entfernung. Maximal können zehn Linien gezeichnet</p>

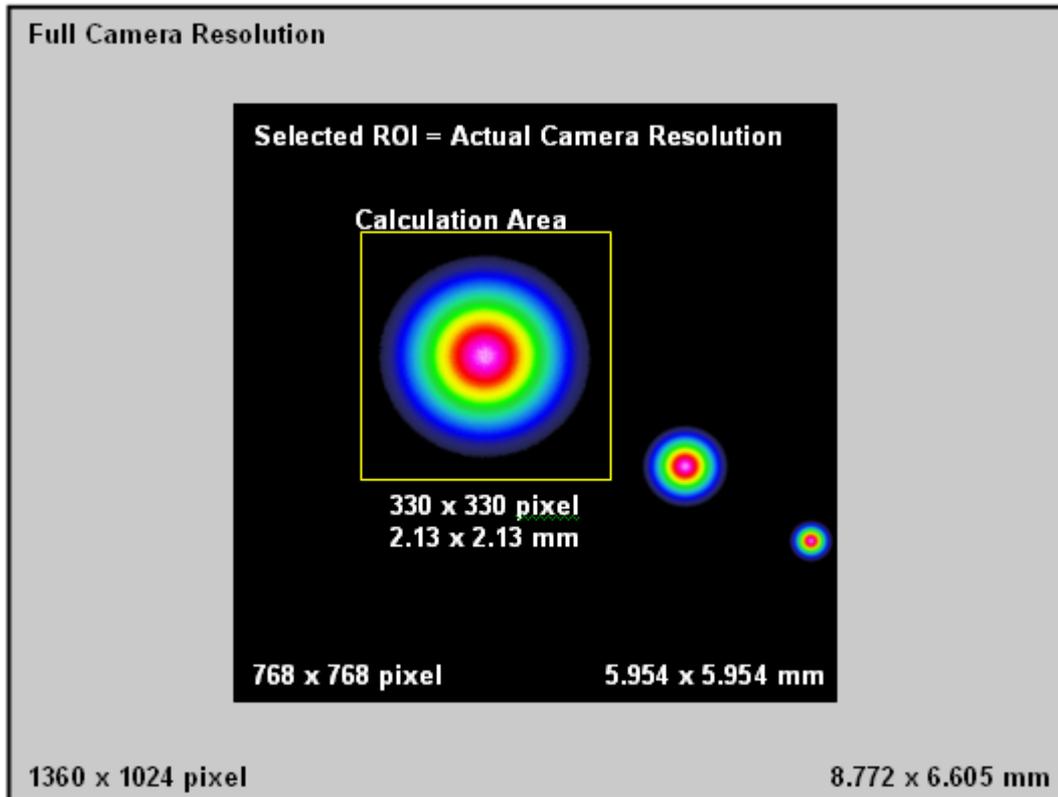
Werkzeugleisten-Symbol	Erklärung
	<p>werden. Linien können entfernt werden, indem sie ausgewählt werden und danach die Taste "DEL" betätigt wird oder indem aus dem Kontextmenü der Eintrag "Entfernung löschen" gewählt wird.</p> 

Falls die Fensterhöhe ist kleiner als die vollständige Werkzeugleiste, sind die kleineren Symbole in ein Menü gepackt, die über einen Pfeil am unteren Ende der Werkzeugleiste erreichbar sind.

Achtung

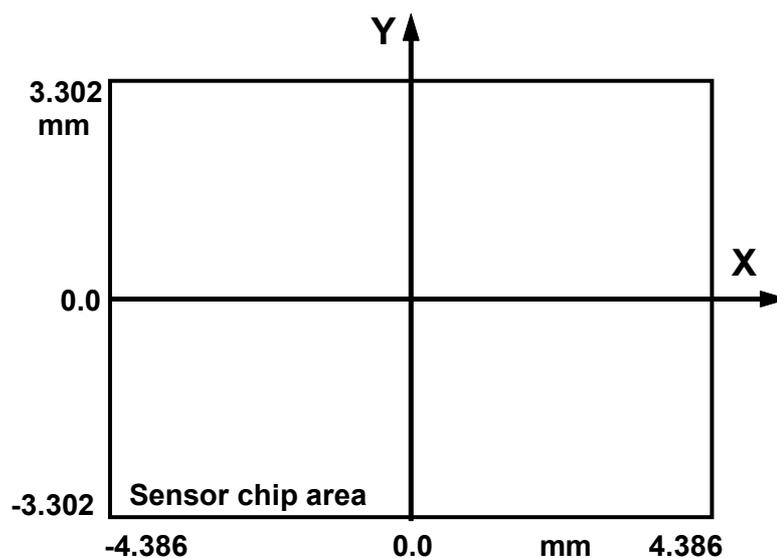
Die Berechnungsregion darf nicht die Strahlprofileteile geringerer Intensität abschneiden. Dies kann falsche Messdaten verursachen!

Der folgende Graph zeigt ein Beispiel einer gewählten ROI und Berechnungsregion:

**Beispiel:**

Ein Strahl trifft auf den Beam Profiler einmal direkt und zusätzlich über mehrere Reflexionen. Die ROI wird auf 768x768 Pixel gewählt, so dass alle drei Strahlen in der 2D-Projektion sichtbar sind. Aber, um die Bildabfrage nur auf den Hauptstrahl zu setzen, wurde eine Berechnungsregion gewählt.

Innerhalb dieses 2D-Projektionsfeldes, sind die X- und Y-Koordinaten wie folgt definiert:



Unabhängig von der gewählten Einheit (Pixel oder μm) ist der Ursprung des

Koordinatensystems innerhalb des Programmeinstellungsfeldes (s. [Programmeinstellungen](#)^[60]) der gewählte Bezugspunkt. Die horizontale Achse ist die X-Achse, die vertikale die Y-Achse. Beide Achsen sind beschriftet auf dem Beam-Profilier-Gehäuse.

3.3.2.2 3D Profil

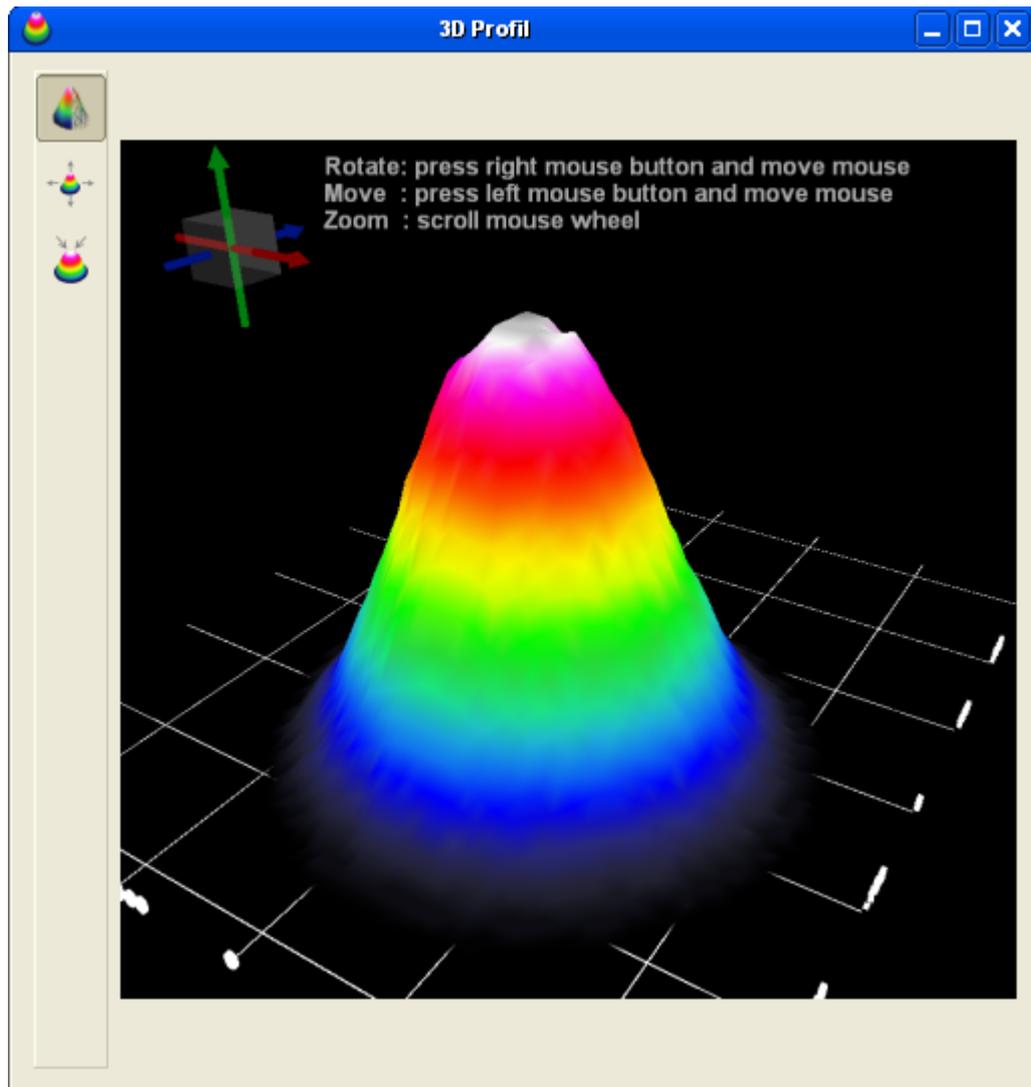
Das 3D-Profil zeigt die Leistungsdichteverteilung des gemessenen optischen Strahls. Während der Strahlquerschnitt parallel zur x-y-Ebene ist, zeigt die relative Leistungsdichte in die z-Richtung.

Dieses Fenster kann über den Menüpunkt "3D-Profil" oder über  geöffnet und geschlossen werden. Ein Klick auf das X in der oberen rechten Fensterecke schließt das Fenster ebenfalls.

Das 3D-Profil kann mittels Mauseingaben im Unterfenster bewegt, rotiert und gezoomt werden. Anweisungen, durch die die Darstellung des Graphen geändert werden kann, werden im Folgenden gezeigt.

- Rotation:** Drücken der rechten Maustaste und Maus bewegen
- Bewegung:** Drücken der linken Maustaste und Maus bewegen
- Zoom:** Scrollen des Mousrads

Diese Anweisungen werden auch im 3D-Fenster angezeigt, wenn die Maus für drei Sekunden und länger nicht bewegt wird. Sie verschwinden wieder, wenn die Maus bewegt wird.



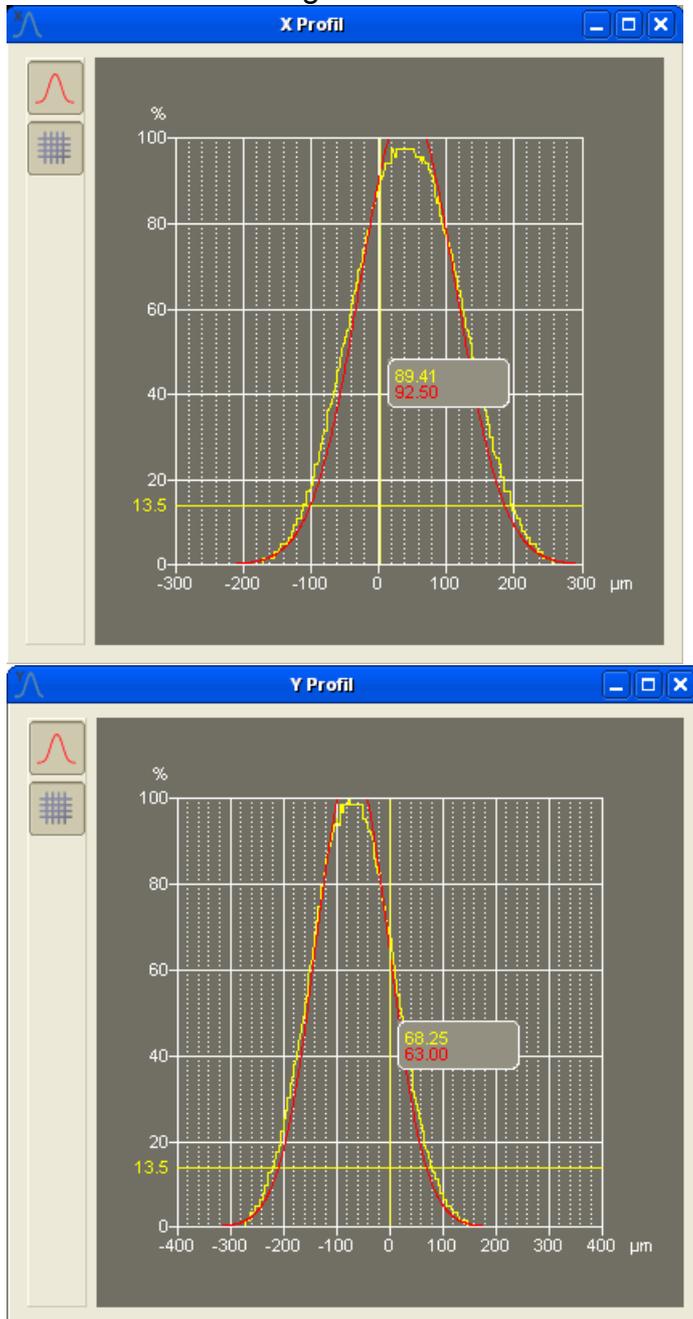
Die folgende Tabelle fasst die verfügbaren Werkzeugleistsymbole im 3D-Profilfenster zusammen und listet deren Bedeutung auf.

Werkzeugleiste nsymbol	Erklärung
	Wechsel zwischen der Drahtgitter- (Standard) und der flächigen Ansicht.
	Zurücksetzen der veränderten Bewegungen, Rotationen und Zoom.
	Rotation des Profils zu einer auf eine Draufansicht, Zentrierung um die Peak-Position.

Position, Größe und Rotationswinkel werden auch im [Programmeinstellungen](#)⁶⁰-Fenster gezeigt. Hier können numerische Werte eingegeben werden, um die 3D-Profilansicht zu definieren.

3.3.2.3 X,Y Profile

Jedes der zwei Fenster kann über die Menüpunkte "X-Profil" bzw. "Y-Profil" oder durch klicken des entsprechenden Symbols in der Werkzeugleiste geöffnet und geschlossen werden. Ebenso können die Fenster über einen Klick auf das X in der oberen rechten Ecke geschlossen werden.



Das X-Profil zeigt eine einzelne Pixelreihe, die von dem Kamerabild aufgenommen wurde, wobei das Y-Profil eine einzelne Pixelspalte zeigt. Die Spalte und die Reihe sind über den Bezugspunkt im 2D-Graphen definiert (siehe dazu [2D-Projektion](#)^[34]).

Der gelbe Graph zeigt die gemessenen Profile, wobei die rote Kurve die approximierte Gauß-Fit-Funktion zeigt. Die gemessene Kurve ist immer automatisch skaliert und zeigt eine relative Intensität von 0 bis 100%, wobei 100% den maximalen Wert in der ausgewählten Reihe/Spalte bedeuten. Die Amplituden

der Gaußschen Fitkurven können kleiner oder sogar größer als die Peakintensität der gemessenen Kurve sein.

Das ausgewählte Clip Level (standardmäßig bei 13,5%) wird in die vertikale Skalierung eingefügt. Die horizontale Skalierung wird in Pixeln oder μm dargestellt und hat einen Bereich, der dem der ROI entspricht (siehe [Berechnungsregion](#)^[52]).

Die Einheit der Skalierung kann unter [Programmeinstellungen](#)^[60] geändert werden.

Werkzeugleiste nsymbol	Erklärung
	Ein- und Ausschalten der Gaußschen Fitfunktion. Standardmäßig wird der Fit gezeigt.
	Ein- und Ausschalten des Gitters. Standardmäßig ist das Gitter eingeschaltet.

Um das Diagramm zu zoomen, zeichnen Sie ein Rechteck mit der linken Maus. Im gezoomten Zustand erscheinen drei Buttons in der oberen rechten Ecke des Diagramms. Der "Undo"-Button macht den letzten Zoom-Schritt rückgängig, der "Home"-Button zeigt das vollständige Diagramm. Der "Redo"-Button führt die zuletzt zurückgenommenen Zoomstufe wieder aus.

Wenn sich die Mausposition nahe der vertikalen Cursorlinie befindet, wechselt die Maus zu . Die Cursorlinie kann nun verschoben werden, indem die linke Maustaste gedrückt und zu einer Seite des Diagramm gezogen wird. Die aktuellen Werte des Schnittpunkts von vertikaler Linie und Gauß-Fit bzw. geplotteter Kurve sind in einem rechteckigen Kasten neben der Maus angezeigt.

Wenn die Mausposition neben der X- oder Y-Achse ist, ändert sich der Mauszeiger zu  bei der vertikalen bzw. zu  bei der horizontalen Skalierung. Das Auf- und Abbewegen bzw. die Links-Rechts-Bewegung verändert mit gedrückter Maustaste die jeweilige Skalierung.

Die Position des Graphs kann über die Pfeiltasten (unten, oben, rechts, links) bewegt werden.

3.3.2.4 Ergebnisse der Berechnungen

In diesem Fenster werden die Ergebnisse dargestellt. Es kann über das Menü

"Berechnung der Ergebnisse" sowieso über den Button  in der Werkzeugleiste geöffnet und geschlossen werden. Das Fenster kann über einen Klick auf das X in der oberen rechten Fensterecke geschlossen werden.

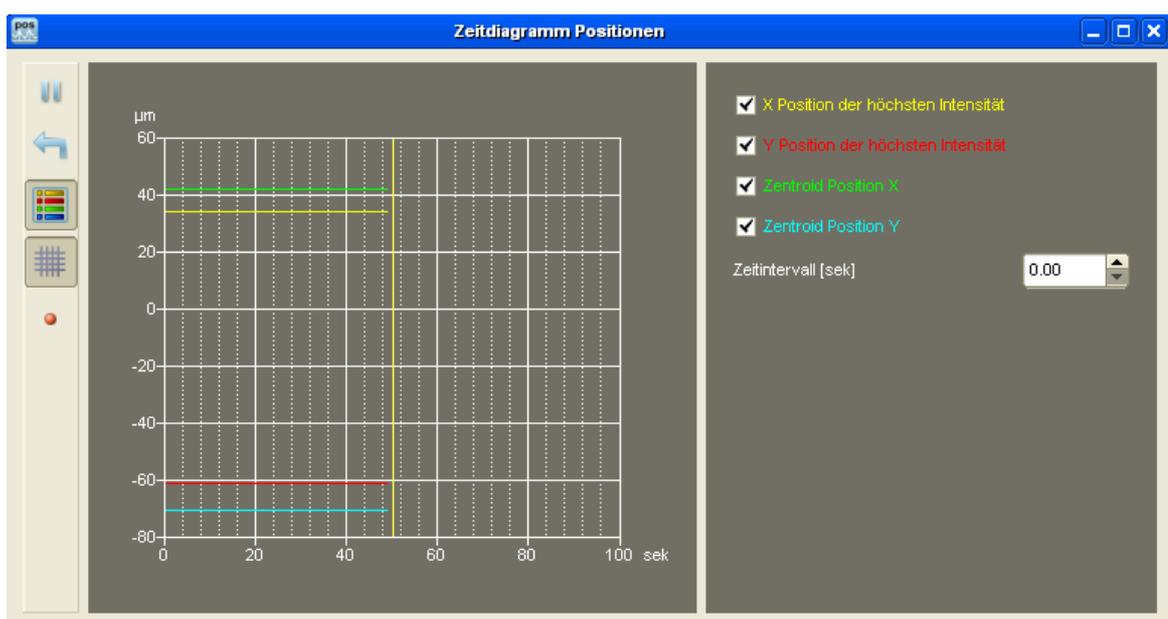
Benutzen Sie die [Programmeinstellungen](#)^[60], um die Ausgabeparameter zu definieren, welche berechnet und angezeigt werden sollen. Es gibt auch die Möglichkeit, die Einheiten für die Berechnungen zu wechseln.

Parameter	Einheit	Wert	Wertebereichstest
Strahlbreite (13.5%)	[μm]	X=308.26, Y=302.99	
Strahlbreite (4-Sigma)	[μm]	X=288.40, Y=281.00, R=402.66	
Strahldurchmesser (4-...	[μm]	284.73	
Effektive Strahlbreite	[μm]	304.62	
Gaussian			
Übereinstimmung	[%]	X=95.85, Y=96.35	
Durchmesser	[μm]	X=283.11, Y=274.47	
Ellipse (geglättet)			
Durchmesser (13.5%)	[μm]	min= 301.65, max= 310.45, mean= 306.05	
Elliptizität	[%]	97.16	
Exzentrizität	[%]	23.65	
Winkel	[deg]	-0.71	
Höchste Intensität Pos...	[μm]	X=0.00, Y=0.00, R=0.00	
Zentroid Position	[μm]	X=8.35, Y=-9.67, R=12.77	
Bildsättigung	[%]	98.82	
Absolute Leistung	[dBm]	-51.01	
Effektive Region	[μm^2]	36669.97	
Höchste Intensität Dic...	[mW/ μm^2]	2.16e-10	

Die Breiten der Spalten ist vorbestimmt und kann verändert werden. Alle Messparameter werden unter [Messergebnisse](#)^[70] beschrieben.

3.3.2.5 Plots

Es gibt vier Plot-Fenster für Positionen, Leistung, Gauß-Fit und Winkel. Jedes Fenster besteht aus einem Plot-Diagramm und einer Legende. Das Fenster kann durch Klicken des entsprechenden Menüeintrags unter "Fenster" geöffnet und geschlossen werden. Jedes Fenster lässt sich auch durch einen Klick auf das X in der oberen rechten Ecke des jeweiligen Fensters schließen.



Der Benutzer kann die farbigen Plots durch Anklicken der jeweiligen Check-Box in der Legende an- und abwählen.

Die geplotteten Daten sind automatisch in der Y-Achse skaliert. Um einen Teil des Diagramms zu zoomen, lässt sich für den interessierten Bereich mit der linken Maustaste ein Rechteck markieren.

Im gezoomten Zustand erscheinen drei Buttons in der oberen rechten Ecke des Diagramms. Der "Undo"-Button macht den letzten Zoom-Schritt rückgängig, der "Home"-Button zeigt das vollständige Diagramm. Der "Redo"-Button führt die zuletzt zurückgenommenen Zoomstufe wieder aus.

Werkzeugleistensymbol	Erklärung
	Tausch zwischen Plotten und Pause
	Löscht die zu geplotteten Daten
	Ein- und Ausblenden der Legende. Standardmäßig ist die Legend eingeschaltet.
	Ein- und Ausschalten der Gitteransicht. Standardmäßig ist das Gitter eingeschaltet.
	Starten und Stoppen der Aufnahme von geplotteten Daten. Der Speicherort der Log-Datei kann in den Programmeinstellungen verändert werden. Der Standarddateiname lautet "DataLog.txt" und liegt im Installationspfad. Die Logdatendatei kann umbenannt oder verschoben werden, wenn das Programm geschlossen ist.

3.3.2.6 Test

Dieses Fenster dient der Definition von Testparameter-Bereichen.

Das Fenster kann über den Menüeintrag "Wertebereichtest" oder einen Klick auf

den -Button in der Werkzeugleiste geöffnet und geschlossen werden. Das Fenster kann ebenfalls über einen Klick auf das X in der oberen rechten Ecke des entsprechenden Fensters geschlossen werden.

Das Fenster ist in zwei Teile geteilt. Auf der linken Seite sind alle verfügbaren Parameter gezeigt. Durch das Auswählen eines Parameters lässt sich auf der rechten Seite der Wertebereich einstellen. Die Einheiten hängen von der aktuellen Einstellung ([Programmeinstellungen](#)^[60]) ab und werden im Fenster [Ergebnisse der Berechnungen](#)^[42] angezeigt.

Für jeden Parameter kann ein Minimum und ein Maximum gesetzt werden. Wenn die aktuelle Berechnung einen Wert in dem gesetzten Bereich ergibt, erscheint ein grünes Symbol neben dem Parameter. Wenn der aktuelle Wert außerhalb des Bereich ist, wechselt das grüne Symbol in ein rotes.

Nur durch Markieren der Parameter werden diese getestet. Um einen Parameter hinzuzufügen, klicken Sie auf die Check-Box neben dem entsprechenden Parameter.



Mit der ersten Installation des Camera Beam Profilers, sind alle Testparameter entsperret (frei bedienbar). Um sie zu sperren, klicken Sie den "Sperrere Testparameter"-Button und wählen Sie ein Passwort.

Anmerkung

Das Passwort kann nur ein einziges Mal gewählt werden. Ein gewähltes Passwort kann nicht geändert werden. Bei Problemen und Fragen wenden Sie telefonisch oder per Email sich an unsere Kundenbetreuung.

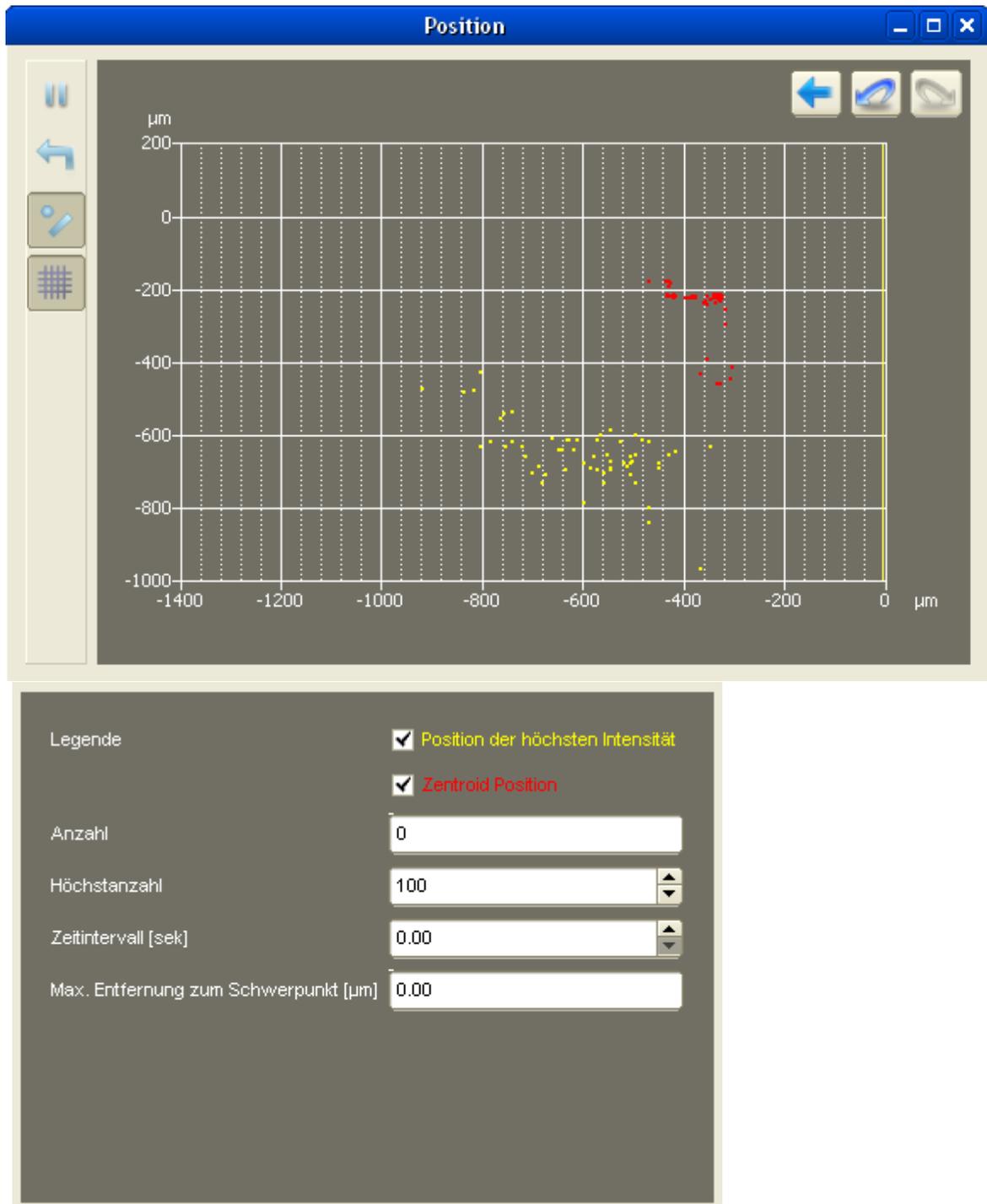
Der Parameterbereich kann nicht verändert werden, wenn die Parameter gesperrt sind. Um die Parameter zu entsperren, drücken Sie den "Sperrere/Entsperrere Testparameter"-Button und geben Sie das korrekte Passwort ein.

Um den Parameterbereich das nächste Mal erneut benutzen zu können, können Sie die Parameter in einer Testparameterkonfigurationsdatei abspeichern. Diese Datei wird beim nächsten Programmstart geladen. Um Testparameter aus einer Datei zu laden, drücken Sie "Parameter laden" und wählen Sie die gewünschte Testparameterkonfigurationsdatei.

Werkzeugsymbol	Erklärung
	Sperrere/Entsperrere der Testparameter
	Laden der Testparameterkonfiguration
	Speichern der Testparameterkonfiguration

3.3.2.7 Positionen

Ein Fenster ist für die zeitliche Positionsmessungen erdacht. In diesem Diagramm ist jede Peak- oder Schwerpunktsposition durch einen Punkt oder eine verbundene Linie angedeutet.



Werkzeugsymbol	Erklärung
	Wechsel zwischen Plotten und Pause
	Löschen der geplotteten Daten
	Darstellung zwischen Punkten und Linien. Standardmäßig werden die Punkte mittels Punkten angezeigt.

Werkzeugsymbol	Erklärung
	An- und Ausschalten der Gitteransicht. Standardmäßig ist das Gitter eingeschaltet.

Auf der rechten Seite des Fenster zeigt die Legende die Quelle der geplotteten Positionen. Die Farbe korrespondiert mit dem Namen der berechneten Parameter.

Unter der Legende wird die Anzahl der geplotteten Positionen gezeigt. Das Maximum der geplotteten Positionen kann mit "Anzahl" bestimmt werden. Eingaben von 1 bis 1.000.000 werden akzeptiert.

Der nächste Parameter bestimmt das Zeitintervall, das zwischen zwei geplotteten Punkten vergehen soll. 0.00 Sekunden plottet die Daten so schnell wie möglich und so viele Punkte, wie empfangen werden. Der Wertebereich für das Zeitintervall muss zwischen 0 und 10.000 Sekunden mit einer Auflösung von 0.01 Sekunden liegen.

Der letzte Parameter stellt die maximale Distanz der geplotteten Positionen zu dem Schwerpunkt aller geplotteten Positionen dar. Die Position des Schwerpunkts kann mit den empfangenden Daten schwanken.

3.3.3 Speichern der Einstellungen

Die aktuellen Einstellungen der Benutzeroberfläche, die die Konfiguration der graphischen Darstellung und die Geräteeinstellungen beinhaltet, werden automatisch gespeichert, wenn Sie das Programm verlassen. Wenn die Beam Profiler Software erneut gestartet wird, werden die Einstellungen erneut geladen, als hätten Sie das Programm nicht unterbrochen.

Ausnahme: Aktuelle Zoom-Einstellungen der 3D-Graphen, die Rotation und die Verschiebung werde nicht gespeichert. Dies ist so realisiert, um den vollständige Aperturbereich den vollständige Amplitudenbereich bei jedem Start der Benutzeroberfläche zu sehen.

Anmerkung

Der Stopstatus einer vorherigen Messung wird bei einem Neustart der Camera Beam Profiler-Software ignoriert, da diese immer im vorlaufenden Modus startet.

3.4 Messung mit dem BC106

Allgemeine Richtlinien für den Betrieb mit dem Camera Beam Profiler BC106

Folgende grundsätzliche Richtlinien sollten beachtet werden, damit Sie korrekte und vertrauensvolle Ergebnisse bekommen.

1. Stellen Sie den Beam Profiler stabil auf, indem Sie die entsprechenden Grundplatten und Schraubengewinde nutzen ([Aufbau und Sensorposition](#)⁸⁾).
2. Stellen Sie einen Betrieb des Geräts innerhalb des erlaubten [Auslegungsbereichs](#)⁷⁸⁾ sicher.
3. Wählen Sie einen Neutraldichte-Dämpfungsfilter aus dem [Filterrad](#)⁹⁾, das für die gewünschte Wellenlänge (UV/VIS) des Lichts angemessen ist.
4. Wählen Sie eine Dämpfung, die für die verwendete Laserleistung geeignet ist.

5. Richten Sie den zu messenden Strahl senkrecht zu der Oberfläche dem BC 106 Camera Beam Profiler aus.
6. Minimieren Sie das in die Beam Profiler-Aperture eintretende Umgebungslicht; benutzen Sie einen hochverlustigen ND-Filter um dieses abzuschwächen.
7. Führen Sie eine [Umgebungslichtkorrektur](#)^[67] im Falle einer im Vergleich zum Umgebungslicht schwachen Lichtquelle durch.

Achtung

Stecken Sie nichts in die Beam-Profiler-Apertur, Sie könnten den fensterlosen Sensorchip beschädigen!

Beugen Sie dem Eintreten von Staub und anderen Kontaminationen in die Apertur vor!

Halten Sie die Strahlleistung im erlaubten Leistungsbereich, andernfalls könnten Sie das Gerät nachhaltig schädigen!

Für eine zuverlässige Leistungsmessung sollten Sie:

1. die korrekte Wellenlänge eingeben
2. die korrekten ND-Filterverluste eingeben
3. eine [Leistungskorrektur](#)^[66] durchführen, um die bestmögliche Leistungsmessgenauigkeit zu erhalten.

Geschwindigkeitsoptimierung

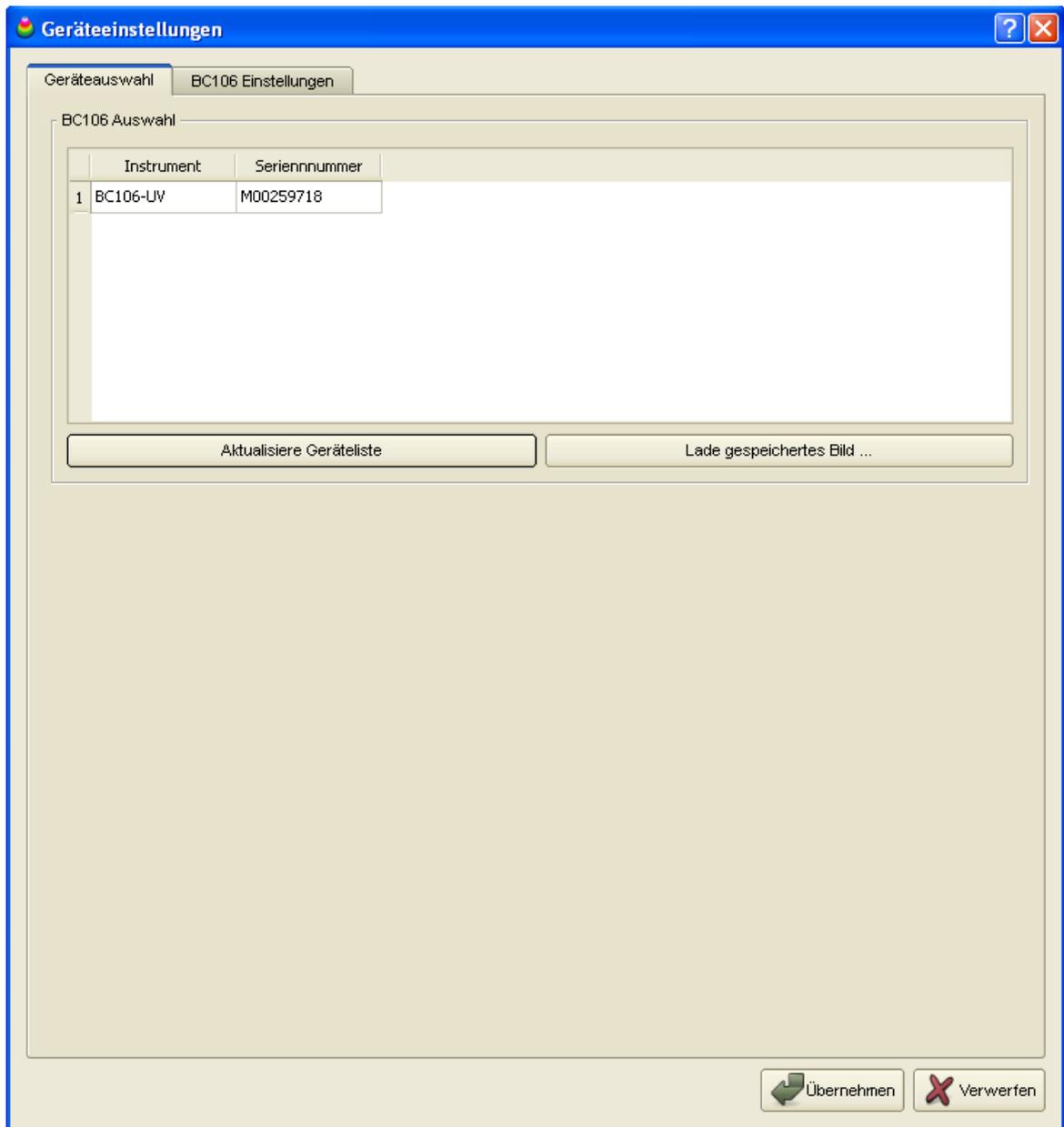
Sobald der BC106-Gerät in der "Geräteauswahl" ausgewählt ist, startet die Messung im fortlaufenden Modus. Es kann vorteilhaft sein, die fortlaufende Messung zu unterbrechen und eine detaillierte Analyse des zuletzt aufgenommenen Bildes des Strahlprofils zu machen. Ferner werden Benutzereingaben schneller verarbeitet, wenn der fortlaufende Bilddatenfluss unterbrochen wird.

Messgeschwindigkeiten des Camera Beam Profiler hängt von den verschiedenen Geräteeinstellungen wie dem Präzisionsmodus (schnell/präzise), der Bildauflösung (ROI) und der Belichtungszeit ab. Darüber hinaus können offene Unterfenster, die die gemessenden Daten darstellen, und die Anzahl der numerischen zu berechnenden Parameter die verfügbare (vom Computersystem abhängige) Messgeschwindigkeit senken.

3.4.1 Betrieb des Messgeräts

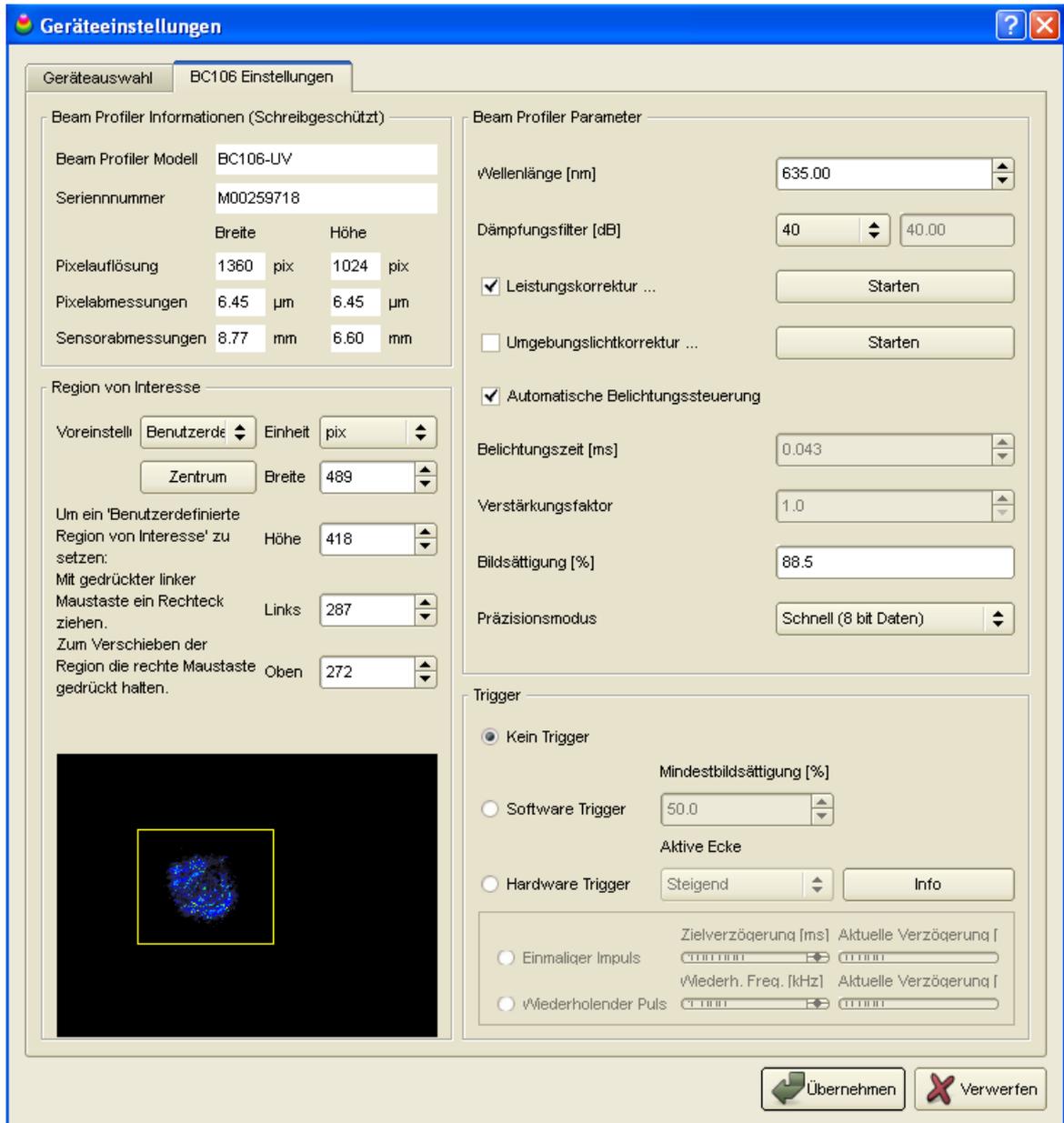
Vergewissern Sie sich, dass der Camera Beam Profiler an den Computer angeschlossen und der Treiber ordnungsgemäß wie in Kapitel [Verbinden mit dem Computer](#)^[22] installiert ist. Während des Programmstart wird ein Geräteauswahlfeld gezeigt.

1. Markieren Sie im Registerreiter "Geräteauswahl" das Gerät "BC106-UV" oder "BC106-VIS", je nachdem, mit welchen Sie arbeiten wollen. Benutzen Sie den Gerätetyp (UV/VIS) zur Geräteidentifikation genauso wie die Seriennummer.



Lesen Sie das Kapitel "[Starten der Software](#)²⁴", um eine detaillierte Beschreibung für weitere Geräteoptionen zu erhalten.

Klicken Sie "OK", um direkt mit dem Beam Profiler zu arbeiten. Oder klicken Sie auf den Registerreiter "**BC 106 Einstellungen**", um mit der Einstellung wichtiger Geräteeinstellung fortzufahren.



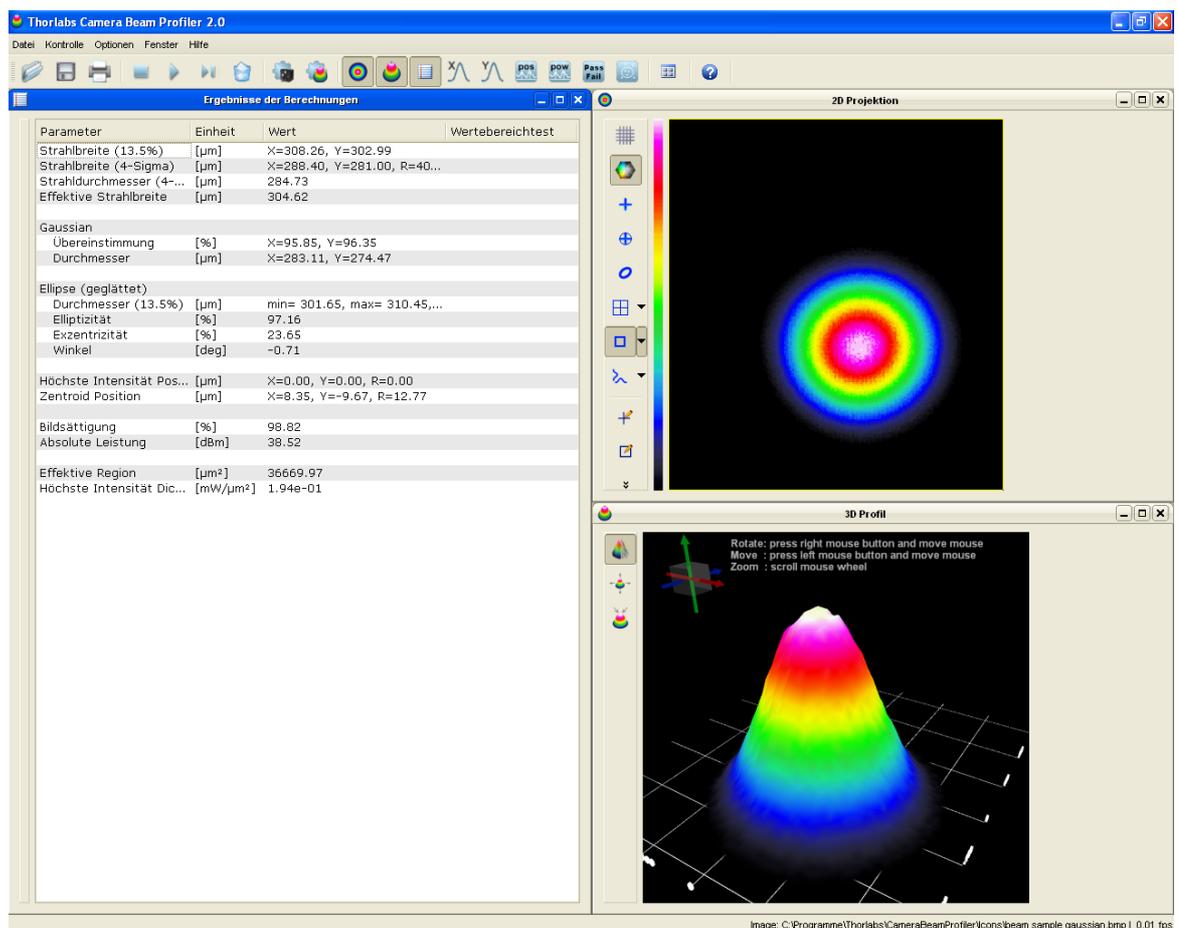
2. Auf der unteren linken Seite erscheint eine **Bildvorschau** der Kamera. Im Falle, dass der verwendete Laserstrahl deutlich kleiner als die verfügbare Sensorfläche ist, ziehen Sie einfach ein Rechteck in dem Vorschaubild, um eine **Region von Interesse (ROI)** zu bestimmen. Der Beam Profiler überträgt im folgenden nur Daten der ausgewählten Fläche.
3. Geben Sie in der oberen rechten Ecke die korrekte **Wellenlänge** des Laserstrahls und die Abschwächung des ausgewählten ND-Filters ein (die nominelle Dämpfung ist auf dem Filterhalter abzulesen).
4. Falls die Kamera zum ersten Mal verbunden ist, sind die folgenden Kameraparameter standardmäßig eingestellt.

Parameter	Standardwert
Leistungskorrektur	AUS, Fabrikseitige Kalibration aktiv
Umgebungslichtkorrektur	AUS, keine Korrektur
Automatische Belichtungskontrolle	AN
Belichtungszeit	0.02 ms (minimum)
Verstärkungsfaktor	1.0 (minimum)
Präzisionsmodus	SCHNELL (8 bit data)
Region von Interesse	VOLLE GRÖSSE

Diese Werte wurde gewählt, um vernünftige Bedingungen für die meisten Anwendungen zu erzielen. Lesen Sie das Kapitel [Geräteeinstellungen](#)^[52], um eine detaillierte Beschreibung aller Einstellungen und zusätzlich Eigenschaften zu erhalten.

5. Klicken Sie "OK" , um die Einstellungen zu übernehmen. Die Messung beginnt sofort im fortlaufenden Modus

Wenn das Programm zum ersten Mal gestartet wird, werden drei Unterfenster geöffnet und automatisch angeordnet. Der Benutzer kann über die Einträge im Fenstermenü oder über die Symbole in der Werkzeugleiste weitere Unterfenster öffnen und schließen.



Das Fenster [2D-Projektion](#)^[34] zeigt die gemessene Intensitätsverteilung über die

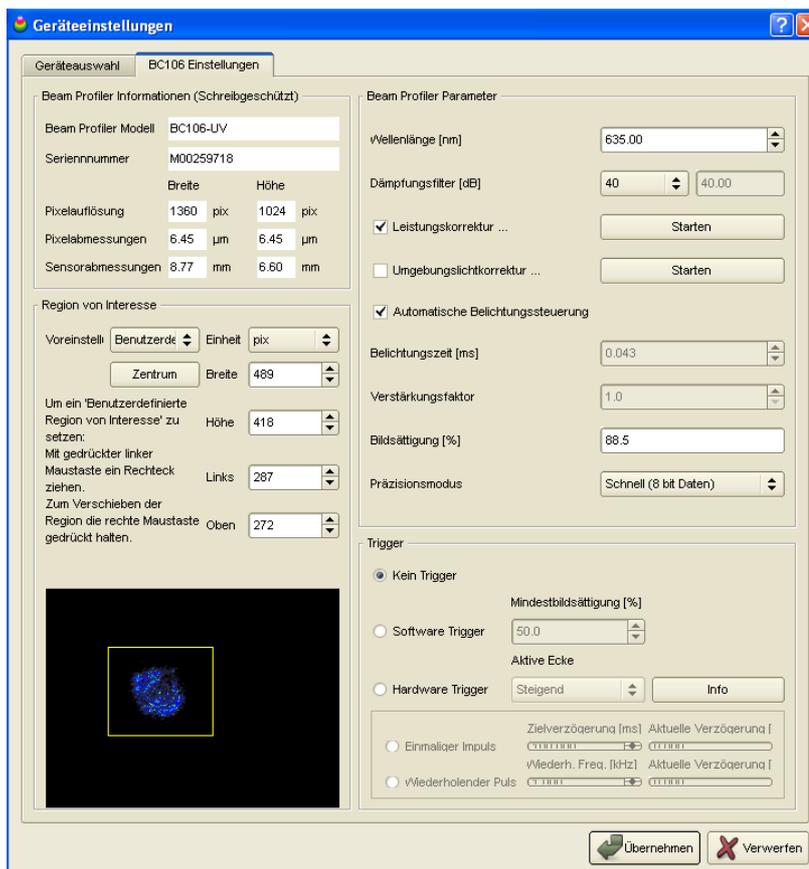
Sensorfläche in grauer oder in farbiger Skalierung, wobei das [3D-Profil](#)^[39] durch eine Konvertierung der Strahlintensität in die dritte Dimension berechnet wird. Numerisch berechnete Ergebnisse werden dem entsprechenden [Ergebnisse der Berechnungen](#)^[42]-Fenster dargestellt. Die Anzahl der berechneten Parameter kann über die [Programmeinstellungen](#)^[60] gesteuert werden. Alle Inhalte der Unterfenster und deren verfügbaren Optionen werden im Kapitel [Fensteranordnung](#)^[33] erläutert.

3.4.2 Geräteeinstellungen

Ausgehend davon einwandfreie Messungen mit dem BC106 zu machen, müssen einige Geräteeinstellungen überprüft und ggf. an die Messanwendung angepasst werden.

Öffnen Sie "Optionen" → "Geräteeinstellungen..." aus der Menüleiste oder klicken

Sie auf das Werkzeugleistsymbol , die Geräteeinstellungen zu öffnen. Wählen Sie den rechten Registerreiter "BC106 Einstellungen".



Dieses Fenster enthält eine Reihe von wichtigen Kameraeinstellungen, die durch den Benutzer geändert werden können. Werden Sie mit diesen Einstellungen vertraut, um ungenaue und fehlerhaften Messungen vorzubeugen. Alle sichtbaren Einstellmöglichkeiten werden im folgenden erklärt.

Beam-Profiler-Informationen

Diese Daten werden aus dem BC106-Gerät ausgelesen und informieren Sie über das gewählte Beam-Profiler-Modell (VIS oder UV), seine Seriennummer und wichtige Sensorinformationen.

Beam Profiler Informationen (Schreibgeschützt)			
Beam Profiler Modell	BC106-UV		
Seriennummer	M00259718		
	Breite	Höhe	
Pixelauflösung	1360 pix	1024	pix
Pixelabmessungen	6.45 μm	6.45	μm
Sensorabmessungen	8.77 mm	6.60	mm

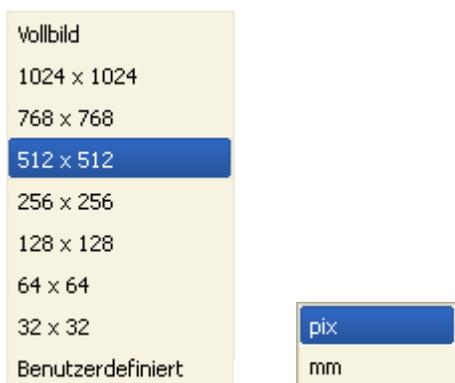
Die unteren Anzeigevorrichtungen zeigen die maximale Kameraauflösung der Region von Interesse (ROI) in Pixel, die Pixelgröße und die maximal physikalisch verfügbare Sensorgröße.

Region von Interesse (ROI)

Die ROI definiert eine Unterfläche innerhalb der maximal verfügbaren Sensoroberfläche, wobei das maximale ROI 1360x1024 und das kleinste 32x32 Pixel hat. Nur Bilddaten der ausgewählten ROI werden von dem Camera Beam Profiler auf den Computer übertragen, so dass eine kleine ROI-Größe die Bandbreitenanforderungen reduziert und dafür die Messgeschwindigkeit (in Bildern pro Sekunden; frames per second = fps) erhöht.



Einige vordefinierte ROIs können über Anklicken im entsprechenden Steuerungsfenster ausgewählt werden.



Durch Auswahl einer vordefinierten ROI wird die ROI automatisch um die Sensormitte zentriert. Das untere **Vorschau** zeigt die ROI und deutet die Grenzen mit einem gelben Rechteck an. Um die ausgewählte Fläche innerhalb der verfügbaren Sensorfläche zu verschieben, klicken Sie rechts in das Bild ziehen die Maus.

Sie können ebenfalls eine benutzerdefinierte ROI auswählen. Zeichnen Sie einfach ein Rechteck in das Vorschau, indem Sie mit der linken gedrückten Maustaste von der oberen linken Ecke zur unteren rechten Ecke einen Kasten ziehen. Der

zuletzt gültige Wert des ROIs wird durch "**Benutzerdefiniert**" ersetzt, und die ausgewählte ROI-Größe und -Position wird in den Steuerungselementen angezeigt. Diese Werte können auch verändert werden, indem die gewünschten Breite, Höhe, Links- und Oben-Werte eingegeben werden. Die Einheiten können zwischen Pixel und mm gewechselt werden.

Anmerkung

Der Ursprung der ROI (0,0) befindet sich in der oberen, linken Ecke des gesamten Sensorfeldes, so dass "Links" und "Oben" die linken und oberen ROI-Grenzen in Bezug auf diese Ecke beschreiben. Verwechseln Sie dies nicht mit den X- und Y-Koordinaten, die in Bezug auf die Mitte des ROI definiert sind (siehe unten).

Klicken Sie "**Zentrieren**", um die aktuell gewählte ROI in Bezug zur gesamten Bildflächen zu zentrieren.

Richtige ROI-Ausrichtung

Im Falle, dass zu messende Strahl deutlich kleiner als die Camera Beam Profiler-Apertur ist, ist es ratsam, die aufgenommene Fläche durch die Kamera begrenzen zu lassen. Reduzieren Sie die Bildfläche durch Definition einer ROI derart, dass der Strahl die ROI ausfüllt. Aber verkleinern Sie die ROI nicht zu viel, dass Flächen geringerer Intensität um den Laserstrahl abgeschnitten werden! Dies kann zu ungenauen und fehlerhaften numerischen Messresultaten führen oder sogar zur Vermeidung einer Strahlbreite, da das ausgewählte Clip Level (standardmäßig bei 13,5%) nicht innerhalb der ROI erreicht wird. Wenn der Strahl nach einem Test nicht in die ausgewählte ROI-Fläche passt, ist es notwendig die ROI zu vergrößern. Die ROI-Höhe und -Breite sollte mindestens die doppelte Größe der Strahlbreite haben.

Anmerkung

Der Ursprung des Beam Profilers (X=0, Y=0) ist immer in der Mitte des gesamten Sensorfeldes, so dass die X- und Y-Koordinaten einen zweipoligen Bereich haben. Verschieben der ROI vom Zentrum weg, lässt die berechnete Strahlposition unberührt, da deren Daten an die gesamte Sensorfläche und nicht an die relativen Koordinaten gebunden ist.

Beam Profiler Parameter

Auf der rechten Seite des BC106 Geräteeinstellungsfensters befinden sich einige wichtige Steuerungselemente für den Beam Profiler-Betrieb. Bitte lesen Sie die folgenden Erklärungen und passen Sie auf die für Sie interessantesten Einstellungen auf.

Wellenlänge

Geben Sie die Betriebswellenlänge in nm als Vorbedingung für eine ordnungsgemäße Gesamtleistungsmessung ein. Dies aktiviert die Berücksichtigung der bekannten Leistungskurve, die im Beam Profiler-Gerät gespeichert ist. Kein anderes Messergebnis als die Gesamtleistung wird von dieser Einstellung beeinflusst.

Wellenlänge [nm]

Der verfügbare Bereich ist von 190 nm bis 1100 nm für den BC106-UV und von 350 nm und 1100 nm für den BC106-VIS begrenzt.

Auswahl des Filtrerrads

Vier unterschiedliche Neutraldichtefilter sind durch die Drehung des Filtrerrads vor der Beam Profiler-Apertur verfügbar. Lesen Sie darüber mehr im Kapitel [Filtrerrad](#)⁹

Sie müssen die **nominelle Dämpfung** des gewählten ND-Filters eingeben, damit dies in der Berechnung der Gesamtleistung berücksichtigt wird.

Dämpfungsfiter [dB]

Wählen Sie den aktuell genutzten Filter aus dem Pull-Down-Menü aus.

Kein Filter
20
40
Anderer Wert

Wählen Sie "**Kein Filter**" im Falle, dass Sie den Filter an der Vorderseite des Apertureingangs entfernt haben, so dass keine Dämpfung (0 dB) vorhanden ist. Im Falle, dass Sie externe Dämpfungsfiter oder Strahlteiler benutzen, können Sie unter "**Anderer Wert**" in das dann aktivierte Steuerungsfeld einen neuen Wert eingeben.

Im Falle, dass der eingegebene Wert nicht im Bereich von 0 - 100 dB liegt, erscheint eine Fehlermeldung.

Anmerkung

Die korrekte Wahl des Dämpfungsfilters ist eine Vorbedingung für eine ordnungsgemäße Leistungsmessung.

Leistungskorrektur

Die Leistungskorrektur dient dazu, die gesamte vom Beam Profiler erfasste Strahlleistung mit der durch ein Referenzleistungsmessgerät gemessene Leistung abzugleichen. Nach der Kalibrierung kann der Beam Profiler als Leistungsmessgerät verwendet werden.

Klicken Sie auf "Start", um die Leistungskorrektur durchzuführen.

Leistungskorrektur ...

Das Kapitel [Leistungskorrektur](#)⁶⁶ gibt mehr Informationen zu diesem Thema.

Umgebungslichtkorrektur

Es wird dringend empfohlen, Umgebungslicht vor dem Eindringen in die Eingangsapertur so gut wie möglich abzuschirmen, weil ansonsten die Gesamtleistung nicht von Laserleistung unterschieden werden kann. Demzufolge wird ein Offset auf das gemessenen Strahlprofil hinzugefügt, was zu ungenauen Strahlparametern führt. Die Korrektur des restlichen Umgebungslichts verbessert diese Situation und sollte im Falle eines messbaren Umgebungslichts durchgeführt werden. Messbar heißt, dass die vom Peak weit entfernten X- und Y-Profile nicht auf eine Nullintensität zurückgehen.

Klicken Sie "Start", um die Umgebungslichtkorrektur durchzuführen.



Lesen Sie das Kapitel [Umgebungslichtkorrektur](#)⁶⁷ für weitere Informationen.

Dunkelpegel der Kamera

Es ist nicht notwendig, eine Dunkel- oder Schwarzpegelkorrektur durchzuführen, weil die Kamera selbst mit einer automatisch Schwarzpegelkompensation ausgestattet ist, die perfekt funktioniert und sicherstellt, dass eine verschwindene Strahlintensität ohne parasitären Offset gemessen wird und Null beträgt. Deshalb wird eine manuelle oder automatische Schwarzpegelkorrektur entbehrlich.

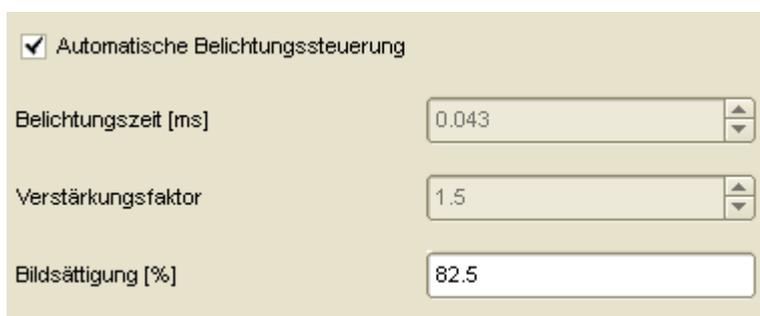
Da ein erhöhter Dunkelpegel des Sensors die gleichen Effekt wie gleichmäßig verteiltes Umgebungslicht hätte, eliminiert die Umgebungslichtkorrektur (siehe oben) ebenfalls einen restlichen Dunkelpegel.

Belichtungskontrolle

Automatische Belichtungskontrolle

Die Belichtungskontrolle der Beam Profiler-Kamera beinhaltet sowohl die Anpassung der Belichtungszeit als auch die elektronische Verstärkung. Beides bestimmt die Empfindlichkeit der Kamera und muss an die Strahleistung angepasst werden, um sicherzustellen, dass eine nahezu komplette Amplitude an dem Kamera-AD-Wandler geleitet wird.

Standardmäßig werden beide Einstellungen automatisch kontrolliert, um die Bildsättigung zwischen 80 und 95% des AD-Wandlerbereichs zu erreichen.



Es wird dringend empfohlen, die automatische Belichtungskontrolle zu verwenden, indem die Check-Box "Automatische Belichtungskontrolle" aktiviert wird. Falls die Belichtungskontrolle aktiv ist, steuert die Software automatisch sowohl die

Belichtungszeit als auch die elektronische Verstärkung. Beide Steuereinheiten sind ausgegraut und zeigt lediglich die momentanen Parameterwerte an. Das Ziel der Kontrolle ist, den hellsten Pixel der markierten ROI auf einem hohen Sättigungspegel zu setzen, aber Übersättigung ($>100\%$) zu vermeiden, da der AD-Wandler nur einen begrenzten Bereich hat.

Im Falle unstabiler oder gepulster Laserleistung kann es vorteilhaft oder sogar notwendig sein, die automatische Belichtungskontrolle zu deaktivieren und die optimalen Werte manuell zu bestimmen. Für diesen Fall, entfernen Sie das Häkchen der "Automatischen Belichtungskontrolle".

Manuelle Belichtungskontrolle

Automatische Belichtungssteuerung

Belichtungszeit ist die Zeitdauer, in der der globale Shutter geöffnet wird und der Bildsensor belichtet wird. Für cw-Quellen gibt es einen linearen Zusammenhang zwischen der Belichtungszeit und der durchschnittlichen Bildhelligkeit. Eine Steigerung der Belichtungszeit erhöht die Helligkeit. Einstellbare Belichtungszeitbereiche gehen von 0.020 ms bis 1000 ms mit einer Schrittweite von 0.063 ms, wobei kurze Belichtungszeiten 20 μ s, 43 μ s, 74 μ s, 136 μ s durch kleine Schrittweiten getrennt sind.

Belichtungszeit [ms]

Benutzen Sie die Hoch-Runter-Pfeile, um die Belichtungszeit schrittweise zu erhöhen bzw. zu reduzieren. Die Schrittweite ist automatisch an den aktuellen Wert angepasst, so dass eine Änderung von 20% erreicht wird. Um einen bestimmten Wert einzugeben, überschreiben Sie einfach den aktuellen.

Verstärkungsfaktor

Der Verstärkungsfaktor bezeichnet einen linearen Verstärkungsfaktor der elektronischen Verstärkung zwischen CCD und AD-Wandler. Höhere Verstärkung erhöht die Bildhelligkeit, aber auch das Bildrauschen. Deshalb ist es dringend empfohlen, die Belichtungszeit hauptsächlich zur Helligkeitsanpassung zu benutzen.

Verstärkungseinstellungen größer als 1,0 sollten nur benutzt werden, wenn

- die Belichtungszeit auf ihren maximalen Wert gestellt ist
- die Belichtungszeit unter 1 ms gesetzt ist, und die Anpassung der Verstärkung hilft, die Lücke zwischen zwei aufeinanderfolgenden Belichtungszeiten zu füllen.

Bildsättigung

Die Bildsättigung bezieht sich auf die Intensität des hellsten Pixel im Bild und ist gegeben in % des verfügbaren Bereichs zwischen Dunkelpegel und Sättigung des AD-Wandlers (höchster Wert). Es ist empfohlen, die Bildsättigung auf einem hohen Bereich zu lassen, um die volle Auflösung des AD-Wandlers (4095 digits bei 12 bit, 255 digits bei 8 bit Bilddaten) zu nutzen. Der aktuelle Bildsättigungspegel wird als numerischer Wert angezeigt und wird farbig im Falle einer unvorteilhaften Sättigung.

Sättigungspegel über 95% oder darüber werden rot angezeigt, weil sie sehr nah an der Sättigung und somit an einer Signalabschneidung sind. Ein Herabsenken der Belichtungszeit und/oder der Verstärkungseinstellung ist notwendig.



Sättigungspegel von 50% oder geringer werden orange angezeigt, weil die verfügbare Sättigung unzureichend genutzt wird. Erhöhen Sie die Belichtungszeit und/oder die Verstärkungseinstellung in diesem Fall.



Präzisionsmodus

Der Präzisionsmodus steuert die Zahl der genutzten Bits, die zur Digitalisierung eines jeden Kamerabildes verwendet werden.



Die folgende Tabelle fasst Vor- und Nachteile der beide Modi zusammen:

	Schnell	Präzise
Benutze AD-Wandler-Auflösung	8 bit	12 bit
Verfügbare Digits	0 - 255	0 - 4095
Quantisierungsausachen	mittel	gering
Erreichbare Frame-Rate	maximal	reduziert

Standardmäßig ist der schnelle Modus ausgewählt, um eine maximale Frame-Rate zu erreichen. Um das Rauschen zu verringern und um eine hohe Präzision zu erhalten, ist es notwendig zum Präzisionsmodus zu wechseln.

Trigger

Der elektronische TTL Pegeltriggereingang wird benutzt, um Laserpulse mit der Kamerabelichtungszeit zu synchronisieren. Lesen Sie das Kapitel [Gepulste Laserquellen](#)⁷⁹⁾ um weitere Informationen über die implentierte Triggerfunktionen zu erhalten.



Standardmäßig ist "Kein Trigger" ausgewählt, um eine ungetriggerte Aufnahme der cw Lichtquelle.

Verlassen des Feldes

Obwohl jede Anpassung zu einer der obigen Steuerungen direkt durchgeführt wird, ist es notwendig "Übernehmen" zu klicken, wenn Sie das "Geräteeinstellungen"-Fenster verlassen wollen und möchten, dass alle Änderung weiterhin aktiv sind. Wenn Sie alle Änderungen verwerfen wollen, klicken Sie auf "Verwerfen". In diesem Fall wird der Gerätezustand wieder hergestellt, der vor dem Betreten der Geräteeinstellungen aktiv war.

Ausnahme: Durchgeführte Kalibrierungen wie Leistungs- und Umgebungslichtkorrektur bleiben aktiv, solange sie erfolgreich durchgeführt wurden.

3.4.3 Programmeinstellungen

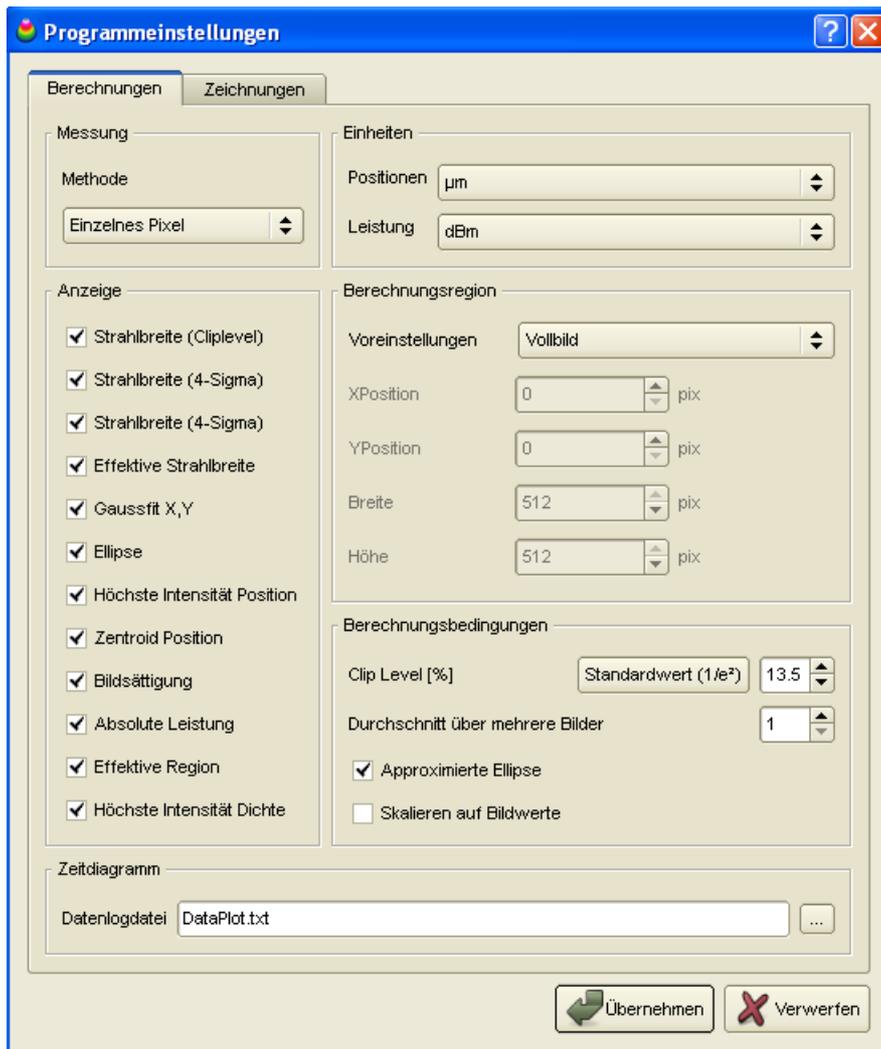
Getrennt von den [Geräteeinstellungen](#)^[52] betreffen diese Programmeinstellungen die Optionen der Berechnungen und der graphischen Darstellungen.

Öffnen Sie dies über "Optionen" → "Programmeinstellungen" aus dem Menü oder

klicken Sie auf  in der Werkzeugleiste, um das Programmeinstellungsfeld zu öffnen. Wählen Sie den linken Registerreiter "Berechnungen".

Berechnungseinstellungen

Wählen Sie den Registerreiter "Berechnungen", um die Anzeigeoptionen, die die numerischen Berechnungen beeinflussen, anzuzeigen.



Methode

Wechseln Sie zwischen dem normalen Modus wo alle Berechnungen mit jedem einzelnen Pixel durchgeführt werden oder dem Schlitzemulationsmodus, bei dem einige berechneten Ergebnisse (z.B. Strahlbreite mit Clip Level und Gauß-Fit) von der Anzahl der Reihen und Spalten abhängt.

Anzeige

Setzen oder entfernen Sie die Strahlparameter, die in dem Fenster "Ergebnisse der Berechnungen" angezeigt werden. Siehe [Messergebnisse](#)^[70].

Berechnungsregion

Die Berechnungsregion bestimmt eine rechteckige Fläche innerhalb der bereits markierten Region von Interesse (ROI), siehe [Geräteinstellungen](#)^[52]. Während die ROI durch die von der Kamera erhaltene Bildfläche bestimmt wird, kann die Berechnungsregion gleich oder kleiner als die ROI sein. Sie bestimmt die Bildfläche, die für die numerischen Berechnungen verwendet wird.

Eine solche Begrenzung ist besonders vorteilhaft für:

- Auswahl und Analyse von nur einem einzelnen Strahlpunkt in einem Vielpunktstrahl
- Ausgrenzen von Umgebungs- und Streulicht
- Reduktion von Messrauschen

- Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit

Anmerkung

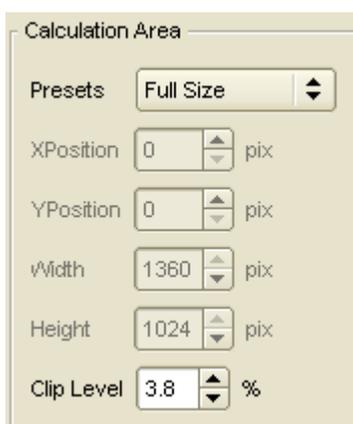
Es ist ratsam, die ROI der Kamera auf die kleinst machbare Fläche zu stellen, anstatt mit einer großen ROI zu arbeiten und die Berechnungsregion anschließend zu verkleinern. Das erhöht die Anzahl der Bilder pro Sekunde deutlich.

Drei Optionen sind für diese Berechnungsregion möglich:



- Automatisch:** Die Software analysiert jedes Bild von der Kamera automatisch und bestimmt die Fläche, in der ein messbarer Betrag der Leistung vorliegt. Von den Berechnungen ausgeschlossen werden alle Flächen/Pixel mit einer Intensität, die geringer ist als das Clip Level der Berechnungsfläche, wobei das Clip Level eine relative Grenze bezüglich der höchsten Intensität ist.
- Vollbild:** Die vollständige Fläche der ROI wird für die Berechnungen berücksichtigt.
- Benutzerdefiniert:** Eine rechteckige durch den Benutzer definierte Fläche wird als Berechnungsregion bestimmt. Geben Sie Pixelwerte ein, die die Größe und die Position beschreiben oder ziehen ein Rechteck in das 2D-Projektionsfenster.

Wenn "Benutzerdefiniert" ausgewählt ist, ist es notwendig, Größe und Position der Berechnungsregion numerisch anzugeben. Alle Werte sind in Pixel, wobei ist der Ursprungspunkt hierbei in der oberen linken Ecke der gesamten Sensorfläche befindet. Die X-Positionen beschreiben die linke Grenze, die Y-Positionen die obere Grenze.



Die Berechnungsregion kann auch in dem Fenster [2D-Projektion](#)^[34] gesetzt und visualisiert werden. Lesen Sie das entsprechende Kapitel für weitere Informationen.

Achtung

Die Berechnungsregion darf nicht Strahlprofileile geringerer Intensität abscheiden. Dies kann zu fehlerhaften Ergebnissen führen!

Anmerkung

Wenn die ROI-Größe oder -Position verändert wird und die Berechnungsregion nicht auf "Automatisch" gesetzt wurde, wird die Berechnungsregion auf "Vollbild" zurückgesetzt, was der neuen ROI entspricht.

Clip Level der Berechnungsregion

Die Grenzen der Berechnungsregion werden für alle vier Richtungen durch das Clip Level bestimmt. Die Grenze in eine Richtung wird gesetzt sobald alle Pixelwerte (vom Peak aus betrachtet) unterhalb des Clip Levels fallen. Eine Verringerung des Clip Levels bedeutet eine Vergrößerung der Berechnungsregion, was wiederum z.B. eine Vergrößerung der 4-Sigma Durchmesser bedeutet. Ein Default-Wert von 3,8% zeigt sich in den meisten Fällen als praktikabel.

Einheiten

Auf der rechten Seite können die Einheiten, die Positionen, Entfernungen oder Breite betreffen, für sämtliche Berechnungen eingestellt werden. Die Einstelloptionen sind **Pixel und μm** . Die Einheit der Gesamtleistung kann entweder **in mW oder in dBm** ausgedrückt werden.



Anzumerken sei, dass das Leistungsergebnis auch von der Einstellung der Wellenlänge, der Wahl des ND-Filters und einem Leistungskorrekturfaktor, der während der Leistungskorrektur berechnet wurde. Siehe dazu das Kapitel [Leistungskorrektur](#)^[66].

Berechnungsbedingungen

Das **Clip Level der Ellipse** bestimmt eine relative Intensität zwischen dem Dunkelpegel (0%) und dem Punkt höchster Intensität (Peak=100%) des gemessenen Strahlprofils, der zur Messung der Strahlbreite verwendet wurde. Standardmäßig ist der Wert des Clip Levels auf $1/e^2=13,5\%$ der Peakintensität gesetzt. Sie können andere Clip Level durch Eingabe eines entsprechenden Wertes in % bestimmen.



Eingabewerte zwischen 5 und 95% sind gültig. Durch Klicken auf "Standardwert" wird der Clip Level auf 13,5% zurückgesetzt. Für weitere Details lesen Sie den Anhang [Strahlbreite und Clip Level](#)^[164].

Um eine Rauschunterdrückung zu erlangen, setzen Sie den Wert "**Durchschnitt über mehrere Bilder**" auf Werte über 1. Die gewählte Anzahl von Bilder werden

gemittelt und ausschließlich das gemittelte Bild wird angezeigt und die Berechnungen darauf angewendet.

Durchschnitt über mehrere Bilder

Diese Option ist hilfreich bei instabilen Lichtquellen mit schwankenden Intensitäten oder Strahlformen und für den Fall, dass die Wiederholrate des Monitors zu hoch für den einfachen Datenausleseprozess ist. Nutzen Sie diese Funktion ebenfalls, um Rauschen der Beam Profiler-Kamera im Fall niedriger Intensität zu unterdrücken. Die Anzahl der gemittelten Bilder kann bei 1 bis 25 Bildern liegen.

Aktivieren Sie die Check-Box "**Approximierte Ellipse**", um ein besseres Fit-Ergebnis der Ellipse zu bekommen.

Approximierte Ellipse

Diese Einstellung dient der höheren Stabilität und einer besseren Verlässlichkeit der Ellipsenergebnisse. Ohne diese Einstellung werden die Daten für die Ellipse aus einzelnen minimalen und maximalen Durchmessern des Ellipsenquerschnitts gewonnen. Diese Ergebnisse sind rauschbelasteter und weniger verlässlich als die gefitteten Ergebnisse.

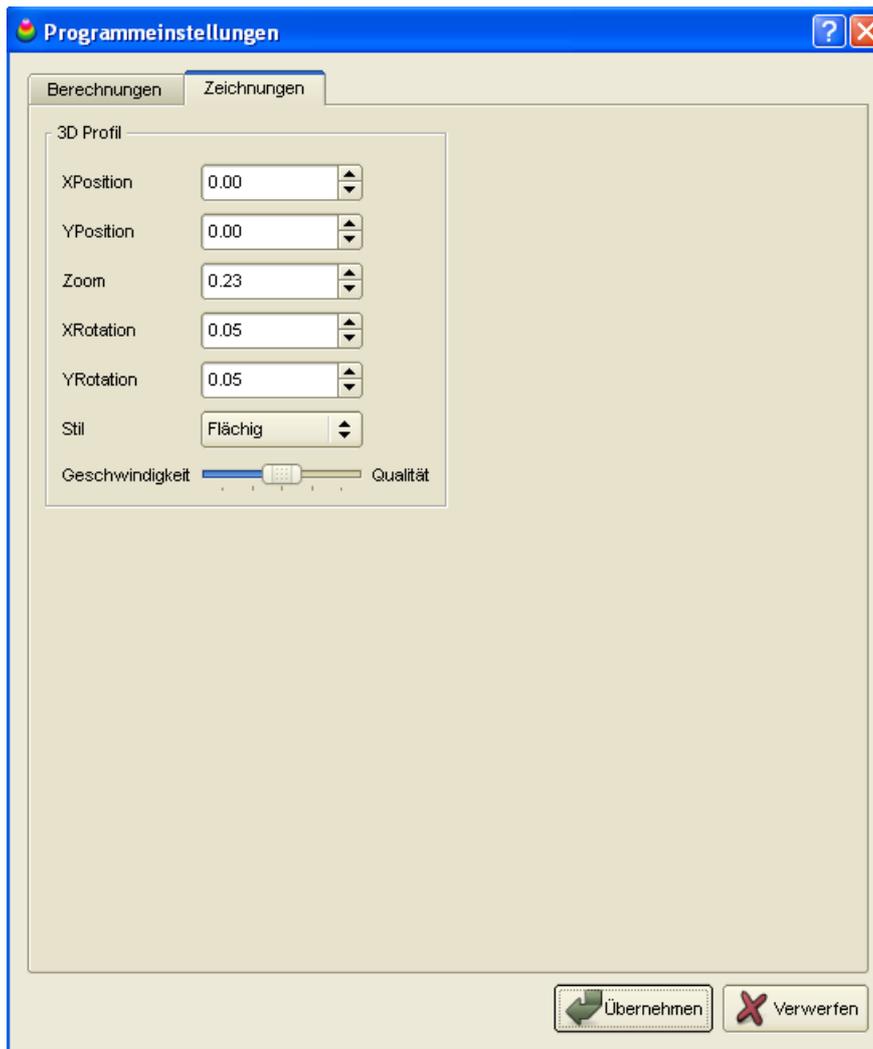
Aktivieren Sie "**Skalieren auf Bildwerte**", um das X-Y-Profil auf den Peak der ausgewählten Reihen/Spalten zu skalieren.

Skalieren auf Bildwerte

Deaktivieren der Check-Box skaliert das X-Y-Profil auf die maximal mögliche Intensität eines Pixels.

Zeichnungseinstellungen

Wählen Sie den Registerreiter "**Zeichnungen**", um die Parameter der graphischen 3D-Darstellungen zu zeigen.



3D-Profil

Alle hier aufgeführten Steuerelemente zeigen die aktuelle Position, den Zoom und die Rotationswinklereinstellungen (siehe hierfür [3D-Profil](#)³⁹⁾). Sie können numerische Werte eingeben, um das Erscheinungsbild des 3D-Strahlprofils zu ändern. Der "Stil" des 3D-Graphen kann auf "flächig" und "drahtig" gestellt werden.



Ein flächiges Profil wird häufig bevorzugt, benötigt allerdings mehr Rechenleistung und dann somit die Frame-Rate reduzieren.

Weil es immer einen Kompromiss zwischen der Qualität (Auflösung) der graphischen Darstellung und der Arbeitsgeschwindigkeit gibt, können Sie die Bevorzugung zwischen beiden aufteilen.



Setzen Sie die Steuereinheit auf "**Geschwindigkeit**", wenn Sie an einer hohen Wiederholrate der 3D-Graphik interessiert sind oder auch, wenn Sie einen weniger

leistungsstarken Computer haben. Verschieben Sie den Balken zu "**Qualität**", wenn Sie feine Details der Strahlform sehen möchten - auch wenn Sie dafür eine geringere Wiederholrate in Kauf nehmen müssen. Nehmen Sie zur Kenntnis, dass die Auflösung der 3D-Graphik automatisch während einer Zoom-Vorgangs angepasst wird.

Klicken Sie auf "Übernehmen", um die veränderten Einstellungen zu übernehmen. Klicken Sie auf "Verwerfen", um zu den vorherigen, unveränderten Einstellungen zu gelangen.

3.4.4 Leistungskorrektur

Die Leistungskorrektur dient dazu, die vom Beam Profiler gemessene Strahlleistung auf einen durch ein Referenzleistungsmessgerät bekannten Leistungspegel zu kalibrieren.

Zum Öffnen: "Optionen" → "Geräteinstellungen" aus dem Menü oder aus das

Werkzeuggestensymbol  klicken. Wählen Sie den rechten Registerreiter "BC106 Settings".

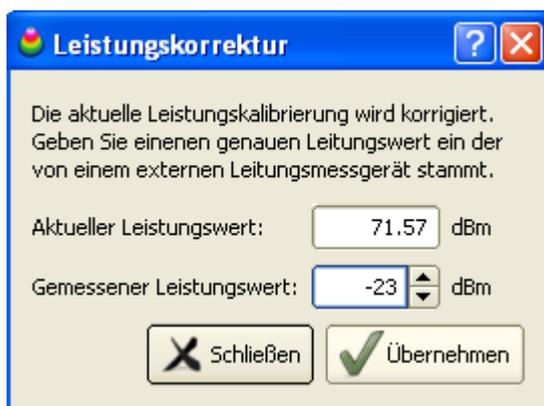
Vorbedingungen:

Stellen Sie sicher, dass Sie die folgenden Einstellungen sorgfältig in der Beam-Profiler-Software eingestellt haben:

- Betriebswellenlänge
- Nominelle Verluste des gewählten ND-Filters



Klicken Sie "Start", das Feld "Leistungskorrektur" erscheint.



Das Feld zeigt den "**Aktuellen Leistungswert**", der vom Beam Profiler gemessen wird. Nun muss der korrekte Leistungswert im Feld "**Gemessener Leistungswert**" eingetragen werden. Klicken Sie auf "**Übernehmen**", so dass beide Werte übereinstimmen.

Was bei diesem Vorgang passiert, ist, dass ein interner Leistungskorrektur-Offset berechnet und bei jeder Messung der Gesamtleistung berücksichtigt wird. Dieser

Offset (in dBm) wird im Beam Profiler gespeichert und jedes Mal ausgelesen und aktiviert, wenn das Gerät mit dem Computer verbunden wird. Klicken Sie auf "**Schließen**", um das Feld zu verlassen.

Anmerkung:

Die Leistungskorrektur kann an Genauigkeit einbüßen, wenn eine neue Wellenlänge eingegeben oder eine Neuwahl des ND-Filters vorgenommen wird, so dass eine erneute Kalibrierung in diesen Fällen erforderlich ist.

Eine aktivierte Leistungskorrektur ist dadurch angezeigt, dass ein Häkchen zu sehen ist. Durch Wegklicken des Häkchens wird die Leistungskorrektur deaktiviert.

Leistungskorrektur ...

Wenn eine solche Leistungskorrektur einmal erfolgreich durchgeführt wird, wird der entsprechende Kalibrierungswert im Beam Profiler-Gerät gespeichert, so dass das Häkchen und damit die Leistungskorrektur beim Neuinitialisieren aktiviert wird.

3.4.5 Umgebungslichtkorrektur

Obwohl es dringend empfohlen wird, das in die Eintrittsapertur eintretende Umgebungslicht abzuschirmen und einen der mitgelieferten ND-Filter zu benutzen, kann ein nicht zu vernachlässigendes Umgebungslicht das Kamerabild stören. Um diesen Offset zu kompensieren, ist die beschriebene Korrektur angedacht.

Über "Optionen" → "Geräteeinstellungen" aus dem Menü oder durch Klicken von



in der Werkzeugleiste startet das Feld "Geräteeinstellungen". Wählen Sie den rechten Registerreiter "BC106 Einstellungen".

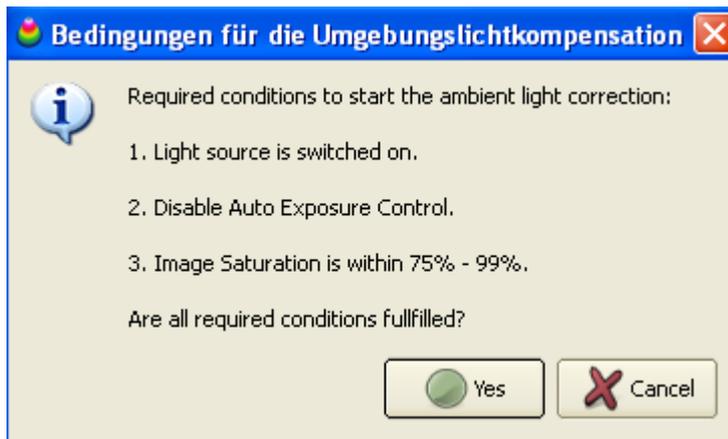
Um eine ordnungsgemäße Subtraktion des durchschnittlichen Umgebungslichtpegels zu vollziehen, sind einige Vorbedingungen notwendig:

- Stabile Umgebungslichtbedingung
- Laserquelle ist eingeschaltet
- Feste Belichtungs- und Verstärkungsfaktoreinstellung
- Bildsättigung ist nahe aber unterhalb von 100%

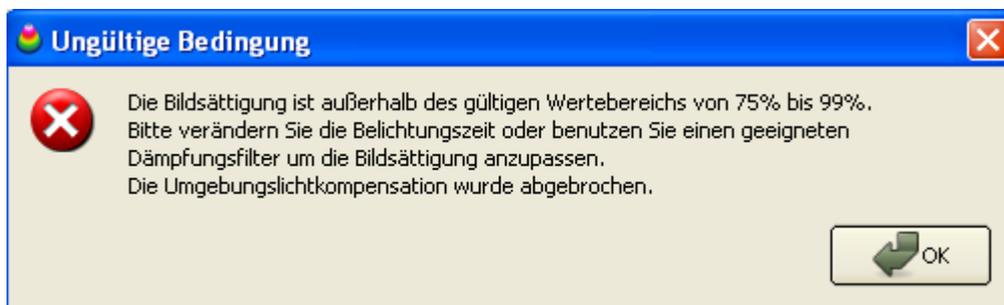
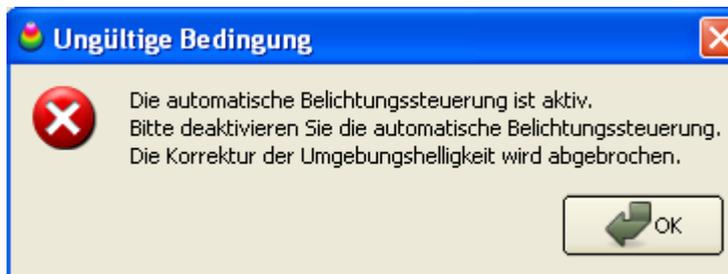
Umgebungslichtkorrektur ...

Starten

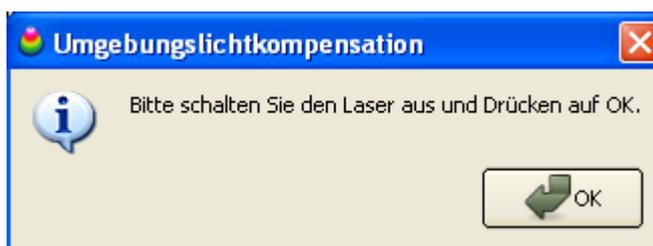
Klicken Sie "Start" und ein Dialogfenster erscheint, dass Sie an die Vorbedingungen erinnert.



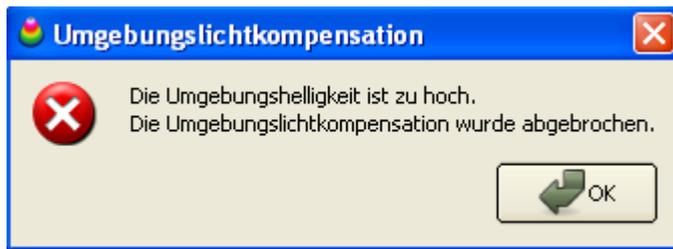
Im Falle, dass eine Vorbedingung nicht erfüllt wird, klicken Sie auf "Abbrechen", führen Sie die notwendigen Änderungen aus und starten Sie die Korrektur erneut. Der Korrekturprozess kann auch durch eine nichterfüllte und vom Beam Profiler erkannte Vorbedingung abgebrochen werden.



Nachdem Sie alle Vorbedingungen mit "Ja" bestätigt haben, werden Sie aufgefordert, den Laser auszuschalten oder seinen Strahl abzublocken, so dass nur noch Umgebungslicht, aber nicht die Laserleistung in die Beam Profiler-Apertur eintritt.



Im Fall, dass der gemessene, durchschnittliche Leistungspegel höher als 25% des verfügbaren Sättigungsbereich ist, wird die Korrektur abgebrochen.



Im Fall, dass der Laser angelassen wurde oder das Umgebungslicht in der Intensität schwankt, wird die Korrektur ebenfalls abgebrochen.

Andernfalls wird die Umgebungslichtkorrektur durchgeführt und automatisch aktiviert.



Klicken Sie "OK", schalten Sie die Laserquelle wieder an und fahren Sie mit eingeschalteter Umgebungslichtkorrektur die Messungen fort.



Solange die Check-Box aktiviert ist, wird der detektierte Umgebungslicht-Offset von allen folgenden Bildern abgezogen. Entfernen Sie die Markierung, um die Korrektur zu deaktivieren.

Anmerkung

- Da der aufgenommene Umgebungslicht-Offsetwert meist variabel ist, wird er nicht gespeichert. Das heißt, nachdem der Beam Profiler neu verbunden wird, ist eine erneute Umgebungslichtkorrektur notwendig.
- Eine ordnungsgemäße Korrektur des aktuellen Umgebungslichts ist nur unter stabilen Bedingungen möglich. Wenn sich das Umgebungslicht ändert, ist eine neue Korrektur nötig, andernfalls nutzen die dargestellten Strahlprofile einen unechten (positiven oder negativen) Offset und die Genauigkeit der Messdaten wird stark reduziert.
- Sie dürfen nicht Belichtungszeit und Verstärkungsfaktor ändern, da die Korrektur nur für einen aktuellen Wert gültig ist.

3.4.6 Messergebnisse

Die Ergebnisse der Beam Profiler-Messungen sind im Fenster [Ergebnisse der Berechnungen](#)^[42] dargestellt.

Parameter	Einheit	Wert	Wertebereichtest
Strahlbreite (13.5%)	[µm]	X=2028.42, Y=1687.97	Bestanden
Strahlbreite (4-Sigma)	[µm]	X=3236.85, Y=2900.51, R=4346.28	Bestanden
Strahldurchmesser (4-...	[µm]	3073.28	
Effektive Strahlbreite	[µm]	1910.16	
Gaussian			
Übereinstimmung	[%]	X=75.35, Y=67.51	
Durchmesser	[µm]	X=3009.87, Y=2678.28	
Ellipse (geglättet)			
Durchmesser (13.5%)	[µm]	min= 1503.96, max= 1636.01, mean= 1569.99	
Elliptizität	[%]	91.93	
Exzentrizität	[%]	39.36	
Winkel	[deg]	-40.64	
Höchste Intensität Pos...	[µm]	X=0.00, Y=0.00, R=0.00	
Zentroid Position	[µm]	X=59.98, Y=52.66, R=79.82	
Bildsättigung	[%]	89.68	
Absolute Leistung	[dBm]	70.78	Bestanden
Effektive Region	[µm ²]	1335585.75	
Höchste Intensität Dic...	[mW/µm ²]	8.95e+00	

Die Spalten können in ihrer Größe durch Bewegen der Spaltentrenner geändert werden. Die folgenden Berechnungen sind verfügbar:

Parameter	Einheit	Beschreibung
Strahlbreite (13.5%)	µm oder Pixel	X-, Y-Strahlbreite (Durchmesser), der durch das benutzerdefinierte Clip Level bestimmt wird. Diese Parameter sind verwandt mit den gewählten X- und Y-Profilen, siehe Strahlbreite und Clip Level ^[164]
Strahlbreite (4-Sigma)	µm oder Pixel	X-, Y-Strahlbreite (Durchmesser) des vierfachen Sigma-Wertes des zweiten Moments. Diese Parameter werden von der gesamten Kamera innerhalb der Berechnungsregion berechnet. Anmerkung Dieser Parameter ist sehr empfindlich gegenüber Umgebungslicht, was die berechnete Breite erhöhen kann. Siehe Umgebungslichtkorrektur ^[67] .
Strahlbreite (4-Sigma)	µm oder Pixel	Auf der zweiten Momentberechnung basierenden Messung der radialen Strahlbreite (Durchmesser)
Effektiver Strahldurchmesser		Kreisdurchmesser von gleichen Strahlflächen mit Pixelintensitäten oberhalb des Clip Levels von der Peak-Intensität herab.

Parameter	Einheit	Beschreibung
Gauß-Fit	%	Korrelation zwischen den Strahlprofilen in einer Linie (X) und Spalte (Y) und den entsprechenden Gauß-Kurvenfits.
Gaußscher Durchmesser	µm oder Pixel	Breite des Gauß-Fits bei einer $1/e^2$ -Intensität.
Ellipse (gefittet/ungefittet)		Ergebnis der entweder gefitteten oder ungefitteten Strahlellipsendaten
Durchmesser (13.5%)	µm oder Pixel	Maximum, Minimum und Durchschnittsdurchmesser der Ellipse bei einem benutzerdefinierten Clip Level.
Elliptizität	%	Verhältnis von minimalem und maximalem Durchmesser, siehe Strahlelliptizität und Exzentrizität ^[165]
Exzentrizität	%	Abweichung von einem Kreis, siehe Strahlelliptizität und Exzentrizität ^[165]
Orientierung	degree	Winkel der Hauptachse der Ellipse mit einem Bereich von -90° to $+90^\circ$
Peak-Position	µm oder Pixel	Position der maximalen Intensität innerhalb des Bildes
Schwerpunktsp ⁿ osition	µm oder Pixel	X- und Y-Position des Laserstrahlschwerpunkts Anmerkung Dieser Parameter ist sehr empfindlich gegenüber Umgebungslicht, was die berechnete Breite erhöhen kann. Siehe Umgebungslichtkorrektur ^[67] .
Bildsättigung	%	Relative Sättigung des Peak-Pegels innerhalb des AD-Wandler-Bereich (0 - 100%)
Gesamtleistung	dBm oder mW	Integrierte Leistung innerhalb der Berechnungsregion; berechnet mit Hilfe von Belichtungszeit, Verstärkungsfaktor, ND-Filterverlusten und der Leistungskalibrierung. Siehe Leistungskorrektur ^[66] .
Effektive Fläche	pix ² oder µm ²	Fläche eines idealen Flat-Top-Strahls mit gleicher Peak-Intensität und Gesamtenergie
Peak-Dichte	mW/pix ² oder mW/µm ²	Leistung pro Pixel

Alle verfügbaren Berechnungsparameter sind mit dem Start des Camera Beam Profilers in die Tabelle eingefügt. Um die Anzahl der Parameter zu verringern, entfernen Sie die Häkchen in den [Programmeinstellungen](#)^[60]. Dies erhöht ebenfalls Arbeitgeschwindigkeit.

Anmerkung

Falls die "Gauß-Fit"-Berechnungen für die Anzeige im Ergebnisfenster deaktiviert sind, werden die entsprechenden Fit-Kurven weiterhin im X- und Y-Profil-Fenster angezeigt, falls sie dort aktiviert sind.

Die Einheiten der Berechnungen sind in drei Kategorien unterteilt:

- Position: Die Einheiten Pixel und μm sind verfügbar
- Quantisierung: Digit, mW oder dBm sind verfügbar
- Für die Berechnungen spezifizierte Einheiten (z.B. ist der Gauß-Fit immer in %, Winkel immer in Grad)
Änderung der Einheiten in den entsprechenden [Programmeinstellungen](#)⁶⁰.

Ein Überblick über alle verfügbaren Einheiten:

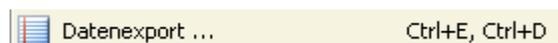
Einheiten	Beschreibung
Pixel	Position, Breite und Entfernung der Kamera-Pixel. Der Ursprung des Koordinatensystems (X=0, Y=0) ist die Sensormitte und nicht die Bildmitte! Positive X-Werte verlaufen nach rechts, positive Y-Werte nach oben.
μm	Position, Breite und Entfernung der Kamera-Pixel. 1 Pixel = 6.45 μm Koordinatensystems (X=0, Y=0) ist die Sensormitte und nicht die Bildmitte! Positive X-Werte verlaufen nach rechts, positive Y-Werte nach oben.
mW	Die Gesamtleistung des Strahl wird über die integrierte Leistung innerhalb der Berechnungsregion mit Hilfe von Belichtungszeit, Verstärkungsfaktor, ND-Filterverlusten und der Leistungskalibrierung berechnet.
dBm	Die Gesamtleistung wird wie folgt von mW zu dBm übersetzt: $10 * \log(P/\text{mW})$
%	Relative Pegel zwischen 0 und 100%
deg	Winkel in Grad in Bezug auf die X-Achse und einem Bereich von -90 bis +90 Grad

Falls eine Berechnung fehlschlägt, wird der Wert mit ----- angezeigt.

3.4.7 Speichern der Messergebnisse

1. Datenexport

Um Daten in eine Textdatei mit Abtrennungen ("delimiter separated value") oder in ein Excel-Dokument zu exportieren, gehen Sie auf "Datei" → "Datenexport..." aus dem Menü.



Der Standard-Windows-Dialog öffnet und fragt, unter welchem Pfad und Dateinamen gespeichert werden soll.

Auswahl von gewünschtem Pfad und Dateinamen und Wahl des Exportierungsformats:

- **ASCII Text** Die drei Spalten (Parameter, Einheit, Ergebnis) sind durch Semikolons getrennt, die Werte sind mit Kommata getrennt.
- **Microsoft Excel** Die Daten werden in eine Excel-Tabelle mit drei Spalten (ähnlich zu dem Fenster [Ergebnisse der Berechnungen](#)^[42]) konvertiert.

Die Text-Datei hat den folgenden Inhalt (Beispiel):

```
Thorlabs Camera Beam Profiler Data Export
Device;BC106-VIS
Serial Number;M00256794
Date MM-DD-YYYY;01-28-2009
Time HH:MM:SS;18:47:04
Wavelength;[nm];633
Attenuation;[dB];30
Exposure Time;[ms];18.426
Gain;;1
Parameter;Unit;Result;
Beam Width 4 Sigma;[µm];X=4476.82, Y=4498.32;
Beam Width Clip;[µm];X=4018.35, Y=4065.19;
Centroid Position;[µm];X=535.40, Y=416.81;
Clip Level;[%];13.5;
Ellipse Diameter;[µm];max= 4040.73, min= 2232.72, mean= 3950.22;
Ellipse Eccentricity;[%];83.35;
Ellipse Orientation;[deg];59.00;
Ellipse (unfitted);;;
Ellipticity;[%];55.26;
Gaussian Fit;[%];X=96.85, Y=96.55;
Peak Position;[µm];X=541, Y=457.95;
Image Saturation;[%];90.88;
Total Power;[dbm];12.24;
```

Die Microsoft Excel-Datei sieht ähnlich aus (Beispiel):

	A	B	C
1	Parameter	Unit	Result
2	Thorlabs	Camera Beam Profiler	Data Export
3	Device		BC106-VIS
4	Serial Number		M00256794
5	Date	MM-DD-YYYY	01-28-2009
6	Time	HH:MM:SS	19:03:01
7	Wavelength	[nm]	633
8	Attenuation	[dB]	30
9	Exposure Time	[ms]	18.426
10	Gain		1
11	Beam Width 4 Sigma	[μm]	X=4476.82, Y=4498.32
12	Beam Width Clip	[μm]	X=4018.35, Y=4065.19
13	Centroid Position	[μm]	X=535.40, Y=416.81
14	Clip Level	[%]	13.5
15	Ellipse Diameter	[μm]	max= 4040.73, min= 2232.72, mean= 3950.22
16	Ellipse Eccentricity	[%]	83.35
17	Ellipse Orientation	[deg]	59.00
18	Ellipse (unfitted)		
19	Ellipticity	[%]	55.26
20	Gaussian Fit	[%]	X=96.85, Y=96.55
21	Peak Position	[μm]	X=541, Y=457.95
22	Image Saturation	[%]	90.88
23	Total Power	[dbm]	12.24
24			

2. Speichern der Fensterbilder

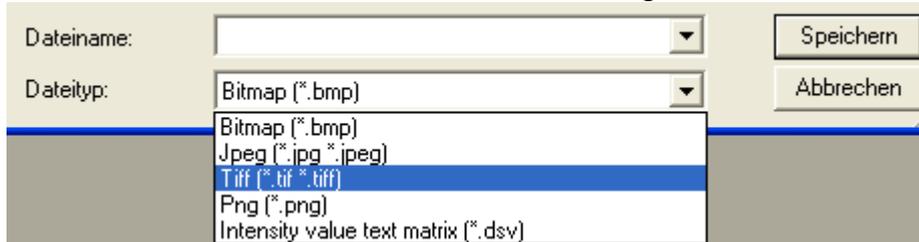
Die aktuellen Bilderinhalte der [2D Projektion](#)^[34] und der [3D Profile](#)^[39] können als Bilder gespeichert werden.

Wählen Sie "Datei" → " 2D Projektion speichern", um das Bild der 2D Projektion zu speichern.

Wählen Sie "Datei" → " 3D Profil speichern", um das Bild der 3D Projektion zu speichern.



Das Standard Windows-Fenster öffnet und fragt nach Pfad und Dateiname.



Unter "Dateityp" können Sie die verschiedenen Bildformate auswählen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Formate und deren Größe pro Pixel:

Bildformat	Beschreibung
Bitmap (*.bmp)	Unkomprimiert, RGB 24 bit
Jpeg (*.jpg)	Komprimiert, 24 bit
Tiff (*.tif)	Komprimiert, 24 bit
Png (.png)	Komprimiert, 32 bit

Das Bild wird gespeichert und erscheint in den Fenstern 2D Projektion und 3D Profil.

Anmerkung

Bei der Speicherung der Bilder werden lediglich Screenshots gemacht! Hierbei gehen Daten des Originalbildes verloren. Wird das Bild auf dem Monitor größer dargestellt, erhält auch der Screenshot eine höhere Auflösung. Aktive Fensteroptionen (Farbmodus, Ellipse usw.) werden so ebenfalls gespeichert. Soll ausschließlich das Kamerabild in voller Auflösung ohne Verluste exportiert werden, lesen Sie den folgenden Abschnitt.

3. Kamerabild-Export

Das exportierte Kamerabild enthält keinerlei Graphenelemente und hat die Dimensionen des ursprünglichen Kamerabildes. Es wird in Falschfarben gespeichert. Um ein originales Kamerabild zu exportieren, wählen Sie den Dateientyp "**RAW**". Das raw-Format ist das einzige Format, das mit einer 12-Bit-Auflösung speichert. Mit diesem Format werden auch der Pixelabstand und der Dunkelpegel gespeichert und beim Rekonstruieren mit dem Bildimport verwendet.

Bild Importieren ...	Ctrl+I, Ctrl+R
Bild Exportieren ...	Ctrl+E, Ctrl+R

4. Export eines PDF-Testprotokolls

Um ein Testprotokoll im pdf-Format zu speichern, wählen Sie "Datei" → "Testprotokoll".

 Testprotokoll	Ctrl+T, Ctrl+P
---	----------------

Das Ergebnis der Messung wird in einem kompakten Testprotokoll gespeichert. Es enthält die Beam Profiler-Daten und Einstellungen, die numerischen Berechnungsergebnisse und das 2D-Projektionsbild. Falls das 3D-Profil-Fenster geöffnet ist, wird auch das 3D Profil-Bild eingebunden.

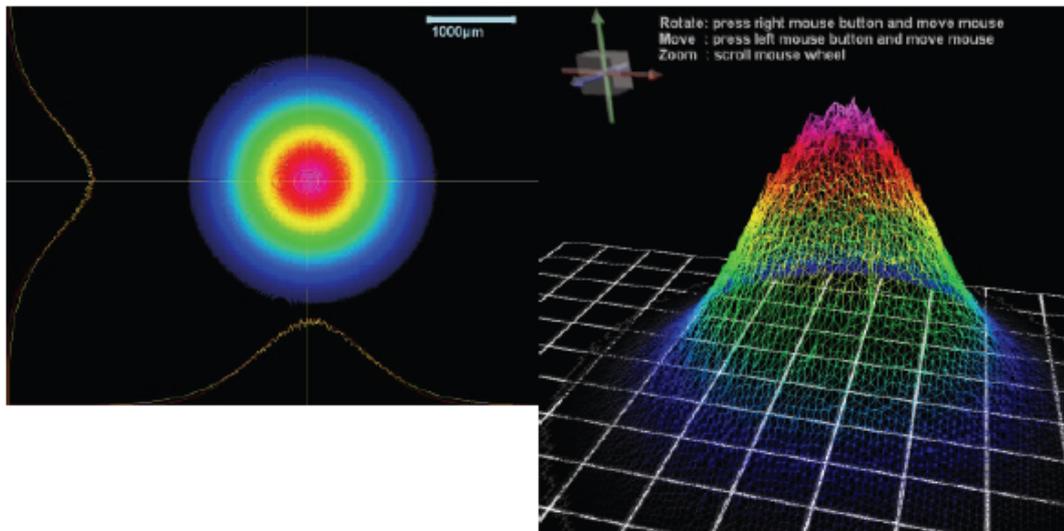
Beispiel:

Measurement Instrument: Thorlabs Camera Beam Profiler, version 1.0
Date: 01-28-2009 18:47:16

Model: BC106-VIS
Serial Number: M00256794

Wavelength: [nm] 633
Attenuation: [dB] 30
Exposure Time: [ms] 18.426
Gain: 1

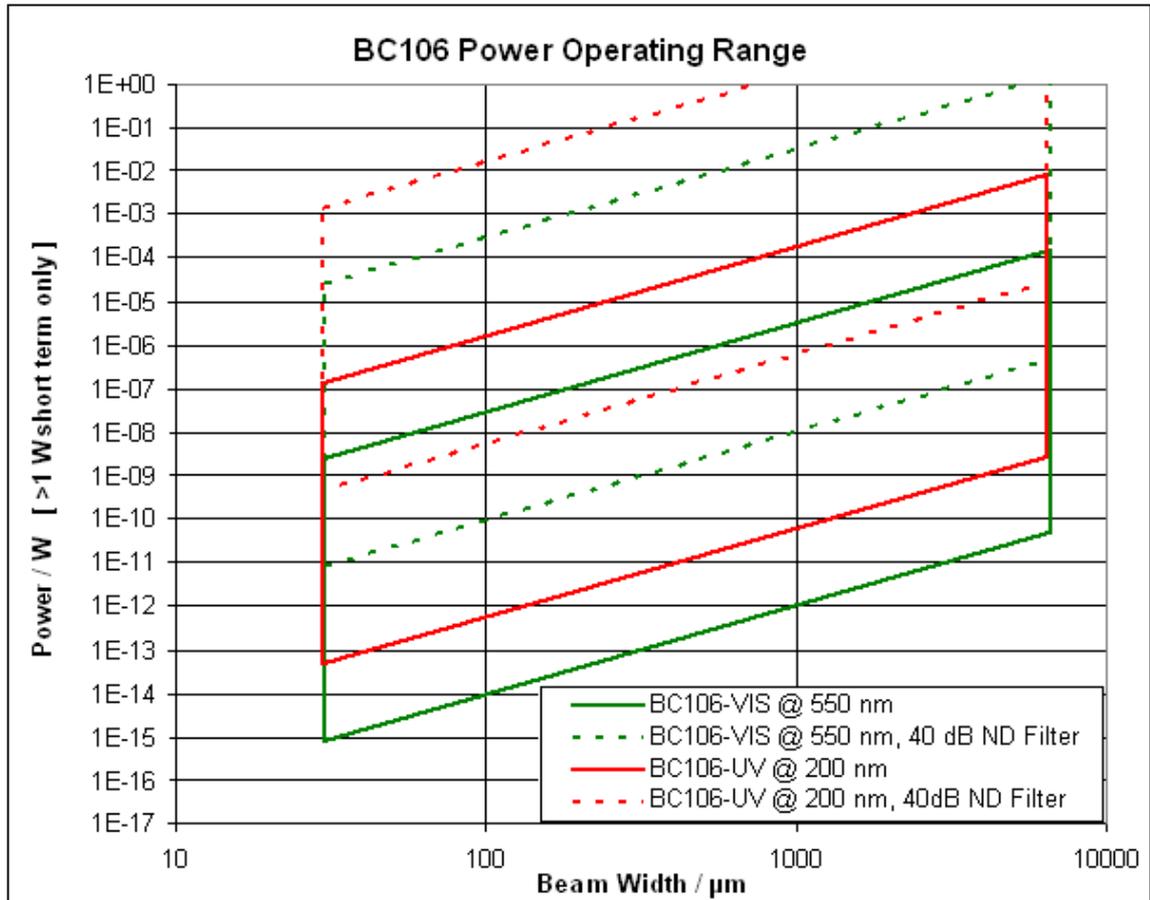
Parameter:	Unit:	Result:
Beam Width 4 Sigma	[μm]	X=4476.82, Y=4498.32
Beam Width Clip	[μm]	X=4018.35, Y=4065.19
Centroid Position	[μm]	X=535.40, Y=416.81
Clip Level	[%]	13.5
Ellipse Diameter	[μm]	max= 4040.73, min= 2232.72, mean= 3950.22
Ellipse Eccentricity	[%]	83.35
Ellipse Orientation	[deg]	59.00
Ellipse (unfitted)		
Ellipticity	[%]	55.26
Gaussian Fit	[%]	X=96.85, Y=96.55
Peak Position	[μm]	X=541, Y=457.95
Image Saturation	[%]	90.88
Total Power	[dbm]	12.24



3.4.8 Leistungsbereich

Beide verfügbare Camera Beam Profiler-Modelle (BC106-VIS und -UV) bieten einen unterschiedlichen Eingangsbereich. Minimale und maximale verwendbare Leistung hängt vom Strahldurchmesser und der Wahl der optischen Filter sowie der Wellenlänge ab.

Für den BC106-VIS wird für die folgende Grafik eine Wellenlänge maximaler Empfindlichkeit bei 550 nm gewählt. Für den BC106-UV sind es 200 nm.



Beide durchgezogenen Linien deuten die BC106-Leistungsbereich ohne die Benutzung jeglicher Filter an. Falls ein Dämpfungsfilm verwendet wird, verschiebt sich der entsprechende Leistungsbereich nach oben zu höheren Werten. Die dargestellten gestrichelten Linien deuten den Bereich für 40 dB-Filter an, den größten mitgelieferten Filter in dem Filterrad. Kleinere Filtereinstellungen sind nicht gezeigt, liegen aber zwischen der gestrichelten und der durchgezogenen Linie.

Da die minimale und maximale Leistung von den aktuellen Strahldurchmessern abhängt, müssen Sie zunächst den Strahldurchmesser des Lasers bestimmen. Lesen Sie diesen Wert auf der horizontalen Achse ab und gehen Sie nach oben, um die obere und untere Grenze der Leistungskurve zu bestimmen. Links lassen sich die Leistungswerte ablesen.

Anmerkung

Die obere Grafik ist exemplarisch für die Wellenlängen 550 und 220 nm erstellt. Für andere Wellenlänge müssen diese Kurve entsprechend angepasst werden.

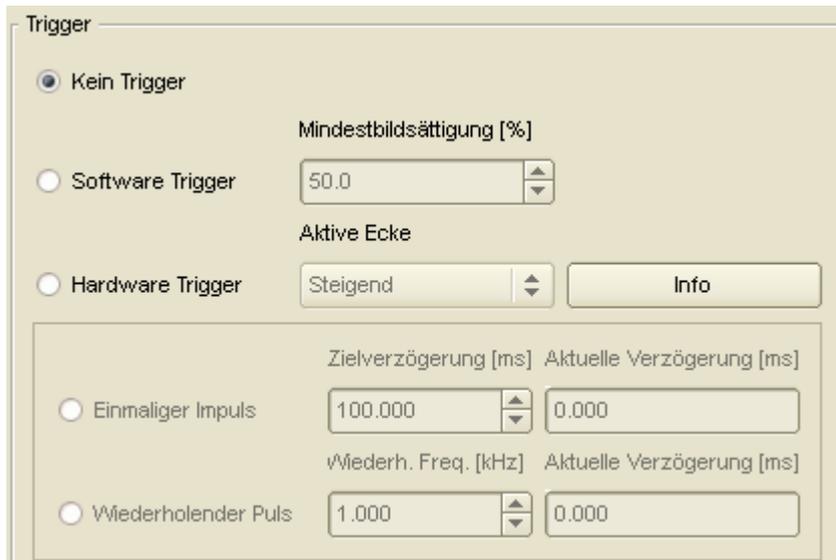
3.4.9 Gepulste Laserquellen

Überblick

Der BC106 Camera Beam Profiler ist in der Lage in verschiedenen Triggermodi Strahlprofile aufzunehmen. Grundsätzlich arbeitet der Beam Profiler im fortlaufenden (cw) Modus oder im Einzelschuss-Modus. Benutzen Sie die Steuerungsköpfe

  in der Werkzeugleiste und einen dieser beiden Modi zu aktivieren. Klicken Sie , um die Bildaufnahme zu stoppen. Um Strahlprofilen auch von gepulsten Laserquellen aufzunehmen, kann man sich verschiedener Mittel für die Triggerung der Kamerabelichtungszeit mit der Laserquelle bedienen.

Öffnen sie die "Geräteeinstellungen" und betrachten Sie das Feld "Trigger".



Es gibt drei verschiedene Triggermodi:

Kein Trigger

ist für cw-Quellen geeignet. Eine konstante Strahlleistung wird erwartet, so dass der Zeitpunkt, bei der die Kamera die Belichtungszeit startet unwichtig ist. Benutzen Sie diesen Modus ebenfalls für Laserquellen mit einer hohen Repetitionsrate von über 50 kHz, da sie für den Beam Profiler als cw-Quelle erscheinen.

Software Trigger

ist geeignet für gepulste Lichtquellen, die kein elektronisches Triggersignal für die Synchronisation mit dem Beam Profiler liefern. Auch spärlich vorkommende oder unregelmäßige optische Lichtpulse können so detektiert werden.

Hardware Trigger

ist geeignet für gepulste Lichtquellen, die ein elektronisches Triggersignal für die

Synchronisation mit dem Beam Profiler liefern. Ein zusätzliche Triggerzeitverzögerung kann programmiert werden, um die Belichtungszeit des Beam Profilers mit dem Auftreten von Einzel- oder wiederholenden Lichtpulsen auszurichten.

Sowohl Software als auch der Hardware Trigger werden im Verlauf detailliert beschrieben.

Software Trigger

Dieser Triggermodus ist für seltene oder unregelmäßig erscheinende optische Pulse erdacht, wenn die emittierende Laserquelle kein elektronisches Triggersignal liefert. In solchen Fällen ist der Beam Profiler auf die Helligkeit der aufgenommenen Bilder eingeschränkt.

Aktivieren Sie den fortlaufenden Messmodus durch Klicken von  in der Werkzeugleiste.

Als nächstes, bestimmen Sie die "Mindestbildsättigung" in %, den die Software als Helligkeitstriggerlevel nimmt.



Mindestbildsättigung [%]

Software Trigger 23.5

Ein Wert von 50% ist voreingestellt und bedeutet, dass nur Bilder mit der Hälfte der maximale Helligkeit getriggert, aufgenommen und abgefragt werden. Dunkelbilder, die von der Kamera mit einem maximalen Helligkeitspegel aufgenommen werden, der geringer als die "Mindestbildsättigung" ist, werden ignoriert und nicht angezeigt. Nur die detektierte "Bildsättigung" in % wird im Feld der Belichtungskontrolle angezeigt.

Sobald der "Software Trigger" ausgewählt ist, schaltet sich die "Automatische Belichtungskontrolle" auf, und eine Eingabe für die gewünschte "Belichtungszeit" und den "Verstärkungsfaktor" werden erforderlich.



Automatische Belichtungssteuerung

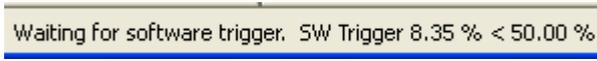
Belichtungszeit [ms] 2.320

Verstärkungsfaktor 1.0

Bildsättigung [%] 90.1

Passen Sie beide Steuerfelder so an, dass eine niedrige "Bildsättigung" (in % bei voller Helligkeit) resultiert, wenn kein Laserpuls aufgenommen wird. Erhöhen Sie die "Belichtungszeit" und den "Verstärkungsfaktor" derart, dass ein detektierter Laserpuls die "Mindestbildsättigung" überstiegen wird. Erniedrigen Sie beide Werte im Falle, dass die detektierten Pulse eine Begrenzung von 100% Sättigung erreichen, weil ihre echte Intensität deutlich höher ist.

Nach dem Schließen der "Geräteeinstellungen" zeigt die Statusleiste die aktivierte Triggerfunktion.

SW Trigger 23.50 %Waiting for software trigger. SW Trigger 8.35 % < 50.00 %

Der Beam Profiler wartet nun auf ein Bild, dass die gewählte Sättigung erreicht bzw. überschreitet. Die Statusleiste informiert Sie über den Wartezustand des Software Triggers.

Für häufig vorkommende Pulse ist es empfohlen, die Belichtungszeit etwas kürzer als die Pulsperiode anzupassen, so dass nur ein Einzelpuls für die Belichtung des Kamerasensors genommen wird.

Bewahren Sie die Eingangsapertur vor dem Eintreten von Umgebungslicht und benutzen Sie einen Neutraldichte-Filter für die Dämpfung.

Anzumerken sei, dass die Bildhelligkeit der aufgenommenen Einzelpulse nicht durch die "Belichtungszeitkontrolle" anpassbar ist, wenn der optische Einzelpuls kürzer als die vorgegebene Belichtungsdauer ist. Benutzen Sie die mitgelieferten ND-Filter des Filterrads und die "Verstärkungsfaktorkontrolle", um die Bildhelligkeit zu justieren. Um sicherzustellen, dass der Rauschpegel minimiert ist, ist es empfohlen, den Verstärkungsfaktor so klein wie möglich zu halten.

Sie können ebenfalls die Einzelschussmessung durch das Klicken auf  in der Werkzeugleiste aktivieren und in Kombination mit dem Software Trigger verwenden. Obwohl eine fortlaufende Bildaufnahme im Hintergrund durchgeführt wird, stoppt das erste Bild den Prozess, wenn die Bedingungen des Software Triggers erfüllt sind. Das entsprechende Bild wird angezeigt und ausgewertet.

Hardware Trigger

Dieser Triggermodus ist für Lichtquellen geeignet, die ein elektrisches TTL-Pegeltrigger-Ausgangssignal für die Synchronisation mit einem Beam Profiler liefern. Leiten Sie das TTL-Pegeltriggersignal von Ihrer Laserquelle oder von dem entsprechenden Pulstreibergenerator zu dem BNC-Verbinder am Beam Profiler.

Achtung

Stellen Sie sicher, dass ein TTL-kompatibles Signal auf den BNC-Anschluss geben, der in dem Bereich von -0.5 V ... +6.5 V liegt. Höhere oder niedrigere Spannungen können den Beam Profiler-Eingang schädigen. Lesen Sie dazu das Kapitel [Triggereingang](#)^[12]!

Aktivieren Sie den Hardware Trigger-Modus und wählen die aktive Triggersignalfanke aus - "**Steigend**" oder "**Fallend**". Abhängig von der Wahl der aktiven Kante, kann der Triggermoment durch die Dauer des elektrischen Pulses verschoben werden.

Durch Klicken des "Info"-Buttons erscheint ein Onlinehandbuch, das über die Nebenbedingungen innerhalb der Triggereinstellungen informiert.

Nach dem Schließen der "Geräteeinstellungen" informiert die Statusleiste über den aktivierten Hardwaretrigger. Der Beam Profiler wartet auf den Triggerpuls an dem BNC-Eingang. Im Falle, dass kein Trigger-Event innerhalb von 10 Sekunden detektiert wird, erscheint die Notiz "Warte auf Hardwaretrigger".

HW Trigger (Single Pulse) 100.000 ms Warte auf Hardwaretrigger HW Trigger (Single Pulse) 100.000 ms

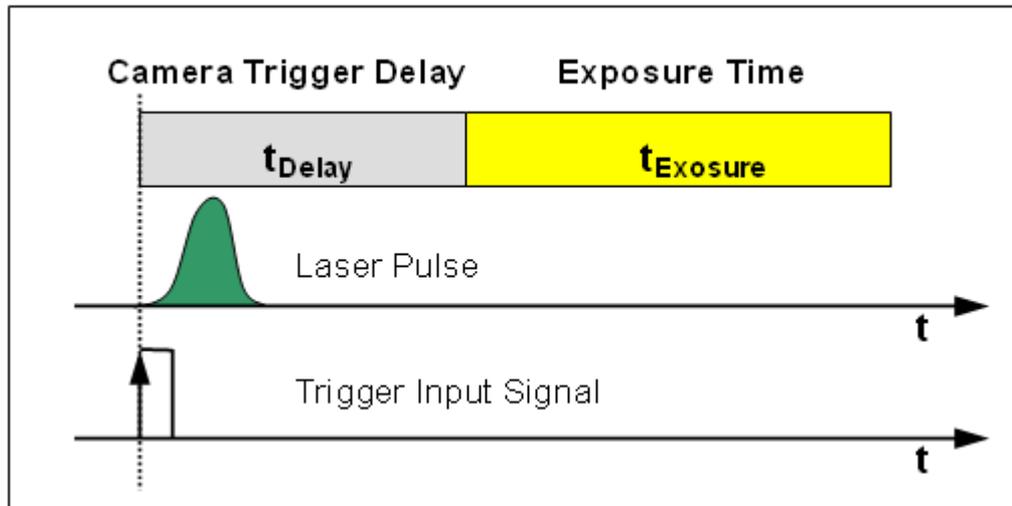
Es gibt zwei Optionen, wie die Möglichkeiten des Hardwaretrigger zu nutzen sind: "**Einmaliger Impuls**" und "**Wiederholender Puls**". Ersteres steht für eine direkte, letzteres für eine verzögerte Trigger-Eigenschaft. Der direkte Weg, einen optischen Puls zu triggern, wird zuerst beschrieben:

Einmaliger Impulse

Dieser Triggermodus ist für Lichtquellen geeignet, die ein elektrisches TTL-Pegeltrigger-Ausgangssignal für die Synchronisation mit einem Beam Profiler liefern UND **Pulse mit einer Dauer erzeugen, die länger als die interne Triggerverzögerung ist**. Der selbe Puls, der die Kameraelektronik triggert ist lang genug, um das Sensorfeld der Kamera direkt zu belichten.

Markieren Sie die "Einmaliger Impuls"-Option und die Kamera macht Bilder, nachdem die gewählte Triggerkante detektiert wurde. Sie können auch "Zielverzögerung" einstellen, was nützlich für einen hinausgezögerten Belichtungsstart ist und in dem Fall angewendet wird, wenn der optische Puls um einen bestimmten Betrag verzögert ist.

Leider gibt es eine ungewünschte interne Triggerverzögerung t_{Delay} , was bedeutet, dass die Kamera als frühesten Startzeitpunkt der Belichtung die Zeit t_{Delay} μs nach der Triggerkantenerfassung hat. Ein optischer Puls, der während einer Zeitspanne empfangen wurde, kann nicht direkt detektiert werden. Die folgende Graphik erklärt die Situation.

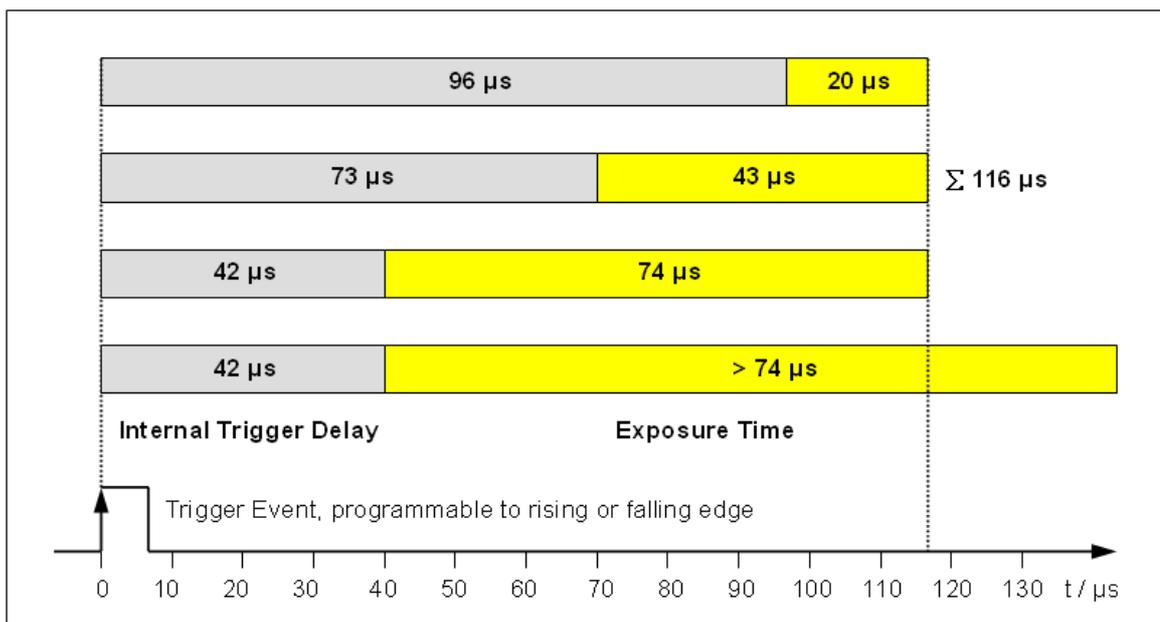


Bedingt durch diese Begrenzung wurde das Steuerfeld "Aktuelle Verzögerung" hinzugefügt, um die aktuelle Verzögerung anzuzeigen, die größer als die "Zielverzögerung" sein kann. Die interne Triggerverzögerung t_{Delay} ist kein fester Betrag, sondern hängt von der ausgewählten Belichtungszeit ab.

Belichtungszeit	Minimale aktuelle Verzögerung
1 s - 74 μs	42 μs
43 μs	73 μs
20 μs	96 μs

Die interne Triggerverzögerung ist 42 μs für die meisten der Belichtungszeiten, außer für Belichtungszeiten $\leq 43 \mu\text{s}$.

Das folgende Diagramm zeigt die aufgeschobenen Beginne der Belichtungszeiten im Detail.



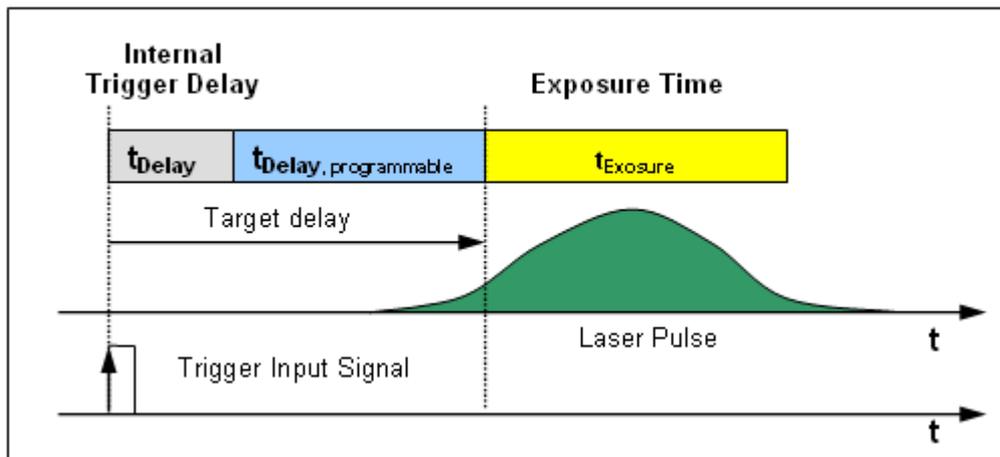
Um diese Begrenzungen einfach zu bewältigen, geben Sie die gewünschte

Triggerverzögerung in "Zielverzögerung" ein und die nächstmöglich Wert, abhängig von der aktuellen Belichtungszeit, wird in "Aktuelle Verzögerung" angezeigt.

Eine zusätzliche Triggerverzögerung wird berechnet und automatisch von der Beam Profiler Software im Falle von Verzögerungen, die größer als die interne Verzögerung sind, programmiert.

$$t_{\text{Delay,programmed}} = t_{\text{Delay,target}} - t_{\text{Delay,internal}}$$

Wie im folgenden Diagramm gezeigt, ist der Beginn der Belichtungszeit des Beam Profilers um einen Gesamtbetrag "Zielverzögerung" verschoben, so dass die optischen Pulse detektiert werden können.



Im Fall, dass die Zielverzögerung kleiner als die interne Verzögerung ist, wird keine zusätzliche Verzögerung programmiert und die "Aktuelle Zeitverzögerung" informiert über die kleinste interne Verzögerung, die noch aktiv ist. Dieser Prozess funktioniert für Einzelpulse, aber auch für sich wiederholende Pulse.

Wiederholende Pulse

Dieser Triggermodus ist für Lichtquellen geeignet, die ein elektrisches TTL-Pegeltrigger-Ausgangssignal für die Synchronisation mit einem Beam Profiler liefern **UND Pulse mit einer Dauer erzeugen, die kürzer als die interne Triggerverzögerung ist**. Eine weitere Vorbedingung ist, dass ein konstanter Zeitabstand zwischen zwei aufeinander folgenden Pulsen gegeben ist, die Pulse müssen eine konstante Repetitionsfrequenz haben.

Da der optische Puls kürzer als der interne Trigger der Kamera ist, kann der Puls nicht den Sensor belichten, aber einer der folgenden Pulse wird dies tun. Die Beam Profiler Software regelt die Berechnung der notwendigen, gesamten Triggerverzögerung, die eine Summe aus der internen parasitären und der programmierten Triggerverzögerung besteht. Alles, was Sie benötigen, ist die Eingabe der Wiederholfrequenz des Lasers.

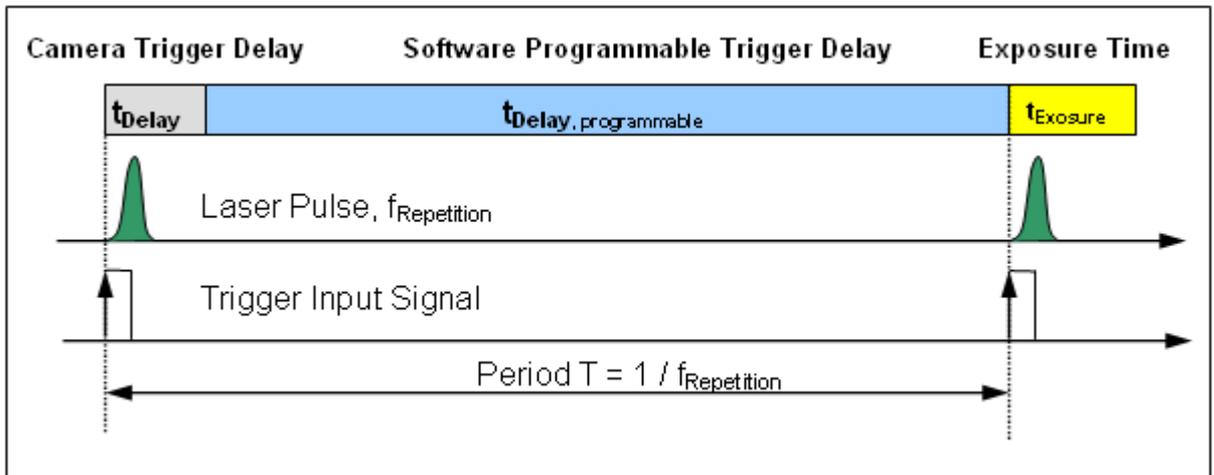
Markieren Sie "Wiederholender Puls" und geben Sie die Wiederholfrequenz in kHz innerhalb des Bereich von 0,001 bis 50 kHz ein. Die optimale Triggerverzögerung wird berechnet und angezeigt.

Wiederh. Freq. [kHz] Aktuelle Verzögerung [ms]

Wiederholender Puls

1.000

Das folgende Diagramm illustriert, wie die Laserpulse durch eine verschobene Belichtungszeit der Kamera aufgenommen werden.



Alle Berechnungen werden automatisch durchgeführt. Zunächst berechnet die Software die Periodendauer T aus der Wiederholfrequenz $f_{\text{Repetition}}$:

$$T = \frac{1}{f_{\text{Repetition}}}$$

Als nächstes wird die bekannte interne Triggerverzögerung abgezogen und der verbleibende Rest ist als zunächst Verzögerung programmiert.

$$t_{\text{Delay, programmed}} = T - t_{\text{Delay, internal}} = \frac{1}{f_{\text{Repetition}}} - t_{\text{Delay, internal}}$$

Die "Aktuelle Verzögerung" zwischen der Triggerflanke und dem Start der Belichtungszeit ist nur zur Überprüfung angezeigt. Bis Repetitionsraten von 10 kHz ist die aktuelle Verzögerung $1 \times T$ ($T \geq 100 \mu\text{s}$). Aber für höhere Repetitionsraten bis zu 50 kHz werden mehrere Perioden T benötigt, um die Triggerverzögerung $\geq 100 \mu\text{s}$ zu halten. Das bedeutet, nicht der nächste Puls, der der Triggerflanke folgt, wird aufgenommen, sondern der nächste, der nach einem Minimum von $100 \mu\text{s}$ folgt.

Für Wiederholraten von bis zu 50 kHz ist der Beam Profiler in der Lage einen einzelnen Laserpuls mit der kürzesten Belichtungszeit von $20 \mu\text{s}$ aufzunehmen. Für höhere Repetitionsraten ($> 50 \text{ kHz}$) belichten zwei oder mehr Laserpulse den Kamerasensor, so dass individuelle Strahlprofile der hintereinanderfolgenden Laserpulsen nicht mehr aufgelöst werden können. In solchen Fällen erscheint die Lichtquelle mehr und mehr als eine cw-Quelle. Dann lässt sich die Triggerfunktion durch das Markieren von "Kein Trigger" ausschalten und das externe Triggersignal kann weggelassen werden. Um eine konstante Strahlleistung zu erhalten, setzen Sie eine lange Belichtungszeit, die über eine große Anzahl von Laserpulsen mittelt.

Strahlqualitätsmessung

BC100

Kapitel

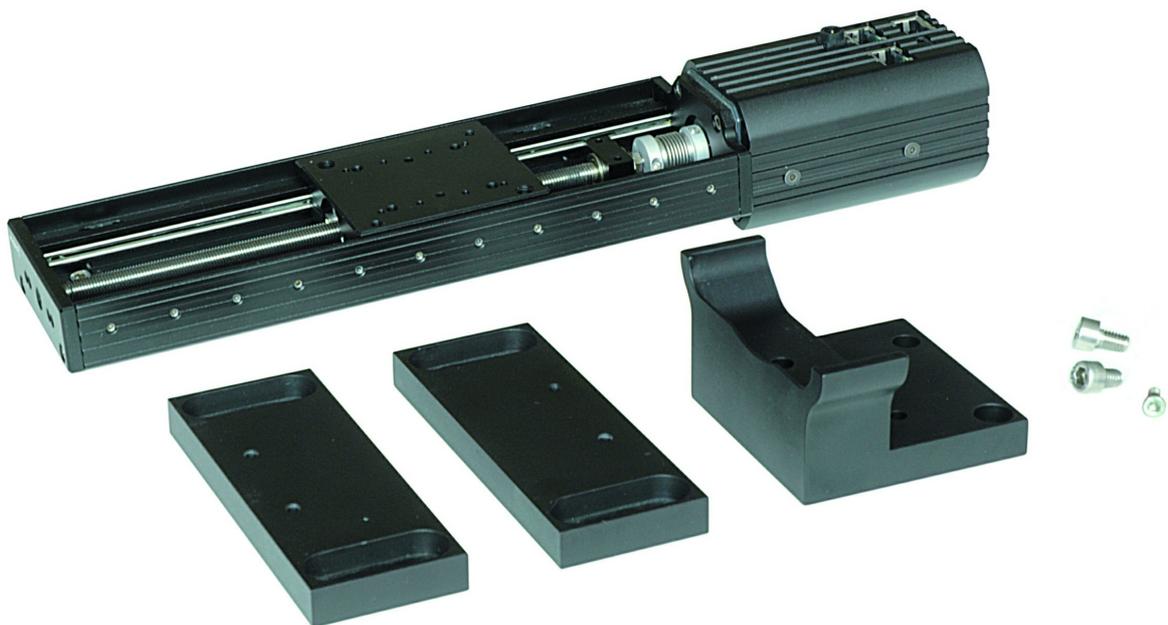


IV

4 Strahlqualitätsmessung

Die Kamera-Beam-Profiler BC106-UV und BC106-VIS sind die kamerabasierten Thorlabs Messunggeräte, um den Strahlqualitätsfaktor M^2 zu vermessen. Für eine Messung wird der Beam Profiler automatisch entlang der optischen Achse eines fokussierten Strahl verfahren, dabei werden die jeweiligen Strahldurchmesser nach ISO 11146 aufgenommen.

Das zugehörige Erweiterungsset für die Kamera-Beam-Profiler-Serie ist der **BC1M2**, das aus einem Verschiebetisch mit wählbarer Länge und einem Befestigungsadapter für den Beam Profiler besteht.



BC1M2-150 Erweiterungsset

Mittel, um den Strahl auszurichten oder zu fokussieren sind nicht in diesem Set enthalten.

Das Erweiterungsset bietet eine automatisierte Strahlqualitätsanalyse und misst den Strahlqualitätsfaktor M^2 .

Das BC1M2 Erweiterungsset bietet:

- Akkurate M^2 Messungen
- Messungen von Divergenz, Tailldurchmesser, Rayleigh-Länge und Astigmatismus
- Flexibles Design
- Kompatibilität zu CW und Quasi-CW gepulsten Laserquellen
- Kurze Messzeiten
- ISO11146 Konformität

Motivation

Viele Laseranwendungen erfordern eine maximale optische Leistungsdichte bei einem minimalen Strahldurchmesser. Nicht nur die fokussierenden Optiken, sondern hauptsächlich die Qualität der Lichtquelle selbst beeinflusst die Fokussierbarkeit.

Eine hohe Strahlqualität ist eine Voraussetzung für eine optimale Fokussierbarkeit.

Was ist Strahlqualität?

Strahlqualität und sein direkter Einfluss auf die Fokussierbarkeit ist eine sehr wichtige Eigenschaft eines Lasers.

Strahlqualitätsmessungen nach ISO 11146-1:2005 zeigen die Strahlqualität und beschreiben sie als einen einzelnen Wert, den **Strahlqualitätsfaktor** (oder auch Strahlverlaufsfaktor) M^2 bzw. seinen reziproken Wert $K = 1/M^2$. Der K-Faktor ist direkt proportional zur Strahlqualität - $K=1$ ist optimal, schlechtere Strahlqualität hat einen niedrigeren Wert. Häufiger verwendet wird der M^2 -Faktor, der ebenfalls bei $M^2=1$ optimal ist, allerdings bei schlechterer Strahlqualität >1 wird.

Beugungsbegrenzung

Abhängig von der Wellenlänge λ und dem Strahldivergenzwinkel θ gibt es ein Minimum für den Strahldurchmesser - das Beugungslimit bzw. die Beugungsbegrenzung - das theoretisch nicht weiter unterschritten werden kann.

M^2 ist ein Ausdruck dafür, wie dicht das Strahlparameterprodukt $d_0 \cdot \theta$ an dem Beugungslimit eines perfekten Gaußförmigen Strahls ist. Für Strahlen mit einer schlechteren Qualität erhöht sich das Produkt um einen Faktor M^2 .

$$d_0 \theta \rightarrow M^2 d_0 \theta$$

wobei d_0 die Strahltaile des fokussierten Strahls ist.

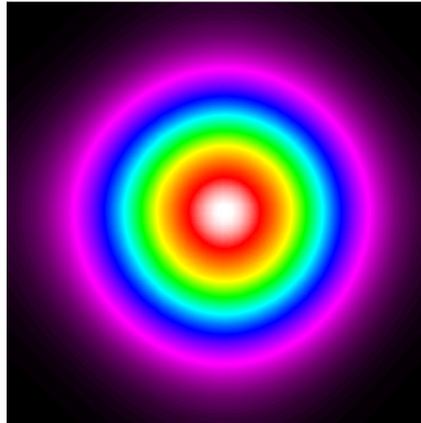
M^2 wird häufig ausgedrückt als

- das Verhältnis zwischen dem Tailendurchmesser d_0 des gemessenen Strahls zu dem eines idealen Gaußschen Strahls (TEM_{00}) bei konstantem Divergenzwinkel θ .
- das Verhältnis der Divergenzwinkel θ von gemessenem Strahl und dem eines idealen Gaußschen Strahls bei selbem Durchmesser d_0 .

Wie ist die Strahlqualität zu messen?

Wenn nur die fundamentale TEM_{00} -Mode existiert (was eine ideale Gaußsche Form besitzt), garantiert dies eine optimale Strahlqualität mit $M^2=1$ und einer beugungsbegrenzte Taille. Das Aufkommen höherer Moden senkt die Strahlqualität und führt zu größeren Strahldurchmessern. Manchmal können solche Störungen durch Betrachten eines nicht-gaußförmigen Strahls erkannt werden. Allerdings überlagern sich in vielen Fällen höhere Moden derart, dass sie eine gaußförmige Verteilung bilden, die von schlechterer Strahlqualität leidet.

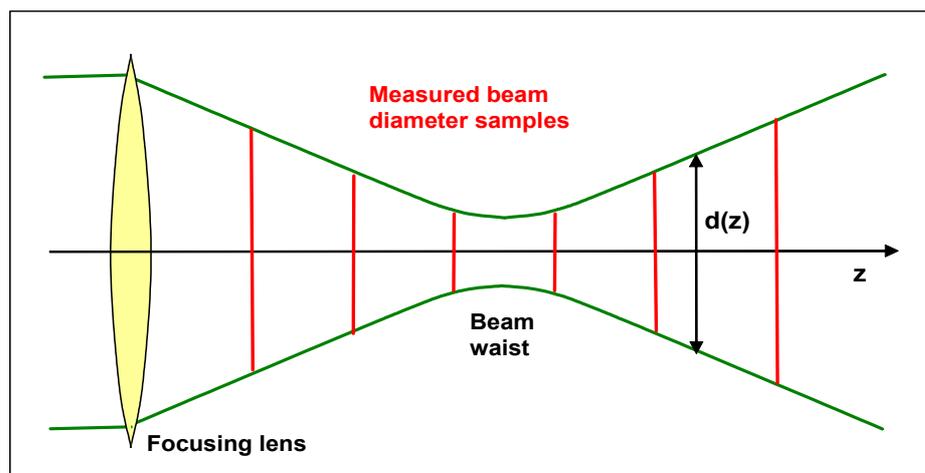
Das folgende Beispiel zeigt einen Strahl mit nahezu perfekter gaußförmiger Verteilung, der jedoch auf einem mehrmodigen Ursprung beruht und zu einem M^2 -Wert von 1,79 führt.



Anmerkung

Ein nahezu gaußförmiger Strahl ist kein direktes Anzeichen für eine hohe Strahlqualität! Daher erlaubt eine Einzelaufnahme mit dem Beam Profiler keine Aussage über die Strahlqualität.

Dennoch kann der Thorlabs Kamera-Beam-Profilier verwendet werden, um die Strahlqualität auf eine erprobte Art zu bestimmen. Strahlqualitätsmessungen können nach dem ISO-11146-Standard durchgeführt werden. Dabei werden die Strahldurchmesser eines fokussierten Strahls entlang der optischen z-Achse gemessen



Der Beam Profiler wird zu diesem Zweck auf einem Verschiebetisch montiert, der über die Beam Profiler software wie der Beam Profiler selbst gesteuert wird. Bei verschiedenen z-Positionen wird der Strahldurchmesser und andere Parameter vermessen und gespeichert.

Neben der Bestimmung des **Strahlqualitätsfaktors M^2** werden weitere Werte bei einer Strahlanalyse erfasst. Diese sind:

- Strahltaillenbreite d_{0x} , d_{0y}
- Z-Position der Strahltaille z_{0x} , z_{0y}
- Rayleigh-Länge z_{Rx} , z_{Ry}
- Divergenzwinkel θ_x , θ_y

Anmerkung

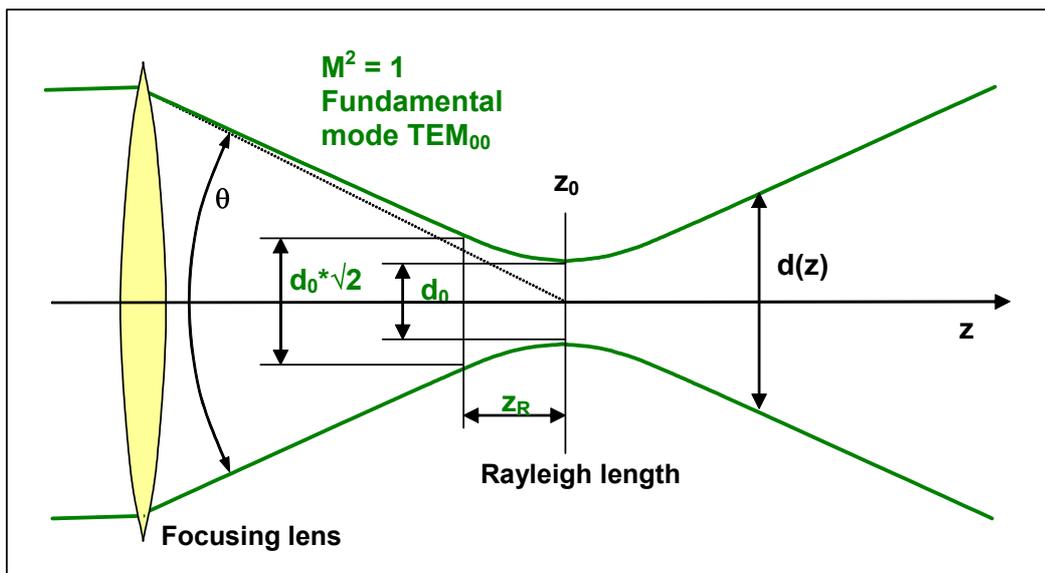
Die Thorlabs Strahlqualitätsmessung arbeitet nur mit CW Laserquellen und einigen gepulsten Quellen! Weitere Informationen über gepulste Laserquellen sind im Kapitel [Gepulste Laserquellen](#)^[79] zu finden.

4.1 Theorie zu M^2

Der Durchmesser $d(z)$ eines fokussierten Laserstrahls mit fundamentaler TEM_{00} -Mode vergrößert sich mit der Entfernung von der Strahltaille nach folgender Formel:

$$d(z) = d_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_R}\right)^2}$$

wobei d_0 der Taillendurchmesser, z_R die Rayleigh-Länge und λ die Wellenlänge ist. Die Formel ist in sofern vereinfacht, als dass für eine Strahltaillenposition ungleich 0 z durch $(z-z_0)$ ersetzt werden muss, wobei z_0 die Strahltaillenposition ist.



Die Rayleigh-Länge z_R ist definiert als

$$z_R = \frac{\pi d_0^2}{4\lambda}$$

und gibt die Entfernung von der Strahltaillenposition an, wo sich der Strahldurchmesser im Vergleich zur Strahltaille um einen Faktor $\sqrt{2} = 1,41$ vergrößert hat. Diese Formel ist gültig für einen Gaußschen Strahl.

Im Fernfeld ($z \gg z_R$) nimmt der Strahldurchmesser linear mit z zu und gibt einen konstanten Divergenzwinkel θ .

$$\theta = \frac{d_0}{z_R} = \frac{4 \lambda}{\pi d_0}$$

Das Produkt des kleinsten Strahldurchmessers mit dem Divergenzwinkel ist konstant für eine gegebene Wellenlänge

$$d_0 \theta = \frac{4 \lambda}{\pi}$$

Von dieser Gleichung ist aus, ist es ersichtlich, dass eine kleinere Strahltaile nur durch eine Erhöhung des Divergenzwinkels zu erreichen ist. Dies impliziert eine Linse mit einer kürzeren Wellenlänge.

Ebenso definiert die Wellenlänge eine minimale erreichbare Strahlgröße, weil die Strahltaile d_0 direkt proportional zur Wellenlänge ist.

$$d_0 = \frac{4}{\pi \theta} \lambda$$

Für höhere Moden als die fundamentale TEM00-Mode werden sowohl der Divergenzwinkel θ als auch der Strahltaillendurchmesser d_0 um einen Faktor M erhöht.

$$\begin{aligned} d_0 &\rightarrow M d_0 \\ \theta &\rightarrow M \theta \end{aligned}$$

Dadurch erhöht sich das Produkt $d_0 \cdot \theta$ um einen Faktor M^2 .

$$\begin{aligned} d_0 \theta &\rightarrow M^2 d_0 \theta \\ d_0 \theta &= M^2 \frac{4 \lambda}{\pi} \end{aligned}$$

Schließlich wird der Strahlqualitätsparameter M^2 berechnet durch

$$M^2 = \frac{\pi}{4 \lambda} d_0 \theta$$

Der reziproke Wert von M^2 wird Strahlverlaufsfaktor oder schlicht Strahlqualität K genannt.

$$K = \frac{1}{M^2}$$

Die folgende Tabelle verdeutlicht die Beziehung der Parameter zwischen einem perfekten Gauß-Strahl und einem nicht-perfekten Strahl.

Parameter	Gauß-Strahl	Strahlen schlechterer Qualität
Strahlqualitätsparameter M^2	1	> 1
Strahlverlaufsfaktor/Strahlqualität K	1	< 1

Strahltaile bei gegebener Fokussierung	minimal	breiter
Divergenzwinkel θ bei gegebener	minimal	breiter
Strahltaile d_0		

Gründe für einen nicht-idealen Gaußschen Strahl mit $M^2 > 1$

Gaußsche Strahlen werden meist bevorzugt, da sie optimal gut fokussiert werden können.

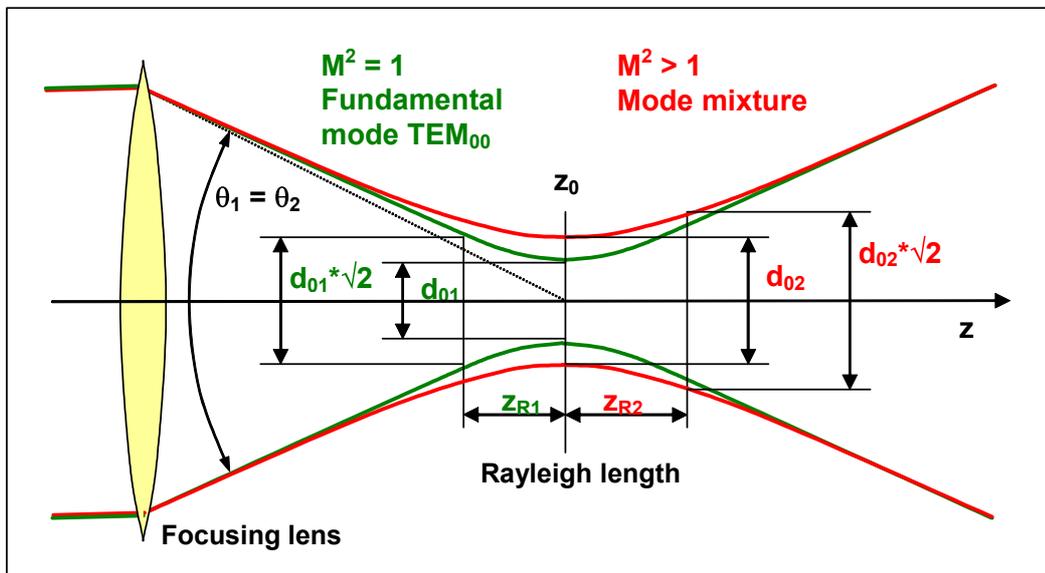
Abweichungen zur Gaußschen Form können bedingt sein durch

- die Existenz höherer Moden
- Amplituden- und Phasenstörungen, die durch Inhomogenitäten im Verstärkungsmedium des Lasers entstehen können.
- Auftreten außerordentlicher Strahlen

Diese Störungen führen zu höherer Divergenz und einer breiten Strahltaile im Vergleich zu einem Gaußschen Strahl, wenn die Fokussierung (die Linse) beibehalten wird. Als Resultat ist die maximale Leistungsdichte herabgesetzt.

Vergleich des Verlaufs zwischen fundamentaler TEM_{00} -Mode (Gaußscher Strahl) und einem Strahl mit höheren Moden

Bei gegebenem Divergenzwinkel (also eine feste Brennweite der Linse) erzeugt lediglich die fundamentale Mode den kleinstmöglichen (theoretisch begrenzten) Strahldurchmesser (grüne Kurve). Falls die Strahlqualität schlechter ist (rote Kurve), wird die Strahltaile größer. Ist die Divergenz also fest, erhöht sich die Strahltaile um einen Faktor M^2 und die entsprechende Leistungsdichte bei z_0 ist um einen Faktor $(M^2)^2$ reduziert.



Die Rayleigh-Länge wird ebenfalls durch die Änderung des Kurvenverlaufs beeinflusst.

4.2 BC1M2 Erweiterungset zur M^2 -Messung

Das BC1M2 M2 Erweiterungset beinhaltet einen motorisierten Verschiebetisch von wählbarer Länge und eine Adapterplatte, die die Befestigung des BC106 Beam Profilers gewährleistet. Der Beam Profiler selbst und die erforderliche Mittel zur Strahlrichtung und Strahlfokussierung sind nicht in diesem Erweiterungset enthalten und müssen separat bestellt werden.

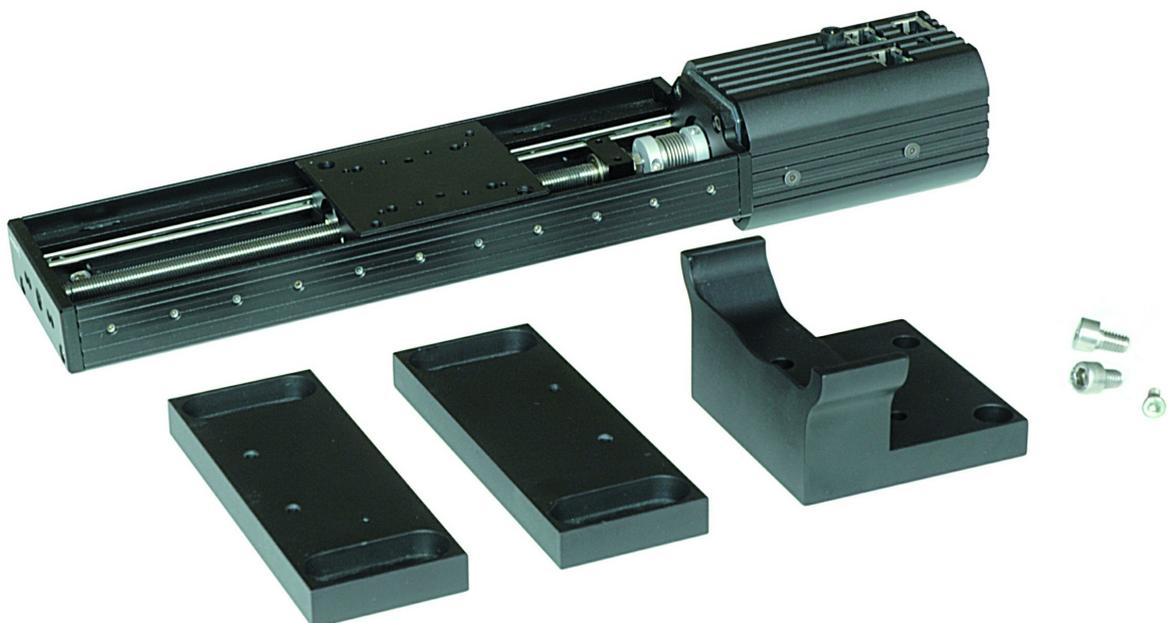
Zwei verschiedene Modelle mit unterschiedlich langen Verschiebetischen stehen zur Verfügung:

Erweiterungsset	BC1M2-150	BC1M2-300
Länge des Verschiebetisches	150 mm	300 mm

Erforderliche Verschiebetischlänge für das M^2 Erweiterungset

Schauen Sie in das Kapitel [Wahl von Fokus- und Verschiebetischlänge](#)^[100] um mehr Informationen über die Wahl der Verschiebetischlänge zu bekommen, die für die gewünschte Anwendung optimal ist.

Das folgende Bild zeigt den größten 300 mm Verschiebetisch mit Controller, zwei Befestigungsplatte und einen Adapter für den Beam Profiler. Das mitgelieferte Schraubenset und die Kabel sind nicht mit abgebildet. Zeichnungen sind im Kapitel [Mechanischer Aufbau, Zubehör](#)^[94] zu finden.



Die Bewegung des Verschiebetisches wird vollständig über die Software des BC106 gesteuert (ab Version 3.0 und später). Diese erlaubt einzelne Messungen an beliebigen Stellen der Verschiebetisches oder eine kompletten M^2 -Analyse durchzuführen. Die M^2 -Analyse wird mittels mehrerer Messungen des Strahldurchmessers eines fokussierten Strahls an verschiedenen Positionen entlang

der optischen z-Achse vollzogen. Anschließend wird eine hyperbolische Fit-Kurve an die gemessenen Daten berechnet und die Ergebnisse wie Strahltaillendurchmesser, Strahltaillenposition, Rayleigh-Länge und Divergenzwinkel ausgegeben.

Das Erweiterungsset enthält

- Verschiebetisch inkl. Controller
- Netzteil
- Power Supply
- RS232 Kabel
- USB zu RS232 Converter
- 2 Befestigungsplatten
- Adapterplatte für den BC106 Beam Profiler
- Neuste CD-Version der Beam Profiler Software
- Handbuch

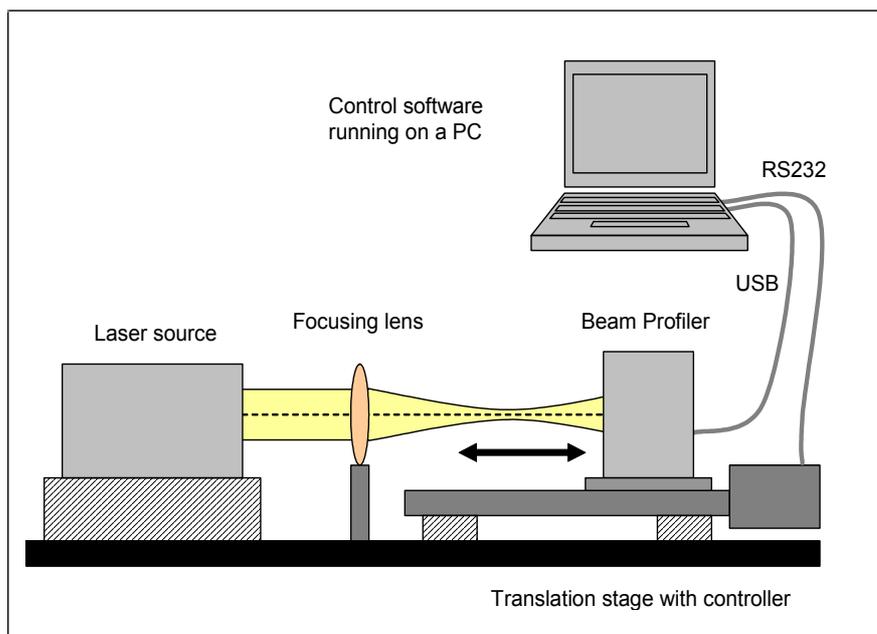
Anmerkung

Der Beam Profiler BC106 und die Mittel für die Strahlfokussierung und -ausrichtung sind nicht im BC1M2-Set enthalten. Diese sind separat zu erwerben. Im Kapitel [Mechanischer Aufbau, Zubehör](#)^[94] ist optionales Zubehör aufgelistet.

4.2.1 Mechanischer Aufbau, Zubehör

Das Thorlabs BC1M2 Erweiterungsset für M^2 -Messungen ist kein kompaktes Instrument, sondern besteht aus einzelnen Komponenten, die zusammengesetzt werden müssen.

Die folgende Skizze gibt ein Beispiel für ein M^2 -Messungsaufbau.



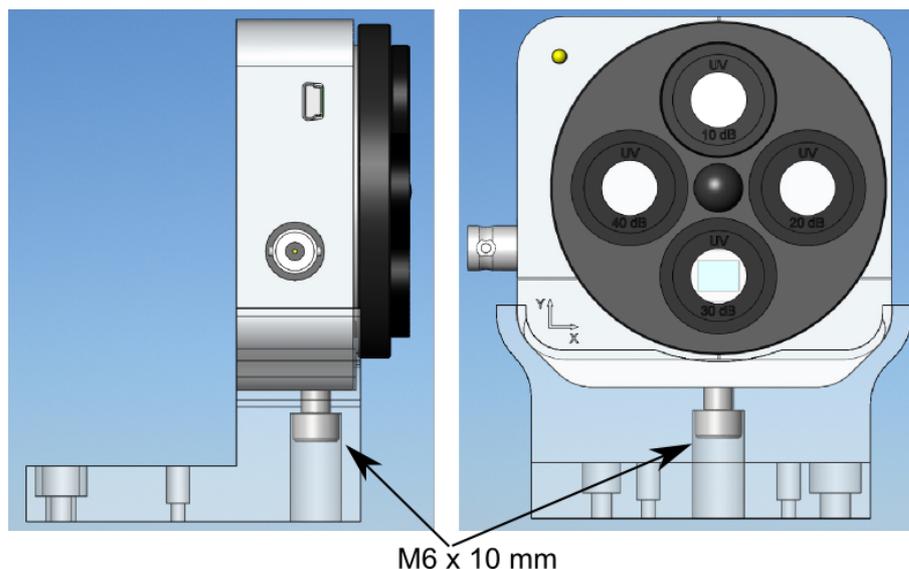
Befestigen des Verschiebetisches auf dem optischen Tisch

Es ist dringend empfohlen, den Verschiebetisch auf einem optischen Tisch zu

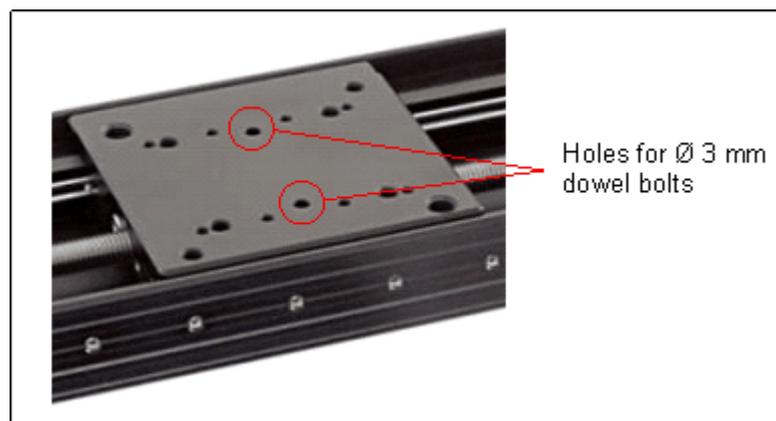
befestigen, um seine Position zu fixieren und um wiederholbare Messergebnisse zu gewährleisten. Benutzen Sie die mitgelieferten Bodenplatten, um den Verschiebetisch zu befestigen.

Befestigen des BC106 Beam Profilers auf dem Verschiebetisch

Zunächst befestigen Sie den Beam Profiler auf der mitgelieferten Adapterplatte mittels einer ebenfalls im BC1M2 Erweiterungsset mitgelieferten M6x10 Schraube. Dazu muss der Beam Profiler in die dafür vorgesehene Halterung eingesetzt und bis an den Anschlag an der Vorderseite gesetzt werden. Das garantiert eine Kamerasensorausrichtung, die senkrecht zur Bewegungsrichtung des Verschiebetisches ist. Ziehen Sie die Schraube an.



Stecken Sie die Paspstifte in die dafür vorgesehenen Löcher auf der Befestigungsplatte des Verschiebetisches



Setzen Sie den Adapter samt des darauf montierten Beam Profilers auf die Befestigungsplatte derart, dass die beiden Paspstifte eine Verbindung mit wenig Spiel bieten. Befestigen Sie die Platte mit zwei Schrauben am Ende der Platte mit Beam Profiler.

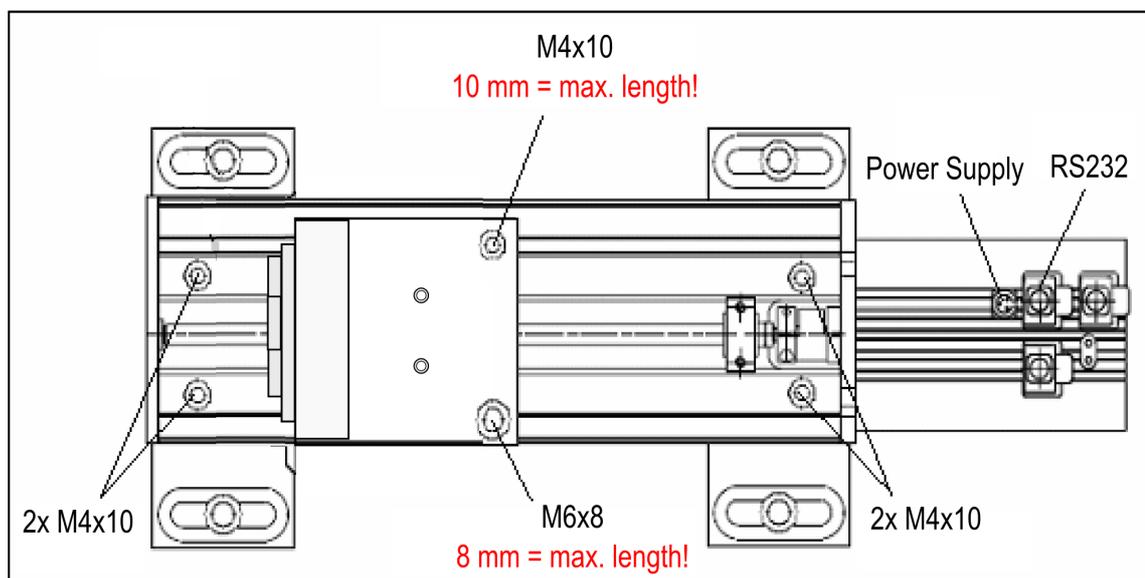
Achtung

Stellen Sie sicher, dass die Adapterplatte für den Beam Profiler nur mit den dafür vorgesehenen Schrauben (M4x10 und M6x8) befestigt wird. Länger Schrauben können den Verschiebetisch blockieren oder sogar nachhaltig schädigen!

Stellen Sie sicher, dass der Verschiebetisch mitsamt Beam Profiler bei dem Verfahren zu jeder Zeit keinen Kontakt zu Teilen in der Umgebung hat.

Laser, Linsen, Halter und andere Mechaniken können durch den Beam Profiler und den Verschiebetisch beschädigt werden!

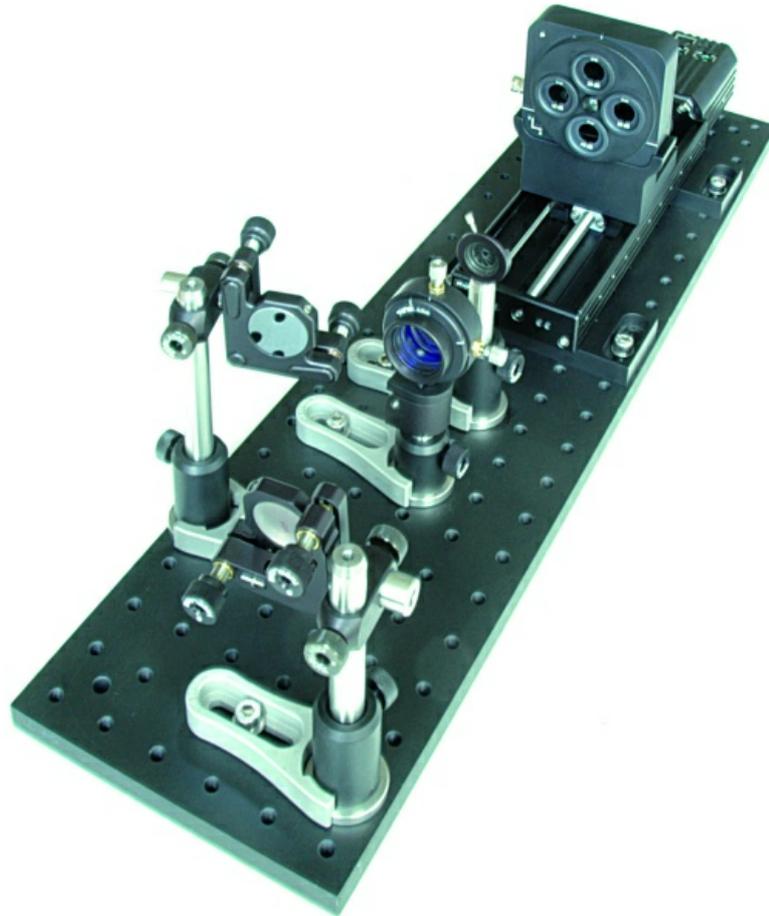
Die folgende Skizze zeigt einen vollständig zusammengebauten BC1M2 mit Beam Profiler BC106.



Messaufbau

Die gezeigten Komponenten sind mindestens notwendig für eine M^2 -Messung. Darüber hinaus ist es empfehlenswert eine Möglichkeit zur Laserstrahlausrichtung aufzubauen. Diese kann z.B. aus zwei Spiegeln bestehen, die eine Ausrichtung in eine beliebige Richtung erlauben.

Da die Höhe des Laserstrahl im Allgemeinen nicht mit der des Kamerasensors übereinstimmt, ist eine Anpassung der Laserstrahlhöhe notwendig. Im folgenden wird ein Anwendungsbeispiel gezeigt, wie eine bewährte und leicht zu bauende Konstruktion zur Justierung der Strahlhöhe und Strahlrichtung umzusetzen ist.



Alle benötigten Komponenten können unter Thorlabs.com erworben werden. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der im Beispiel verwendeten Teile.

Zöllische Version

Artikel	Teilnummer	Menge
Kinematic Mirror Mounts	KM100	2
Protected Silver Mirror	PF10-03-P01	2
Right Angle Clamp	RA90	2
1/2" Post 1.5"	TR1.5	2
1/2" Post 4"	TR4	2
1/2" Pedestal Post Holder 1.5"	PH1.5E	3
Small Clamping Fork	CF125	4
Aluminium Breadbord 8" x 24" x 1/2"	MB824	1
Translating Lens Mount	LM1XY	1
1/2" Pedestal Post Holder 1"	PH1E	1
1/2" Post 3/4"	TR075	1
Mounted Iris Diaphragm	ID15	1

Metrische Version

Artikel	Teilnummer	Menge
Kinematic Mirror Mounts	KM100	2
Protected Silver Mirror	PF10-03-P01	2

Right Angle Clamp	RA90	2
1/2" Post 30 mm	TR30/M	2
1/2" Post 100 mm	TR100/M	2
1/2" Pedestal Post Holder 43 mm	PH1.5E	3
Small Clamping Fork	CF125	4
Aluminium Breadbord 200 x 600 x 12.7 mm	MB2060/M	1
Translating Lens Mount	LM1XY/M	1
1/2" Pedestal Post Holder 30 mm	PH1E	1
1/2" Post 20 mm	TR20/M	1
Mounted Iris Diaphragm	ID15/M	1

Anmerkung

In diesen Paketen sind weder Schrauben noch Muttern enthalten.

Anmerkung

Abhängig von der jeweiligen Anwendung können andere Komponenten wie längere Posts oder andere Spiegel sinnvoller als die vorgeschlagenen sein. Bei Fragen [kontaktieren Sie uns](#)^[16].

Es sind keine fokussierenden Elemente aufgelistet, da die notwendige Linse vom gegebenen Laserdurchmesser abhängt. Die richtige Fokussierung lässt sich einfach berechnen.

Angenommen, dass der Strahldurchmesser nicht unterhalb von 100 µm in der Strahltaile sein soll, um zu gewährleisten, dass der Beam Profiler vertrauensvoll misst. Die folgende Formel berechnet die Mindestfokusslänge, die eine verwendete Linse haben sollte.

$$f = \frac{d_{\text{beam}}}{2 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{m}}\right)}$$

wobei d_{beam} der Strahldurchmesser des Lasersystems ist und λ die Betriebswellenlänge.

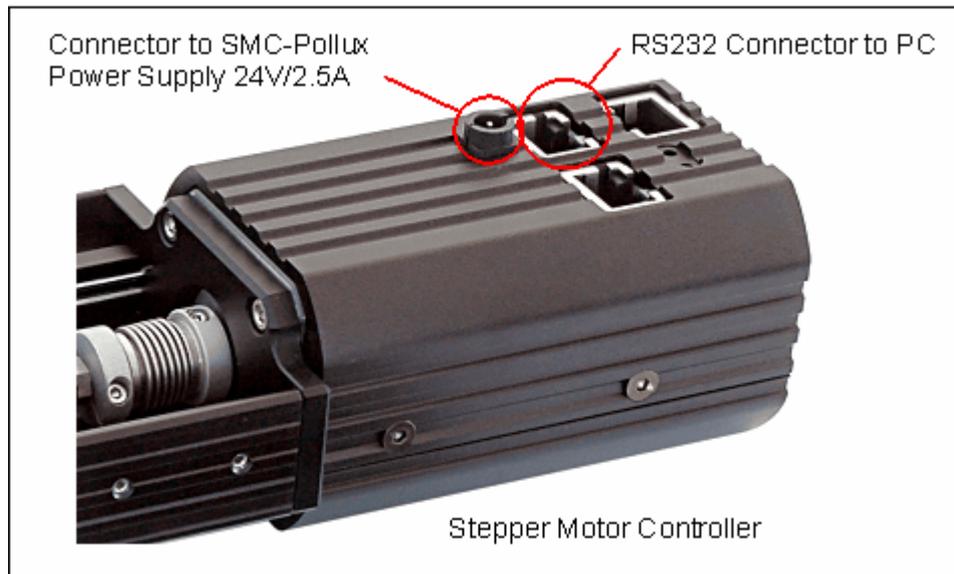
Runden Sie diesen Wert bis zur nächsten verfügbaren Brennweite auf (z.B. 50, 100, 150, 200, 300 mm). Längere Brennweiten erzeugen dann einen Strahldurchmesser, der größer als 100 µm ist und entspannen die Messanforderungen an den Kamera-Beam-Profiler.

Im Allgemeinen ist eine Brennweite von 100 mm bis 150 mm für die meisten Anwendungen eine sinnvolle Wahl. Dies ist ein guter Kompromiss für Laserstrahldurchmesser zwischen einigen hundert Mikrometern und wenigen Millimetern.

4.2.2 Elektrische Verbindungen

Der Pollux-Controller beinhaltet einen Schrittmotor, der den VT-80-Verschiebetisch verfährt. Dieser muss mit der entsprechenden Stromversorgung und mit dem Computer via RS232 verbunden werden.

Benutzen Sie die Kabel, die mit dem BC1M2 Erweiterungsset mitgeliefert werden.



Falls Ihr Computer keinen freien RS232-Anschluss hat, können Sie einen freien USB-Anschluss über den USB-zu-Seriell-Konverter, der mit dem BC1M2 Erweiterungsset geliefert wird, benutzen. Der Treiber für diesen Konverter wird automatisch bei der Installation der Software auf dem Computersystem installiert.

So bald die Netzversorgung hergestellt ist, beginnt der Controller mittels einer LED zu blinken. Dies zeigt normalen Betrieb an.

4.2.3 Wahl von Fokus- und Verschiebetischlänge

Da das **BC1M2** Erweiterungsset keine fokussierenden Elemente beinhaltet, müssen diese extra ausgewählt und bestellt werden. Die folgende Richtlinie soll helfen, die optimale Brennweite für die Linse als auch die richtige Länge für den Verschiebetisch auszuwählen.

Auswahl der optimale Brennweite

Das folgende Diagramm A hilft bei der Wahl der optimalen Brennweite f , die von der Betriebswellenlänge λ und dem unfokussierten Strahldurchmesser abhängt

Für weitere Details, bitte das Kapitel [Berechnung von Fokus- und Verschiebetischlänge](#)^[101] aufschlagen.

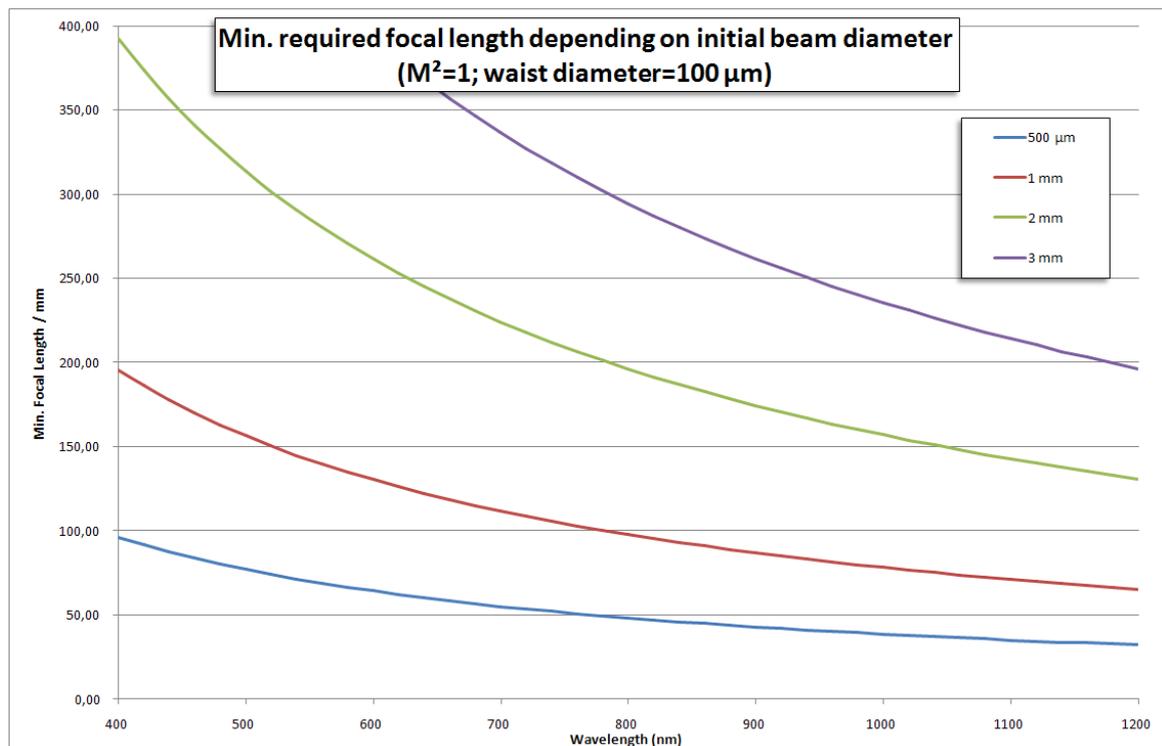


Diagramm A

Bestimmen Sie die Betriebswellenlänge auf der x-Achse des Diagramms A und gehen zu der Kurve hoch, die dem Ursprungsdurchmesser des Lasers entspricht. Dann lesen Sie die minimal erforderliche Brennweite auf der vertikalen Achse ab. Runden Sie diesen Wert zur nächsten verfügbaren Länge auf (z.B. 100, 150 oder 200 mm).

Längere Brennweiten erzeugen Strahltaillen oberhalb von 100 µm und entspannen die Messanforderungen an den Beam Profiler.

Wahl der optimalen Verschiebetischlänge

Es ist ratsam, eine Verschiebetischlänge zu wählen, die ungefähr genauso lang ist wie die Brennweite. Für eine korrekte M^2 -Erfassung sollte der Verschiebetisch mindestens die fünffache Länge der Rayleigh-Länge eines fokussierten Strahls haben, um sowohl die Strahltaille als auch die divergenten Flanken des fokussierten Strahl abzudecken. Die Rayleigh-Länge hängt stark von der erzeugten Strahltaille ab

und steigt linear mit M^2 . Deshalb muss die Verschiebetischlänge länger für eine schlechte Strahlqualität sein ($M^2 > 1$). Siehe Kapitel [Berechnung von Fokus- und Verschiebetischlänge](#) für weitere Informationen.

Diagramm B zeigt die minimal benötigte Verschiebetischlänge für $M^2=1$, mit dem erwarteten Strahltaillendurchmesser als Parameter.

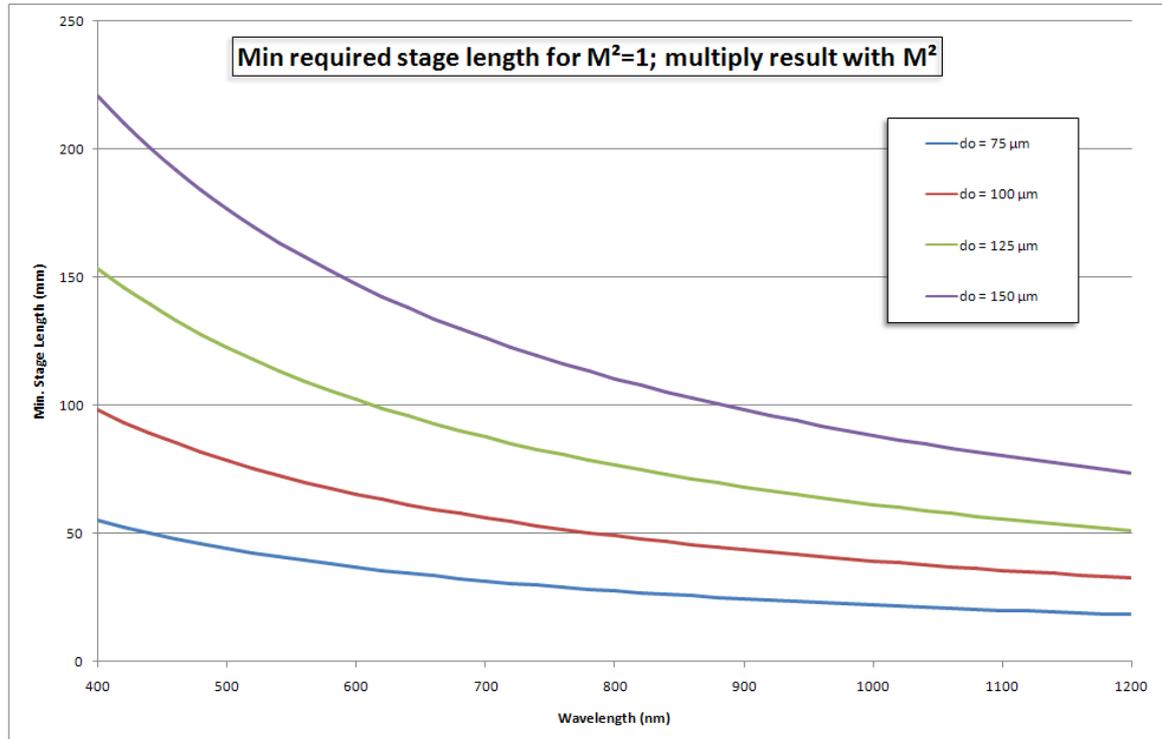


Diagramm B

Bestimmen Sie auf der x-Achse die Betriebswellenlänge im Diagramm B und gehen sie zur Kurve hoch, die der erwarteten Strahltaille entspricht. Dann lesen Sie die minimal benötigte Verschiebetischlänge auf der vertikalen Achse aus. Multiplizieren Sie diesen Wert mit dem höchsten erwarteten M^2 -Wert ihres Lasersystems und runden Sie zur nächsten verfügbaren Verschiebetischlänge auf (150 mm oder 300 mm). Beachten Sie, dass diese Länge eine Mindestlänge für eine M^2 -Messung ist.

Nachteilig ist, wenn eine zu kurze Verschiebetischlänge gewählt wurde, weil dann eine Messung nur mit einer guten Positionierung bzw. gar nicht funktioniert. Deshalb wird die 300-mm-Variante empfohlen, um allgemeinen Aufbauten mit verschiedenen Laserquellen/typen gerecht zu werden. Ebenso kann der gesamte Divergenzprozess auf beiden Seiten der Strahltaille analysiert werden, ohne einen kurzen Verschiebetisch umzusetzen.

4.2.3.1 Berechnung von Fokus- und Verschiebetischlänge

Brennweite

Der erzeugte Strahltaillendurchmesser d_0 darf nicht unterhalb des minimal messbaren Strahldurchmesser des Beam Profilers fallen.

Der Strahltaillendurchmesser d_0 ist:

$$d_0 = M^2 \frac{4 \cdot \lambda}{\pi \cdot \theta}$$

Um die Anforderung für jede Wellenlänge und die höchste Fokussierbarkeit ($M^2=1$) zu erfüllen, darf der Divergenzwinkel θ einen maximalen Wert θ_{\max} nicht überschreiten.

$$\theta_{\max} = \frac{4 \cdot \lambda}{\pi \cdot d_{0,\min}}$$

Abhängig von der Eingangsstrahlgröße d_{init} kann eine Mindestbrennweite f berechnet werden.

$$f \geq \frac{d_{\text{init}}}{2 \cdot \tan\left(\frac{\theta_{\max}}{2}\right)}$$

Verschiebetischlänge

Für eine optimal M2-Messung muss der Verfahrensweg des Verschiebetisches mindestens fünf Mal so lang sein wie die Rayleigh-Länge des fokussierten Strahls, um Strahlteile und die Bereiche des divergenten/konvergenten Strahlverlaufs zu vermessen.

Die minimal Verschiebetischlänge ist:

$$L_{\min} \geq 5 \cdot z_R = 5 \cdot M^2 \frac{\pi \cdot d_0^2}{4\lambda}$$

wobei L_{\min} die Mindestlänge für den Verschiebetisch ist, z_R die Rayleigh-Länge, M^2 der höchste erwartete M^2 -Wert, λ die Betriebswellenlänge und d_0 der Strahltaillendurchmesser.

4.3 Messungen

Klicken Sie auf das -Symbol in der Werkzeugleiste, wählen Sie **'Fenster → M² Arbeitsbereich'** aus dem Menü oder klicken Sie auf das Werkzeugleisten-Icon  um das M²-Messfenster zu öffnen. Der Arbeitsbereich öffnet zwei Fenster (**2D Projektion** und **Messung der Strahlqualität**; soweit sie noch nicht geöffnet sind) und schließt alle anderen Unterfenster.

Das Unterfenster der Messung der Strahlqualität ist das zentrale Kontrollfenster für die M²-Messung. Das Unterfenster beinhaltet drei Tabs, die sich durch jeweiliges Anklicken öffnen lassen. Diese sind:

- Initialisieren
- M² Messung
- Divergenz

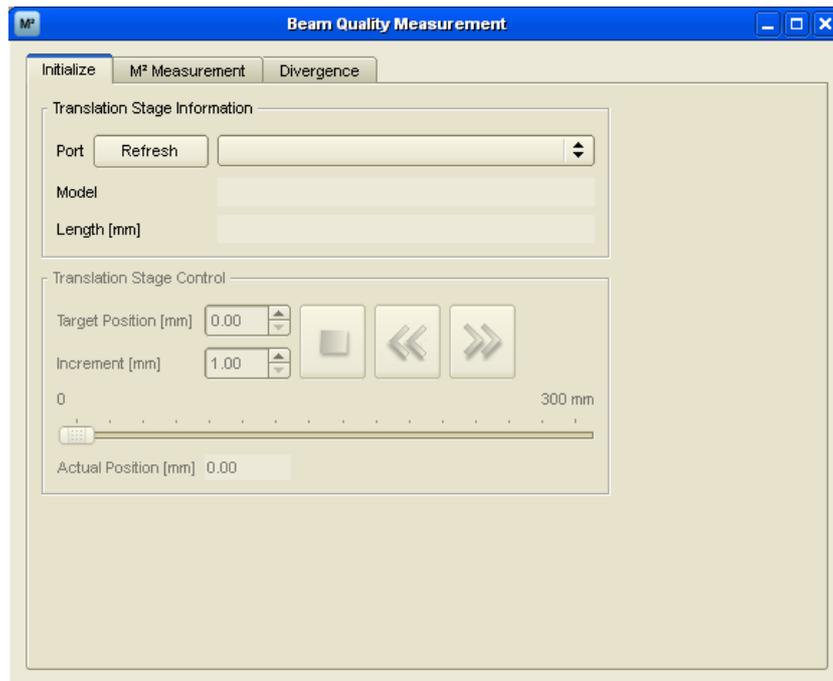
Der Benutzer muss entscheiden, welchen Typ des Datenfits auf die zumessenden Daten anzuwenden ist. Im Falle eines fokussierten Strahl ist die **M² Messung** mit einem hyperbolischen Datenfit zu wählen. Für einen unfokussierten Strahl ergibt die **Divergenz-Messung** Sinn, bei der der Divergenzwinkel eines Strahls bestimmt wird (natürlich kann der Strahl auf konvergieren). In diesem Fall wird ein linearer Fit durchgeführt.

Zusätzlich zu dieser ersten Wahl ist das Problem in der Lage den Strahlverlauf zu erkennen. Falls eine M²-Messung gewählt ist, der Strahl aber einen linearen Verlauf mit einer Strahlvariation von weniger als 50% zeigt, schlägt das Programm einen linearen Fit vor.

Die beiden Typen der Strahlverlaufsmessung sind in den folgenden Abschnitten [M² Measurement](#) ^[110] und [Divergence Measurement](#) ^[122] beschrieben. Lesen Sie diese Abschnitte, um mehr über die Messverfahren zu erfahren.

4.3.1 Initialisierung

Wenn das Fenster **Messung der Strahlqualität** zum ersten Mal betreten wird, ist eine Initialisierung des Verschiebetisches nötig. Standardmäßig ist der **Initialisieren**-Tab geöffnet.



Stellen Sie sicher, dass der Verschiebetisch eine Netzversorgung hat und mit dem PC über RS232 verbunden ist.

Alternativ, falls kein serieller COM-Port an dem Computersystem vorhanden ist, kann der mit dem BC1M2-Erweiterungsset mitgelieferte **USB-zu-Seriell-Konverter** benutzt werden. Diese Einheit verbindet beide Schnittstellen und übersetzt alle Signale.

Als nächstes muss ein COM-Port gewählt werden. Klicken Sie auf einen Port in der Pull-down-Liste, an dem der Verschiebetisch angeschlossen ist. Klicken Sie auf **Aktualisieren**, falls der gewünschte Port nicht gelistet ist.

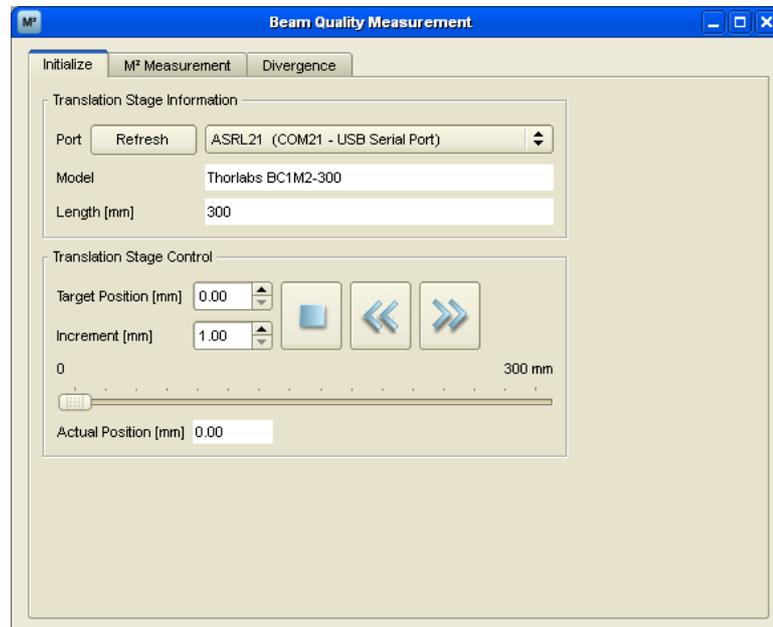


In diesem Beispiel tauchen verschiedene COM-Ports auf:

ASRL1 (COM1, COM2)	eingebaute COM-Schnittstelle; diese kann für einige PC oder Laptops nicht verfügbar sein
ASRL3 (COM3 - USB Serial Port)	USB-zu-Seriell-Adapter, der einen virtuellen COM-Port erzeugt
ASRL10 (LPT1)	Parallel-Port für Drucker; dieser kann nicht für den Verschiebetisch benutzt werden.

Wenn der richtige Port des Verschiebetisches angewählt, fährt der Schlitten des Verschiebetisches auf die Referenzposition bei 0 mm. Das Verfahren zu dieser Position kann einige Sekunden dauern und kann nicht abgebrochen werden.

Der Name und die Länge des Verschiebetisches werden bei erfolgreicher Initialisierung angezeigt, die Buttons für die Bewegung des Verschiebetisches aktiviert.



Troubleshooting: COM-Port des Verschiebetisches kann nicht gefunden werden

- Auch wenn der USB-Konverter benutzt wird, sieht das Computersystem einen COM-Port. Wenn mehrere COM-Ports vorhanden sind und nicht ersichtlich ist, welcher Port der richtige ist, klicken Sie die Ports nacheinander an und schauen Sie, wann das Programm antwortet.
- Stellen Sie sicher, dass der Verschiebetisch über das Netzteil mit Strom versorgt wird und über den RS232-Anschluss mit dem Computersystem verbunden ist.
- Stellen Sie sicher, dass der gewünschte Port nicht zeitgleich von einer anderen Anwendung betrieben wird.

Achtung

Ist der Verschiebetisch einmal im Programm erfolgreich initialisiert, wird er beim nächsten Start automatisch erneut initialisiert und fährt automatisch wieder auf die Referenzposition bei 0 mm.

Vergewissern Sie sich, dass der Verschiebetisch und der Beam Profiler so aufgestellt sind, dass jeglicher Kontakt mit mechanischen Teilen während des Verfahrens über die gesamte Verschiebetischlänge vermieden wird! Andernfalls können Laser, Linsen, Halter und andere Mechaniken beschädigt werden.

4.3.2 Strahlausrichtung

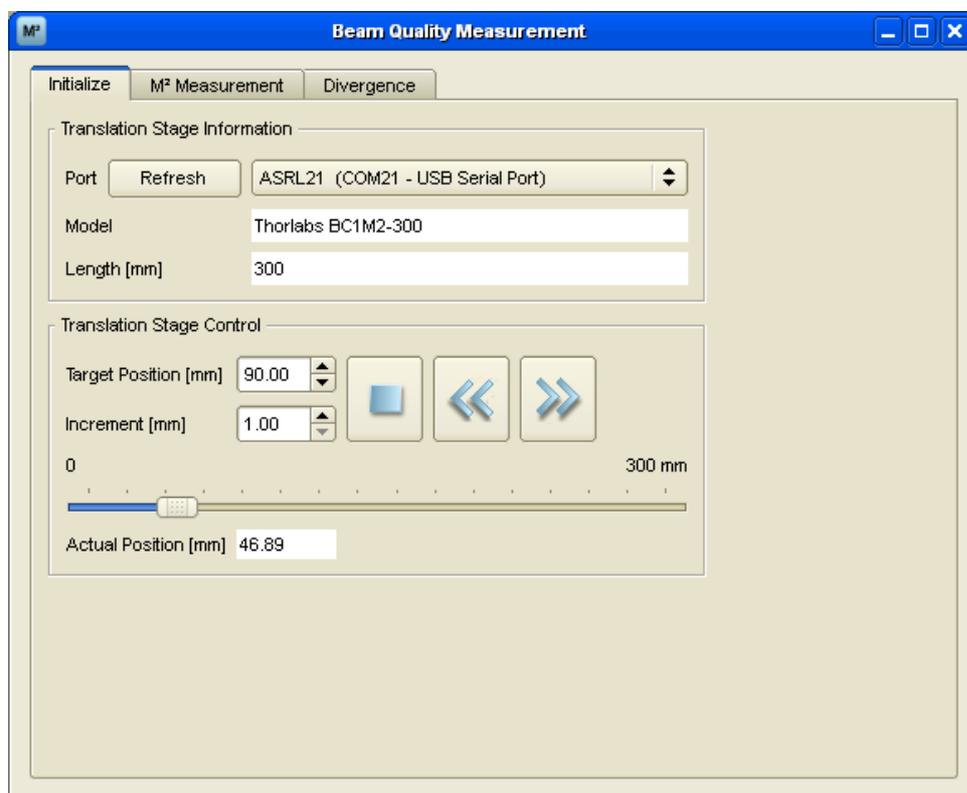
Wozu dient die Strahlausrichtung?

Da der Verschiebetisch eine feste Verfahrachse hat und die Sensorfläche der Beam Profiler Kamera eine endliche Ausdehnung muss der Benutzer sicherstellen,

dass der Laserstrahl für alle Tischpositionen auf die Sensorfläche trifft. Dies wird dadurch erreicht, dass der Strahl sorgsam ausgerichtet wird. Das Ziel ist den Strahl parallel zu der Achse der Verschiebetisches auszurichten und den Kamerasensor in der Mitte zu treffen.

Es wird dringend empfohlen, den Vorgang des Strahlausrichtens sorgfältig durchzuführen, um genaue und vertrauenswürdige Messergebnisse zu erhalten.

Für die Strahlausrichtung sind im Programm zwei Unterfenster wichtig, das Fenster **Messung der Strahlqualität** mit dem **Initialisieren**-Tab und das **2D Projektion**-Fenster. Ersteres gibt die Kontrolle über das Verfahren des Verschiebetisches, letzteres zeigt das 2D Profil des Strahls und die Stelle, an der der Sensor getroffen wird.



Im Tab **Initialisieren** sind alle benötigten Steuerelemente gegeben. Das Anzeigefenster

Actual Position [mm] 100.00

zeigt die **Aktuelle Position** des Verschiebetisches. Durch Eingabe einer neuen **Zielposition**

Target Position [mm] 100.00
Increment [mm] 3.00

kann der Verschiebetisch auf eine neue Position verfahren werden. Das **Inkrement** kann in Verbindung mit den **Richtungspfeilen** benutzt werden.



Das Inkrement kann individuell gesetzt werden. Abhängig vom Wert des Inkrements ist eine neue Zielposition die aktuelle Position +/- Inkrement. Wenn sich der Verschiebetisch in einem Verfahrensvorgang befindet, kann dieser gestoppt werden durch Klicken auf den **Stop Button**.



Die **Positionsleiste** erfüllt zwei Funktionen: Sie visualisiert die aktuelle Position, kann aber zum Setzen einer neuen Zielposition benutzt werden.

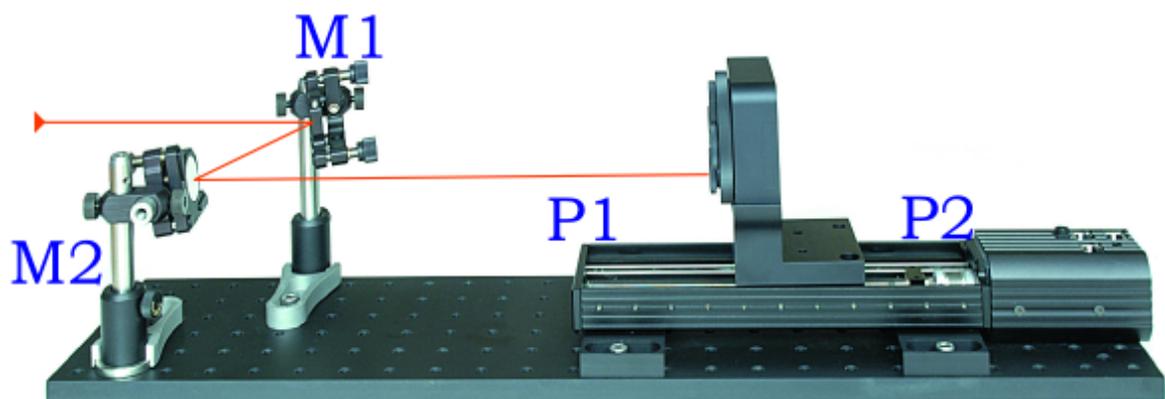


Durch Klicken und Ziehen des Positionsschlittens wird eine neue Zielposition gesetzt. Während des Ziehens und Verschiebens des Schlittens wird der numerische Wert im Anzeigefeld der Zielposition angezeigt.

Die Positionsleiste ist ein sehr nützliches Werkzeug, um den Verschiebetisch während der Strahlausrichtung schnell neu zu positionieren.

Mechanischer Aufbau

Als mechanischer Aufbau werden mindestens zwei Spiegel benötigt, um den Laserstrahl in eine beliebige Richtung zu lenken. Das folgende Bild gibt ein Beispiel für einen möglichen Aufbau.



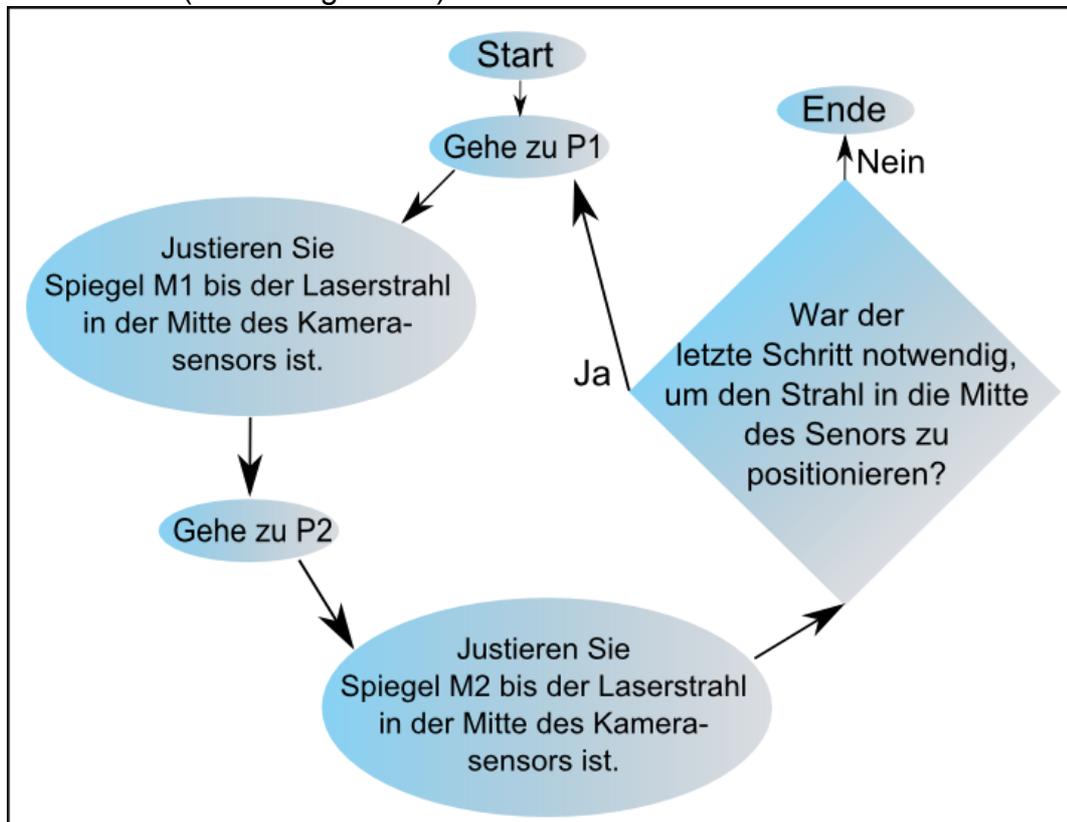
Anmerkung

Wenn die Spiegel aufgestellt werden, ist zu beachten, dass genügend Platz zwischen dem zweiten Spiegel und dem Verschiebetisch gelassen wird - für den Fall, dass an dieser Stelle eine Linse, eine Iris und/oder andere optische Elemente eingefügt werden sollen.

Durchführung der Strahlausrichtung

Wenn der Laserstrahl bereits über zwei Spiegel zum Beam Profiler geführt wird, gibt es einen einfachen und sicheren Weg, den Strahl auszurichten. Dieser wird im Folgenden beschrieben.

Angenommen, dass Verschiebetischposition am Anfang des Tisches ist Position **P1** (0 mm) und die Position am Ende ist **P2** (150 oder 300 mm). Weiterhin sei angenommen, dass die Spiegel vor dem Verschiebetisch mit **M1** und **M2** bezeichnet sind (siehe obiges Bild). Dann:



Zunächst muss der Verschiebetisch auf P1 gefahren werden, dann müssen die Drehknöpfe von Spiegel M1 solange gedreht werden, bis der Laserstrahl in der Mitte des Sensors ist. Ist das getan, wird der Verschiebetisch auf P2 gefahren. Nun werden die Drehknöpfe von M2 dreht, bis der Laserstrahl erneut in der Mitte des Sensors ist. Diese Schritte wiederholen sich solange, bis ein Drehen der Knöpfe nicht mehr nötig ist, um den Laserstrahl mittig zu positionieren.

Es ist wichtig, immer nur einen Spiegel einzustellen, der zur entsprechenden Verschiebetischposition gehört. Dann führt diese Methode zu einer Strahlrichtung, die parallel zu der Achse des Verschiebetisches ist.

Der Strahl sollte nun für jede Verschiebetischposition in der Mitte des Sensors sein.

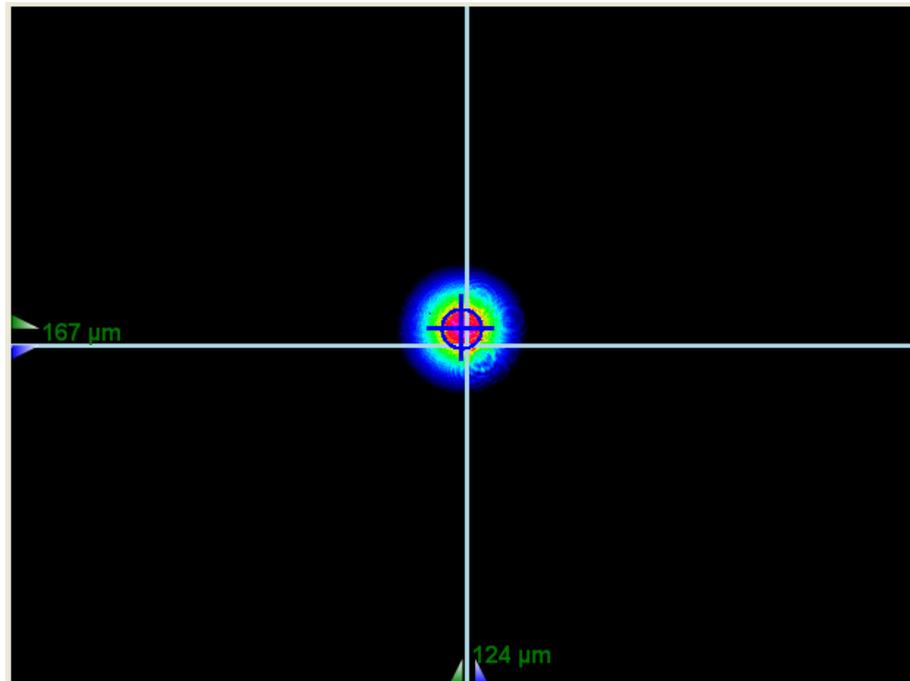
Anmerkung

Um eine Strahlausrichtung sollte der gesamte Kamerasensor benutzt werden. Die **Region von Interesse (ROI)** kann in den **Geräteeinstellungen** auf **Vollbild** gesetzt werden. Weitere Informationen dazu, sind im Abschnitt [Geräteeinstellungen](#) zu finden.

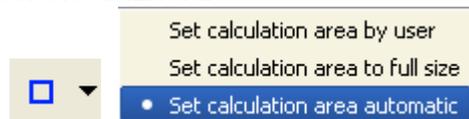
Zusätzliche Unterstützung

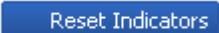
Eine gute Strahljustierung kann unterstützt werden, wenn die **Referenzposition**

 aktiviert wird (siehe Bild). Wird diese auf die Sensormitte gesetzt, kann der Strahl dorthin besser justiert werden.



Darüber hinaus lässt sich mit der Anzeige der **Schwerpunktsposition**  ein Eindruck gewinnen, wie sehr der Schwerpunkt des Strahls wandert. Die Anzeigeelemente links und unten zeigen die y- bzw. x-Verschiebung des Schwerpunkts. Für diese Messung sollte die **Automatische Berechnungsfläche** eingeschaltet sein. Klicken Sie dazu auf



Die Anzeigeelemente können zurückgesetzt werden durch einen Rechtsklick in den 2D Projektionsfenster und dann auf .

Linsenausrichtung

Für eine M2-Messung ist ein fokussierendes Element wie eine Linse notwendig. Falls der Strahl parallel zu Achse des Verschiebetisches ausgerichtet ist, kann eine Linse einfach in den optischen Weg eingefügt werden.

Wenn eine Linse eingefügt wird, sollte der Beam Profiler eher am Ende als am Anfang des Verschiebetisches stehen. Falls der Strahl zuvor zentral ausgerichtet war, muss die Linse in x- und y-Richtung so ausgerichtet werden, dass der Strahl anschließend immer noch zentriert ist. Wichtig ist, dass die Linse keinen Kipp- oder Drehwinkel gegenüber optischen Achse hat.

Wenn der Strahl nach dem Einfügen der Linse weiterhin für alle Verschiebetischpositionen zentriert auf dem Sensorfeld ist, ist die Linse optimal ausgerichtet in die optische Achse eingefügt.

4.3.3 M²-Messung

Dieser Abschnitt befasst sich mit **M²-Messungen** und den dazugehörigen Einstellungen. Durch Klicken Sie auf **M² Measurement** im Fenster **Messung der Strahlqualität**, um den Registerreiter **M² Messung** zu öffnen.



In diesem Registerreiter werden die Daten der M²-Messung angezeigt. Falls das Programm einen (unfokussierten) linearen Strahlverlauf anstelle eines (fokussierten) hyperbolischen Strahlverlaufs detektiert, wechselt die Software in den Registerreiter **Divergenz** um einen linearen Datenfit durchzuführen.

4.3.3.1 Fensterdarstellung

Falls der M²-Arbeitsbereich-Button  geklickt wurde, sind zwei Unterfenster in dem Programm zu sehen, die **Messung der Strahlqualität** und die **2D Projektion**. Für weitere Informationen und Einstellung über das Unterfenster 2D Projektion, lesen Sie den Abschnitt [2D Projektion](#)³⁴. Beide Unterfenster sollten so angeordnet sein, dass gut zu sehen und zu steuern sind.

Der Registerreiter **M² Messung** schaut ohne Messdaten so aus:

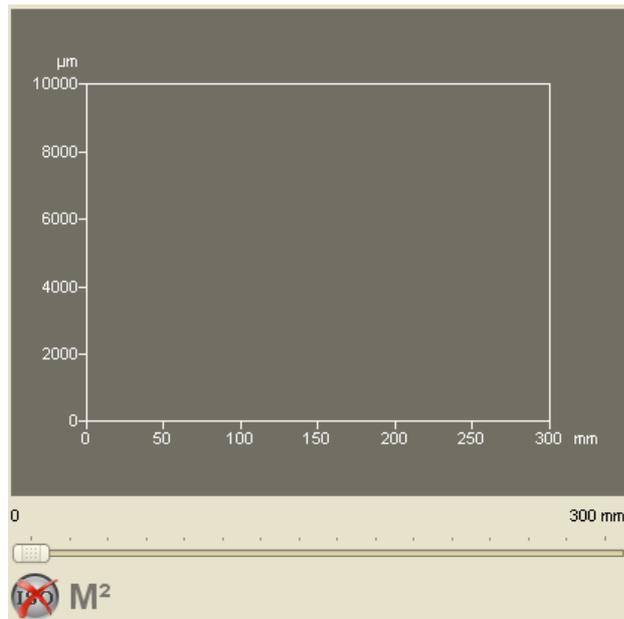


Hierbei ist die Legende auf der rechten Seite bereits eingeschaltet (aktiviert über den Button ).

Auf der linken Seite sind eine Reihe von Buttons zu sehen, die die folgende Funktionalität zeigen.

Button	Name	Funktion
	M ² Einstellungen	Öffnet die Einstellungen für die M ² -Messung
	Start/Stop	Startet / Stoppt eine M ² -Messung
	Punkt/Linien-Darstellung	Wechselt zwischen der Punkt- und Linien-Darstellung für die geplotteten Daten
	Legende	Öffnet eine Fenstererweiterung mit einer Legende und den Messergebnissen
	Gitternetz	Aktiviert/Deaktiviert das Gitternetz im Diagramm
	Speichern der Daten	Im Falle einer erfolgreichen M ² -Messung wird dieser Button aktiviert. Dann können die geplotteten (gemessenen) Daten gespeichert werden.
	PDF Test Protokoll	Speichert die Resultate der M ² -Messung mitsamt Diagramm in eine PDF-Datei.

In dem Diagramm (welches zunächst natürlich noch leer ist) werden die gemessenen Daten geplottet.



Die **Postionsleiste** unterhalb des Diagramms zeigt die aktuelle Position des Verschiebetisches und funktioniert wie zuvor im Registerreiter **Initialisieren**.

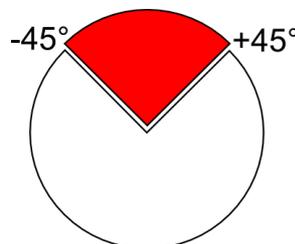
Das durchgestrichene Lämpchen zeigt, dass aktuell keine M^2 -Messung durchgeführt wurde. Es wechselt zu grün, wenn eine zu ISO 11146 konforme M^2 -Messung beendet ist.

Die Fenstererweiterung auf der rechten Seite beinhaltet die **Legende** für das Diagramm, die **Berechnungen an dieser Z-Position** und die **Ergebnisse** der M^2 -Messung. Falls noch keine Messungen gemacht wurde, sind diese Felder leer.

Legende		Results	
<input checked="" type="checkbox"/>	Beam Diameter X'	M^2 X'	
<input checked="" type="checkbox"/>	Beam Diameter Y'	M^2 Y'	
<input checked="" type="checkbox"/>	Hyperbolic Fit X'	M^2 Mean	
<input checked="" type="checkbox"/>	Hyperbolic Fit Y'	Beam Waist Position X' [mm]	
Calculations To Actual Z Position		Beam Waist Position Y' [mm]	
Position Z [mm]		Beam Waist Diameter X' [µm]	
Beam Diameter X' [µm]		Beam Waist Diameter Y' [µm]	
Beam Diameter Y' [µm]		Rayleigh Length X' [mm]	
Rotation Angle φ [deg]		Rayleigh Length Y' [mm]	
		Divergence Angle X' [deg]	
		Divergence Angle Y' [deg]	

Das Feld **Berechnungen zur aktuellen Z Position** enthält die folgenden Informationen:

Parameter	Was wird dargestellt?
Position Z [mm]	Zeigt die aktuelle Z Position des Verschiebetisches in mm.
Strahldurchmesser X' [μm]	Im Falle einer Messung mit 4-Sigma-Strahlbreiten wird in dem Feld ein zur ISO 11146-1 konformer Strahldurchmesser in dem gegenüberdem Laborsystem transformierten Koordinatensystem für die aktuelle z-Position angezeigt. Im Falle der Ellipsen-Clip-Level Strahlbreite stimmt der gezeigte Wert mit dem min. oder max. Wert der Ellipse überein.
Strahldurchmesser Y [μm]	Im Falle einer Messung mit 4-Sigma-Strahlbreiten wird in dem Feld ein zur ISO 11146-1 konformer Strahldurchmesser in dem gegenüberdem Laborsystem transformierten Koordinatensystem für die aktuelle z-Position angezeigt. Im Falle der Ellipsen-Clip-Level Strahlbreite stimmt der gezeigte Wert mit dem max. oder min. Wert der Ellipse überein.
Rotationswinkel [deg]	Im Fall der 4-Sigma-Strahlbreiten ist der Rotationswinkel der absolute Azimutwinkel, der durch die 4-Sigma-Strahlbreiten berechnet wird. Die Berechnungen dazu folgen dem ISO 11146-1 Standard. Der Winkel ist nicht identisch mit dem Winkel ^[70] , der für die Ellipsen benutzt wird. Der Rotationswinkelbereich ist

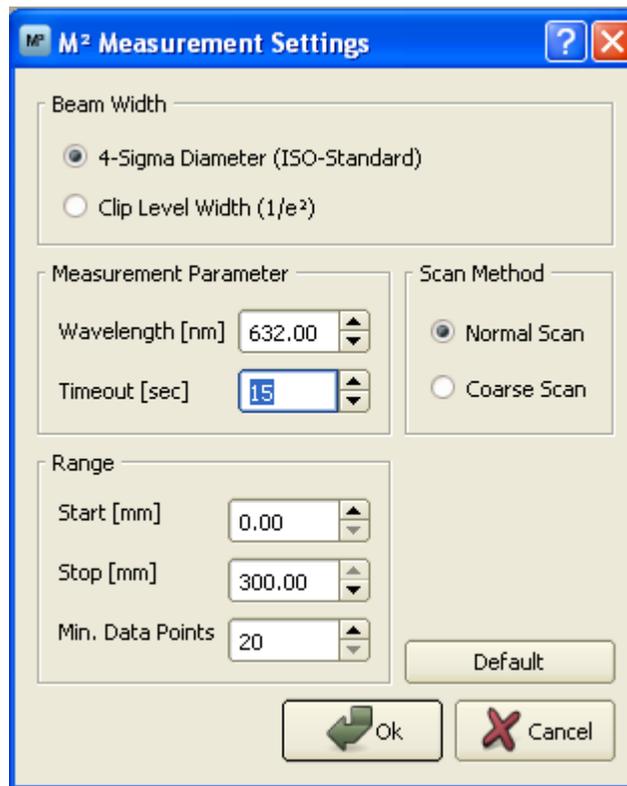


Im Falle der Ellipsen-Clip-Level Strahlbreite zeigt der Rotationswinkel eine Differenz zu einem Referenzwinkel an, der am Anfang einer Strahlqualitätsmessung durch die Mittelung über zehn Bilder gemacht wird.

4.3.3.2 Einstellungen

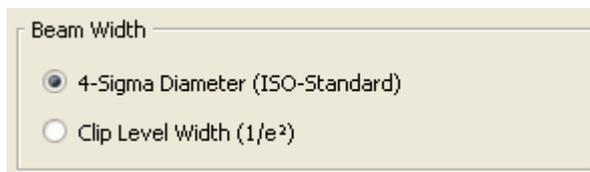
Für eine erfolgreiche und vertrauensvolle Messung ist es notwendig, die Messoptionen einzustellen.

Klicken Sie auf , um die **M² Messeinstellungen** zu öffnen.



Strahlbreite

Es ist möglich, zwischen zwei verschiedenen Messvariante für die Strahlbreite zu wählen.



Die Berechnung der **4-Sigma-Durchmesser** folgt den Richtlinien des ISO 11146-1:2005 Standards. Es wird dringend empfohlen, diese Option für die M²-Messung zu wählen, um eine ISO-Konformität zu gewährleisten.

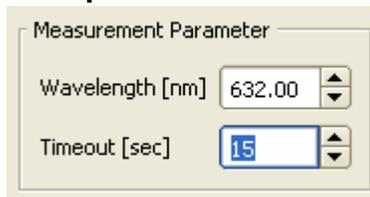
Anmerkung

Die 4-Sigma-Durchmesser an dieser Stelle sind nicht identisch mit denen aus den **Ergebnissen der Berechnungen** (Raw Image Measurement). Jene Durchmesser stellen die 4-Sigma-Durchmesser in x- und y-Richtung (Laborsystem) dar. Die 4-Sigma-Durchmesser für die M²-Messung werden für das x'- und y'-Koordinatensystem berechnet, das einen im Allgemeinen nicht-verschwindenen Winkel gegenüber dem Laborsystem hat. Weitere Informationen zu den Berechnungen ist in der ISO 11146-1:2005 zu finden.

Die **Clip-Level-Breite** basiert auf der **Approximierten Ellipse**. Das Clip-Level ist auf einen Wert von 13,5% gesetzt. Zu Beginn einer Messung wird ein Referenzwinkel mittels einer Mittelung über 10 Frames ermittelt. Dieser Winkel wird dann zur Auswertung aller folgenden Frames und Ellipsen benutzt.

Da die Clip Level-Breite unter mehr Rauschen und Instabilität als die 4-Sigma-Breiten leidet, sollte diese Option nur mit guten Argumenten gewählt werden.

Messparameter



Measurement Parameter

Wavelength [nm] 632.00

Timeout [sec] 15

Für eine korrekte M2-Messung ist es absolut notwendig, die richtige **Wellenlänge** einzustellen! Wenn die Wellenlänge des Lasersystems nicht sicher ist, sollte diese mittels Spektrometer nachgemessen werden.

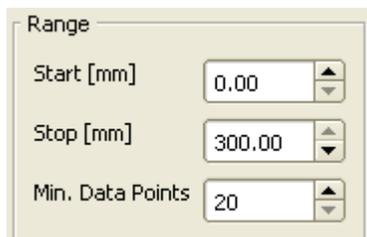
Die Eingabe akzeptiert auch Werte für die Wellenlänge, die außerhalb der für den Beam Profiler spezifizierten Bereich liegen, nämlich von 100-1200 nm.

Achtung

**Es sollte nicht die nominelle Laserwellenlänge, sondern die tatsächliche Betriebswellenlänge eingestellt werden!
Die Genauigkeit dieser Eingabe bestimmt direkt die Messgenauigkeit.**

Das **Timeout** ist die Zeit, wie lange die Software auf ein gültiges Bild der Kamera wartet. Ein Bild ist z.B. nicht gültig, wenn es übersättigt ist oder ein Strahl nicht gefunden werden konnte.

Scanbereich



Range

Start [mm] 0.00

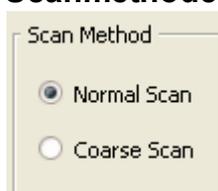
Stop [mm] 300.00

Min. Data Points 20

Der **Scanbereich** bestimmt den Bereich von wo bis wo der Schlitten des Verschiebetisches während einer Messung gefahren werden soll. **Start** muss mindestens 5 mm kleiner sein als **Stop** und größer oder gleich 0 mm. Gültige Wert für Stop sind $5 \text{ mm} < \text{Stop} < \text{maximale Länge des Verschiebetisches}$.

Die Nummer der **Min. Datenpunkte** zeigt die Mindestanzahl der z-Positionen, die angefahren werden soll. Die tatsächliche Anzahl hängt allerdings auch von der **Scanmethode** ab.

Scanmethode



Scan Method

Normal Scan

Coarse Scan

Die Software bietet zwei verschiedenen Arten der Scanmethode, den **Normalscan** und den **Grobscan**.

Der **Grobscan** fährt den Schlitten des Verschiebetisches lediglich von **Start** bis **Stop** (oder umgekehrt, wenn der Schlitten der Stop-Position zu Beginn näher steht). Die Anzahl der aufgenommenen Strahlbreiten entspricht exakt der Nummer der eingegebenen **Datenpunkte**.

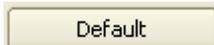
Der **Normalscan** ist in erster Instanz mit dem Grobscan gleich. Allerdings entscheidet das Programm am Ende des ersten Durchlaufs, ob noch weitere Messpunkte hinzugefügt werden müssen, falls die Bedingungen für eine ISO-konforme Messung noch nicht erfüllt sind. Der ISO-Standard erfordert, dass

"at least 10 measurements shall be taken. Approximately half of the measurements shall be distributed within one Rayleigh length on either side of the beam waist, and approximately half of them shall be distributed beyond two Rayleigh lengths from the beam waist."

Das heißt, dass im ersten Durchlauf eine vorläufige Rayleigh-Länge berechnet wird und ob, genügend Datenpunkte bereits gemessen wurden. Falls ja, wird ein hyperbolischer Fit durchgeführt. Falls nicht, werden in einem zweiten Durchlauf zusätzliche Messungen innerhalb einer Rayleigh-Länge auf beiden Seiten der Strahltaile und/oder außerhalb von zwei Rayleigh-Längen gemacht.

Für eine M^2 -Messung ist der Normalscan empfohlen. Nur, wenn z.B. die grobe Position der Strahltaile ermittelt oder eine andere simple Anwendung durchgeführt werden soll, sollte der Grobscan verwendet werden.

Standardwerte



Das Klicken auf **Standardwerte zurücksetzen** setzt vordefinierte Einstellungen in die M^2 -Messeinstellungen.

Option	Standardwert
Strahlbreite	4-Sigma-Durchmesser (ISO-Standard)
Wellenlänge	635 nm
Timeout	15 sec
Start	0 mm
Stop	150 / 300 mm (abhängig von der Verschiebetischlänge)
Min. Datenpunkte	20
Scanmethode	Normal Scan

Berechnungsfläche



Die Einstellungen für die **Berechnungsfläche** können in den [Programmeinstellungen](#)^[60] gesetzt werden. Während einer **Messung der Strahlqualität** (M^2 oder Divergenz) wird die Automatische Berechnungsfläche aktiviert, um eine effektive Rauschreduktion zu ermöglichen. Ebenso können Reflexionen und Artefakte durch Filter, Linsen oder andere optische Elemente unterdrückt werden.

Standardmäßig ist das Clip Level der Berechnungsfläche auf 3,8% gesetzt. Dies ist ein vernünftiger Wert für die meisten Anwendung und Messungen. Das Erniedrigen des Clip Level führt zu einer Erhöhung der Berechnungsfläche, damit auch mehr Rauschen und konsequenterweise eine größere Strahlbreite.

Anmerkung

Setzen Sie das Clip Level der Berechnungsfläche mit Bedacht. Eine Erhöhung des Clip Level resultiert in kleiner Strahlbreiten, kann aber Teile des Strahls abschneiden, was zu einer Verfälschung des Messergebnisses führen kann.

Voreingestellte Einstellungen

Unabhängig von den Benutzereinstellungen werden die folgenden Einstellungen für jede Strahlqualitätsmessung gesetzt.

Einstellung	Parameter
Berechnungsfläche	Automatisch
Autom. Belichtungssteuerung	Ein
Umgebungslichtkorrektur	Aus
Ellipse in der 2D Projektion	Aus (4-Sigma Diameter); Ein (Clip Level)

4.3.3.3 Durchführen einer Messung

Vor eine Messung gestartet wird, sollten Sie überprüfen, dass

- der Laserstrahl ordentlich ausgerichtet ist. Das heißt, dass der Strahl für alle z-Positionen des Verschiebetisches den CCD-Sensor des Beam Profilers trifft. Falls nicht, lesen Sie das Kapitel Beam Alignment, um den Laserstrahl zu justieren.
- die richtige Brennweite gewählt ist. Wenn der Schlitten des Verschiebetisches von Start bis Stop gefahren wird, sollte das

Strahlminimum ungefähr in der Mitte des Scanbereichs liegen. Positionieren Sie den Schlitten mit Hilfe der Positionsleiste, um das zu überprüfen.



- das Umgebungslicht ausgeschaltet oder so weit wie möglich gedimmt ist. Umgebungslicht kann die Messung stören und sollte vermieden werden. Lesen Sie das Kapitel Zusätzliche Anwendungshinweise um mehr über die Möglichkeiten zur Umgebungslichtunterdrückung in einer nicht-dunklen Umgebung zu erfahren.
- Reflexionen und Interferenzen so weit möglich vermieden werden.
- der Laser aufgewärmt ist - abhängig von der Quelle kann das bis zu einer Stunde oder länger dauern.
- der Laser-Output räumlich und zeitlich stabil ist.

Starten Sie die Messung, indem Sie den **Start**-Button klicken .

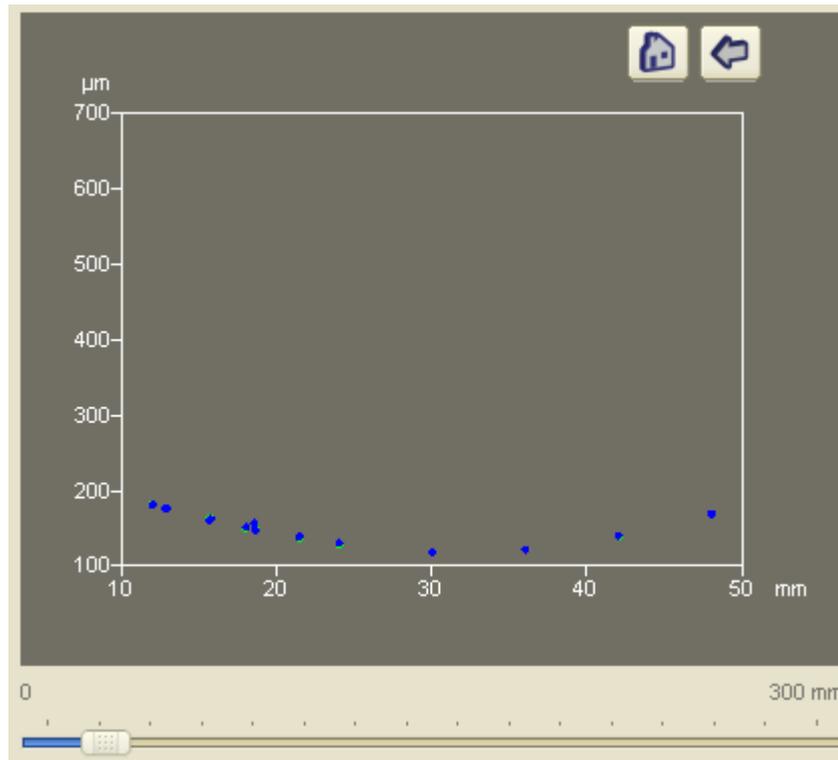
Während einer Messung werden eine Reihe von Buttons und Optionen deaktiviert/unveränderbar gesetzt, z.B. die M^2 -Messeinstellungen und die Werkzeugleiste. Das dient dazu, die Einstellungen für die Messung vor Änderung während des Messvorgangs zu schützen.



Falls es notwendig ist, die Messung zu unterbrechen, kann dies mit einem Klick auf den **Stop**-Button getan werden .

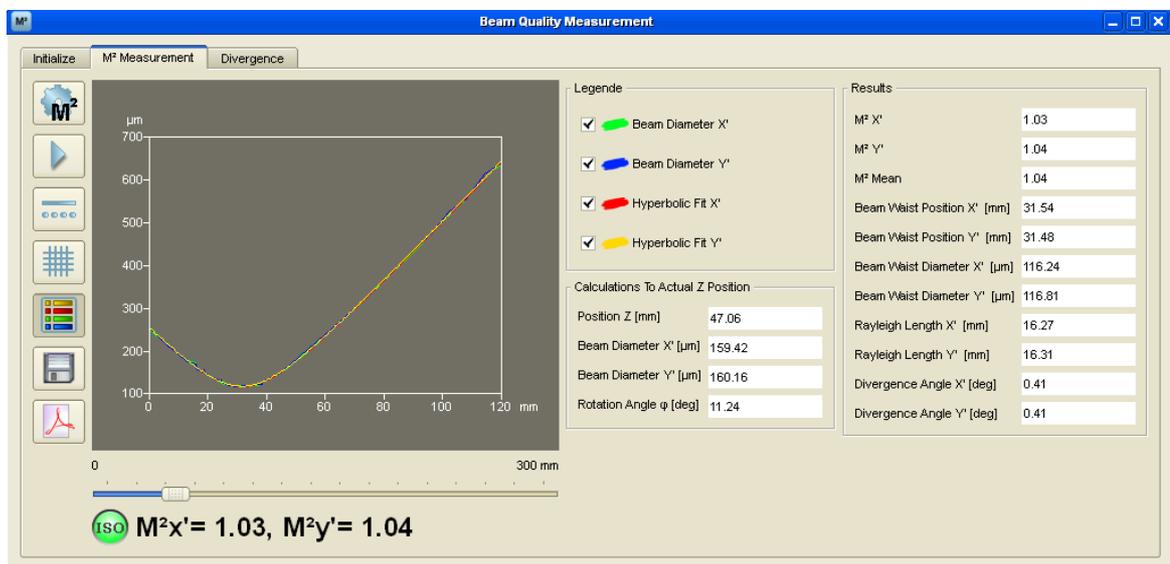
Nach dem Start der Messung wird die x-Achse des Diagramms auf den benutzereingestellten Scanbereich eingestellt, z.B. von 0 bis 120 mm. Die y-Achse skaliert automatisch mit den aufgenommenen Strahlbreiten.

Wenn der Normalscan angewendet wird, wird das Diagramm für den Feinscan, bei dem zusätzliche Messpunkte aufgenommen werden, rangezoomt. Nach diesem Schritt (am Ende der Messung) wird der volle Scanbereich erneut gezeigt.



4.3.3.4 Auswerten der Ergebnisse

Wenn eine M^2 -Messung erfolgreich war, sieht das Fenster **Messung der Strahlqualität** so aus:



Ein grünes Lämpchen zeigt an, dass die Messung erfolgreich war und dass die ISO 11146-Standards eingehalten wurden.

ISO $M^2_{X'} = 1.03$, $M^2_{Y'} = 1.04$

Im Falle einer nicht ISO-konformen Messung, wird eine erfolgreiche Messung mit einem grünen Lämpchen ohne ISO angezeigt.



$$M^2_{x'} = 1.07, M^2_{y'} = 1.08$$

Im Allgemeinen stimmen die Achsen X' und Y' nicht mit denen des Laborsystems überein, das durch X und Y beschrieben wird. Weiterhin ist der X' unabhängig von dem von Y' . Für elliptische Strahlen wie denen von Laserdioden/Halbleiterlasern variieren $M^2_{X'}$ und $M^2_{Y'}$ deutlich mehr als in dem obigen Beispiel angedeutet.

Die M^2 -Werte können ebenfalls in der Liste mit den vollständigen **Ergebnissen** gefunden werden.

Results	
$M^2 X'$	1.02
$M^2 Y'$	1.03
M^2 Mean	1.02
Beam Waist Position X' [mm]	114.81
Beam Waist Position Y' [mm]	115.33
Beam Waist Diameter X' [μm]	192.13
Beam Waist Diameter Y' [μm]	192.61
Rayleigh Length X' [mm]	44.94
Rayleigh Length Y' [mm]	44.88
Divergence Angle X' [deg]	0.24
Divergence Angle Y' [deg]	0.25

Anmerkung

Alle Ergebnisse werden aus dem Datenfit berechnet!

Ergebnis

Was bedeutet es?

$M^2 X' / Y'$

M^2 -Wert für X' bzw. Y'

M^2 Durchschnitt

M^2 -Durchschnittswert, berechnet als arithmetisches Mittel der M^2 -Werte

Strahltaillenposition X' / Y'

z-Position der kleinsten Strahlbreiten (Strahltaille)

Strahltaillendurchmesser X' / Y'

Strahldurchmesser am Fokuspunkt (Strahltaille)

Rayleigh-Länge X' / Y'

Rayleigh-Länge für X' und Y' , siehe Kapitel [M2 Theorie](#)^[90].

Divergenzwinkel X' / Y'

Divergenzwinkel der Flanken des hyperbolischen Fits



Die Buttons  und  werden nach einer erfolgreichen M^2 -Messung aktiviert. Die Ergebnisse können als txt- oder xls-Datei oder in einem **PDF Testprotokoll** gespeichert werden.

4.3.3.5 Fehlerdiagnose

Einige typische Probleme werden im folgenden samt Behebung besprochen.

Der Strahl trifft nicht den CCD-Sensor des Beam Profiler für alle Positionen des Verschiebetisches.

Eine Strahljustierung ist nötig, siehe Abschnitt [Strahlausrichtung](#)^[105].

Ein Timeout tritt während einer Messung auf.

Ein Timeout passiert immer dann, wenn der Kamer-Beam-Profiler kein gültiges Bild liefern kann. Das kann geschehen,

- wenn die Kamera übersättigt ist. Da der Strahl fokussiert bei einer M2-Messung fokussiert wird, steigt die Intensität bei kleinen Strahldurchmesser stark an. Dies kann zu einer Sättigung der Kamera führen, wenn die Belichtungszeit bereits minimal ist. Schwächen Sie den Laserstrahl mittels zusätzlicher ND-Filter ab oder erniedrigen Sie die Laserausgangsleistung. Alternativ können Sie auch eine Linse mit größerer Brennweite einsetzen (das die Strahlgröße im Fokus erhöht) wenn möglich.
- wenn der Normalscan gewählt ist und der Feinscan weitere Messpunkte hinzufügen soll. Dann muss die Belichtungszeit u.U. von einer langen zu einer kurzen Belichtungszeit angepasst werden. Dieser Vorgang kann länger dauern als das eingestellte Timeout erlaubt. Setzen Sie das Timeout höher, um diese Problem zu beheben (siehe ([M](#)^[113][2](#)^[113] [Setup](#)^[113]).
- wenn die Strahlleistung zu gering ist. Entfernen Sie ND-Filter oder erhöhen Sie die Ausgangsleistung des Lasers.
- wenn die Strahlgröße zu klein ist oder keine Ellipse berechnet werden kann (falls **Clip Level Ellipse** als Strahlbreite gewählt ist). Benutzen Sie eine längere Brennweite, um zu kleine Strahlbreiten zu vermeiden.
- wenn der Strahl außerhalb des CCD-Chips ist. Justieren Sie den Laserstrahl, siehe dafür Abschnitt [Strahlausrichtung](#)^[105].

Parasitäre Reflexionen wandern über den CCD-Sensor während einer Messung.

Diese Reflexionen sind durch Laserlicht bedingt, das von dem CCD zu einem Filter und von dort zurück zum CCD gestrahlt wird. Dies kann passieren, wenn der Strahl nicht optimal ausgerichtet ist und/oder Filter nicht parallel zum CCD-Sensor montiert sind.

Die Detektion dieser Reflexionen kann durch die Benutzung der logarithmischen Farbskala verbessert werden. Eine logarithmische Farbskala betont die kleineren Intensität stärker und hilft somit ungewünschte Reflexionen zu finden.

Die Farbskala kann zwischen **linear** und **logarithmisch** durch Klicken auf die Farbskala im 2D-Projektion-Fenster getauscht werden.

Eine effektive Vorgehensweise, um die Reflexionen loszuwerden, ist, anti-reflexion-beschichtete ND-Filter zu verwenden.

Lesen Sie den Abschnitt Application Notes, um mehr über AR-beschichtete Filter zu lernen und wie man sie an den Beam Profiler befestigt.



Der M^2 -Wert weicht stark von dem erwarteten Wert ab.

Wenn Sie beispielsweise einen Laserstrahl mit einer nahezu Gaußförmigen Intensitätsverteilung haben und Sie einen Wert $< 1,1$ erwarten, dann

- überprüfen Sie die Einstellung für die Wellenlänge (siehe [M² Einstellungen](#)^[113])
- könnte das **Clip Level der Berechnungsfläche** nicht richtig gesetzt sein. Falls das Clip Level zu groß gewählt ist, kann der Strahl abgeschnitten werden und als zu klein gemessen. Dies resultiert in einer zu kleinen Strahltaile und einem zu kleinen M^2 -Wert (möglicherweise sogar unterhalb von 1). Ein zu klein gewähltes Clip Level vergrößert die Berechnungsfläche und sammelt zu viel Rauschen um den Strahl auf, was die Strahlbreite erhöht. Dies führt dann zu einem zu großen M^2 -Wert.

M^2 ist kleiner als 1. Woher kommt das?

Ein $M^2 < 1$ ist unphysikalisch, kann aber bedingt sein durch

- einen zu klein gewählte Berechnungsfläche (Clip Level der Berechnungsfläche zu groß), siehe vorheriges Problem.
- die Messgenauigkeit des Messergebnisses. Ein Messfehler von 5% sollte berücksichtigt werden.

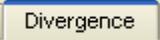
Das Strahlprofil sieht gestört aus (insbesondere am Ende des Verschiebetisches).

Sogar, wenn ein Laser einen Gaußschen Strahl mit $M^2=1$ produzieren soll, kann der Strahl stets von optischen Elementen zwischen Laser und Beam Profiler beeinflusst werden. Z.B. kann eine Fokussierlinse mit einem Kipp- oder Drehwinkel aufgebaut werden, so dass der Strahl einen Höhenversatz erfährt und optische Aberrationen auftreten. Dies reduziert die Qualität des Laserstrahls.

Filter und Spiegel können ebenfalls Einfluss auf die Strahlprofilqualität haben, wenn Verunreinigungen und Staub auf der Oberfläche abgelagert ist. Sorgfältiges Säubern der optischen Elemente kann solche Störungen beheben.

4.3.4 Divergenz-Messung

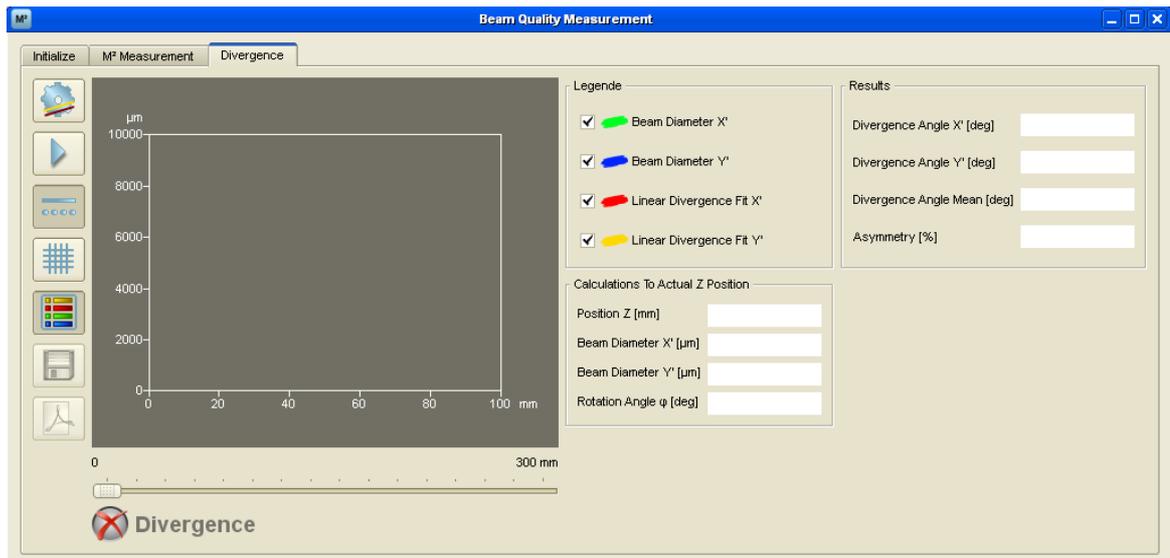
Der folgende Abschnitt betrifft die **Divergenzmessung** und deren Einstellungen.

Klicken Sie auf  im Fenster Messung der Strahlqualität, um den entsprechenden Abschnitt zu öffnen.

4.3.4.1 Fensterdarstellung

Falls der M^2 -Arbeitsbereich-Button  geklickt wurde, sind zwei Unterfenster in dem Programm zu sehen, die **Messung der Strahlqualität** und die **2D Projektion**. Für weitere Informationen und Einstellung über das Unterfenster 2D Projektion, lesen Sie den Abschnitt [2D Projektion](#)^[34]. Beide Unterfenster sollten so angeordnet sein, dass gut zu sehen und zu steuern sind.

Der Registerreiter **Divergenz** sieht wie folgt aus.

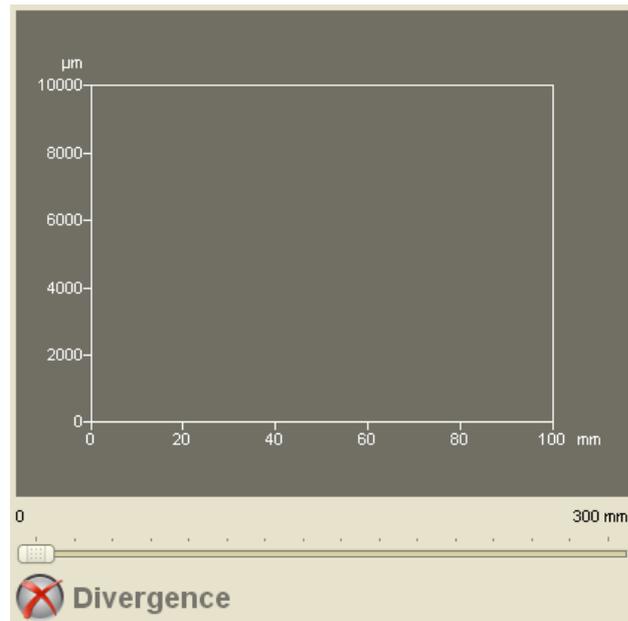


Hierbei ist die Legende auf der rechten Seite bereits eingeschaltet (aktiviert über den Button ).

Wie im Registerreiter M^2 Messung befinden sich auf der linken Seite eine Reihe von Buttons, die die folgenden Funktionalitäten anbieten.

Button	Name	Funktion
	Divergenzeinstellungen	Öffnet die Einstellungen für die Divergenzmessung
	Start/Stop	Startet/Stoppt die Divergenzmessung
	Punkt/Linien-Darstellung	Wechselt zwischen der Punkt und Linien-Darstellung für die geplotteten Daten
	Legende	Öffnet eine Fenstererweiterung mit einer Legende und den Messergebnissen
	Gitternetz	Aktiviert/Deaktiviert das Gitternetz im Diagramm
	Speichern der Daten	Im Falle einer erfolgreichen Divergenzmessung wird dieser Button aktiviert. Dann können die geplotteten (gemessenen) Daten gespeichert werden.
	PDF Testprotokoll	Speichert die Resultate der Divergenzmessung mitsamt Diagramm in eine PDF-Datei.

In dem Diagramm (welches zunächst natürlich noch leer ist) werden die gemessenen Daten geplottet.



Die **Positionsleiste** unterhalb des Diagramms zeigt aktuelle Position des Verschiebetisches und funktioniert wie zuvor im Registerreiter [Initialisieren](#)^[103].

Das durchgestrichene Lämpchen zeigt an, dass aktuell keine Divergenz-Messung durchgeführt wurde. Es wechselt zu grün, wenn eine erfolgreiche Divergenz-Messung beendet ist.

Die Fenstererweiterung auf der rechten Seite beinhaltet die **Legende für das Diagramm**, die **Berechnungen an dieser Z-Position** und die **Ergebnisse** der Divergenz-Messung. Falls noch keine Messung gemacht wurde, sind diese Felder leer.

Legende	Results
<input checked="" type="checkbox"/>  Beam Diameter X'	Divergence Angle X' [deg] <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>  Beam Diameter Y'	Divergence Angle Y' [deg] <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>  Linear Divergence Fit X'	Divergence Angle Mean [deg] <input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>  Linear Divergence Fit Y'	Asymmetry [%] <input type="text"/>
Calculations To Actual Z Position	
Position Z [mm]	<input type="text"/>
Beam Diameter X' [µm]	<input type="text"/>
Beam Diameter Y' [µm]	<input type="text"/>
Rotation Angle φ [deg]	<input type="text"/>

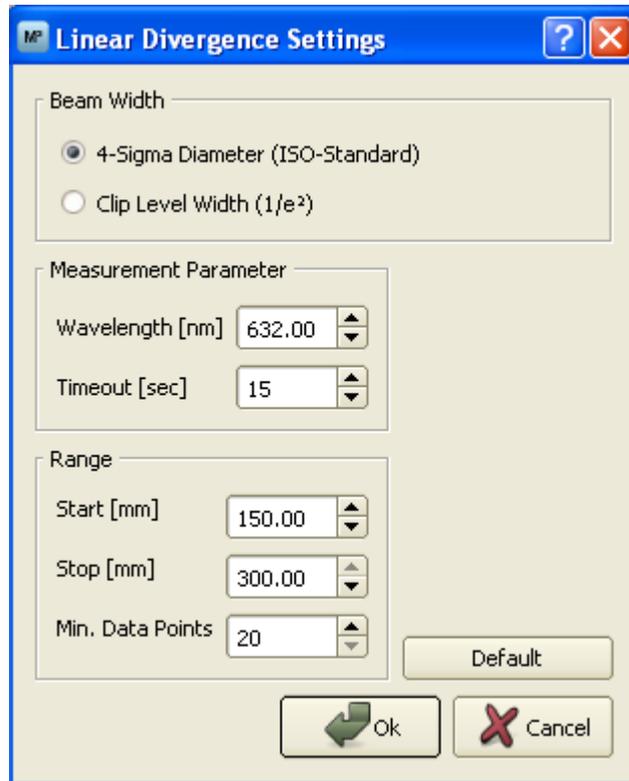
Die Felder der **Berechnungen an dieser Z-Position** sind [hier](#)^[112] beschrieben.

4.3.4.2 Einstellungen

Für eine erfolgreiche und vertrauenswürdige Messung ist es notwendig, die Einstellungen der Software anzupassen.

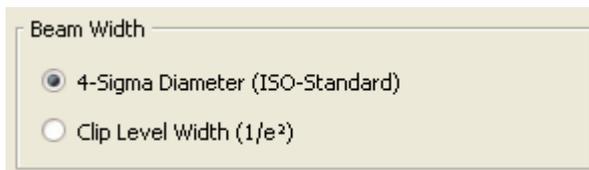


Klicken Sie auf , um die **Divergenz Messeinstellungen** zu öffnen.



Strahlbreite

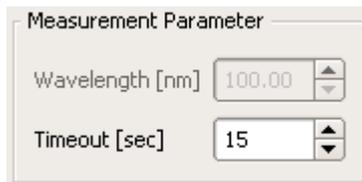
Es ist möglich, zwischen zwei verschiedenen Messvarianten für die Strahlbreite zu wählen.



Die Berechnung der **4-Sigma-Durchmesser** folgt den Richtlinien des ISO 11146-1:2005 Standards.

Die **Clip-Level-Breite** basiert auf der **Approximierten Ellipse**. Das Clip-Level ist auf einen Wert von 13,5% gesetzt. Zu Beginn einer Messung wird ein Referenzwinkel mittels einer Mittelung über 10 Frames ermittelt. Dieser Winkel wird dann zur Auswertung aller folgenden Frames und Ellipsen verwendet.

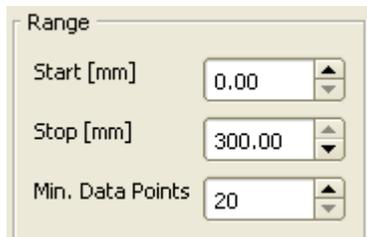
Messparameter



Die **Wellenlänge** ist deaktiviert, da die Messung der Divergenz nur von der Variation der Strahlbreiten abhängt, nicht jedoch von der Wellenlänge.

Das **Timeout** ist die Zeit, wie lange die Software auf ein gültiges Bild der Kamera wartet. Ein Bild ist z.B. nicht gültig, wenn es übersättigt ist oder ein Strahl nicht gefunden werden konnte.

Scanbereich



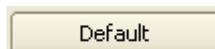
Der **Scanbereich** bestimmt den Bereich von wo bis wo der Schlitten des Verschiebetisches während einer Messung gefahren werden soll. **Start** muss mindestens 5 mm kleiner sein als **Stop** und größer oder gleich 0 mm. Gültige Wert für Stop sind $5 \text{ mm} < \text{Stop} < \text{maximale Länge des Verschiebetisches}$.

Anmerkung

Es ist zu empfehlen, den Scanbereich länger als 40 mm zu wählen, um eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten. Ein Scan über die gesamte Verschiebetischlänge ist die beste Wahl.

Die Nummer der **Min. Datenpunkte** zeigt die Mindestanzahl der z-Positionen, die angefahren werden soll. Die tatsächliche Anzahl hängt allerdings auch von der **Scanmethode** ab.

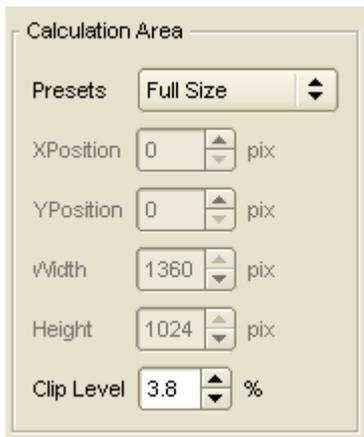
Standardwerte



Das Klicken auf **Standardwerte zurücksetzen** setzt vordefinierte Einstellungen in die Divergenz-Messeinstellungen.

Option	Standardwert
Beam Width	4-Sigma Diameter (ISO-Standard)
Timeout	15 sec
Start	0 mm
Stop	150 / 300 mm (abhängig von der Verschiebetischlänge)
Min. Datenpunkte	20

Berechnungsfläche



Die Einstellungen für die **Berechnungsfläche** können in den [Programmeinstellungen](#)^[60] gesetzt werden. Während einer **Messung der Strahlqualität** (M^2 oder Divergenz) wird die Automatische Berechnungsfläche aktiviert, um eine effektive Rauschreduktion zu ermöglichen. Ebenso können Reflexionen und Artefakte durch Filter, Linsen oder andere optische Elemente unterdrückt werden.

Standardmäßig ist das Clip Level der Berechnungsfläche auf 3,8% gesetzt. Dies ist ein vernünftiger Wert für die meisten Anwendung und Messungen. Das Erniedrigen des Clip Level führt zu einer Erhöhung der Berechnungsfläche, damit auch mehr Rauschen und somit eine größere Strahlbreite.

Anmerkung

Setzen Sie das Clip Level der Berechnungsfläche mit Bedacht. Eine Erhöhung des Clip Level resultiert in kleiner Strahlbreiten, kann aber Teile des Strahls abschneiden, was zu einer Verfälschung des Messergebnisses führen kann.

Voreingestellte Einstellungen

Unabhängig von den Benutzereinstellungen werden die folgenden Einstellungen für jede Strahlqualitätsmessung gesetzt.

Einstellung	Parameter
Berechnungsfläche	Automatisch
Autom. Belichtungssteuerung	Ein
Umgebungslichtkorrektur	Aus
Ellipse in der 2D Projektion	Aus (4-Sigma Diameter); Ein (Clip Level)

4.3.4.3 Durchführen einer Messung

Die Divergenzmessung dazu gedacht, Strahlen mit leichter Divergenz oder Konvergenz zu vermessen. Um das zu tun, ist es notwendig, jegliche fokussierenden Elemente, die eine Strahltaile innerhalb des Scanbereichs erzeugen, zu entfernen.

Vor dem Start einer Messung stellen Sie sicher, dass

- der Laserstrahl ordnungsgemäß ausgerichtet wurde. Das heißt, dass das gesamte Strahlprofil für den vollständigen Scanbereich stets auf dem CCD-Sensor ist. Falls nicht, siehe Kapitel [Strahlausrichtung](#)^[105], um den Strahl zu justieren.

- das Umgebungslicht so weit wie möglich ausgeschaltet oder gedimmt ist. Umgebungslicht kann die Messung stören und sollte vermieden werden. Lesen Sie das Kapitel Zusätzliche Anwendungshinweise um mehr über die Möglichkeiten zur Umgebungslichtunterdrückung in einer nicht-dunklen Umgebung zu erfahren.
- Reflexionen und Interferenzen so weit möglich vermieden werden.
- der Laser aufgewärmt ist - abhängig von der Quelle kann das bis zu einer Stunde oder länger dauern.
- der Laser-Output räumlich und zeitlich stabil ist.

Starten Sie die Messung, indem Sie den **Start**-Button klicken .

Während einer Messung werden eine Reihe von Buttons und Optionen deaktiviert/unveränderbar gesetzt, z.B. die M^2 -Messeinstellungen und die Werkzeugleiste. Das dient dazu, die Einstellungen für die Messung vor Änderung während des Messvorgangs zu schützen.

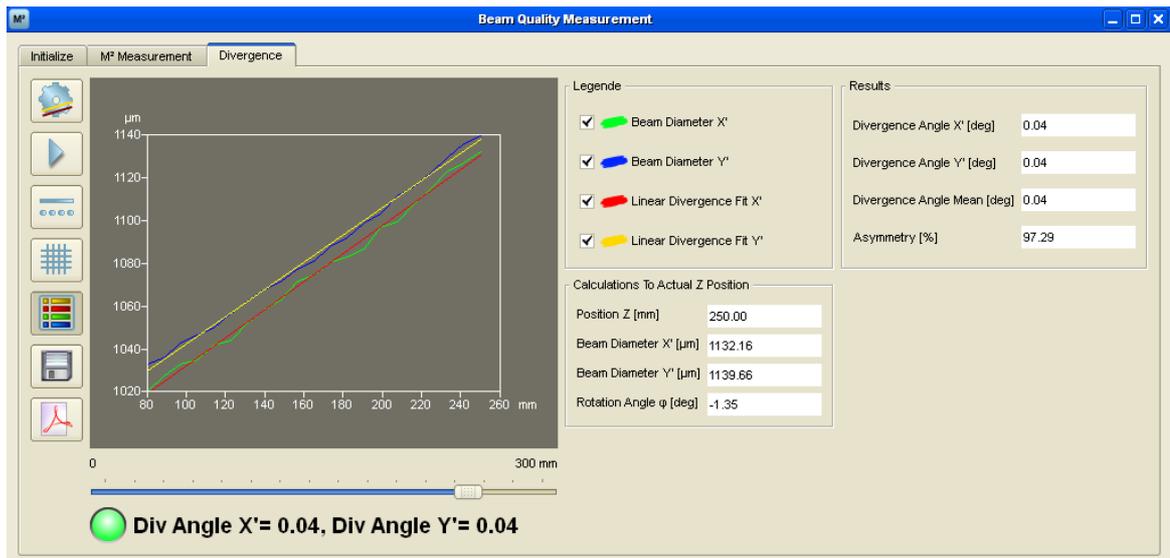


Falls es notwendig ist, die Messung zu unterbrechen, kann dies mit einem Klick auf den **Stop**-Button getan werden .

Nach dem Start der Messung wird die x-Achse des Diagramms an den benutzerdefinierten Scanbereich eingestellt, z.B. von 0 bis 150 mm. Die y-Achse skaliert automatisch mit den ausgenommenen Strahlbreiten.

4.3.4.4 Auswerten der Ergebnisse

Wenn die **Divergenz**-Messung erfolgreich war, sieht das Fenster **Messung der Strahlqualität** wie folgt aus:



Das grüne Lämpchen zeigt an, dass die Messung erfolgreich war.

 **Div Angle X'= 0.04, Div Angle Y'= 0.04**

Im Allgemeinen stimmen die Achsen X' und Y' nicht mit denen des Laborsystems überein, das durch X und Y beschrieben wird. Weiterhin ist der X' unabhängig von dem von Y'. Für elliptische Strahlen wie denen von Laserdioden/Halbleiterlasern variieren Divergenzwinkel(X') und Divergenzwinkel(Y') deutlich mehr als in dem obigen Beispiel angedeutet.

Die Divergenz-Werte können ebenfalls in der Liste mit den vollständigen **Ergebnissen** gefunden werden.

Results	
Divergence Angle X' [deg]	0.04
Divergence Angle Y' [deg]	0.04
Divergence Angle Mean [deg]	0.04
Asymmetry [%]	97.29

Anmerkung

Alle Ergebnisse werden aus dem Datenfit berechnet!

Result

Divergenzwinkel X' / Y'

Divergenzwinkel Durchschnitt
Asymmetrie

What does it show?

Divergenzwinkel für X' bzw. Y'. Positive Werte zeigen eine Divergenz, negative Werte eine Konvergenz.

Arithmetisches Mittel der beiden Divergenzwinkel
Quotient aus dem Divergenzwinkel X' und dem Divergenzwinkel Y' - X'/Y' (alle internen Nachkommastellen werden benutzt.)



Die Buttons  und  werden nach einer erfolgreichen Divergenz-Messung aktiviert. Die Ergebnisse können als txt- oder xls-Datei oder in einem **PDF Testprotokoll** gespeichert werden.

4.4 Zusätzliche Anwendungshinweise

Dieser Abschnitt beschreibt beispielhaft Anforderungen, die für bestimmte Anwendungen hilfreich sind.

This section describes exemplary needs which are useful for some applications.

Der BC106 Beam Profiler wird mit einem SM1BC-Adapter ausgeliefert, der es erlaubt, einzoll-gewindige Erweiterungen an den Beam Profiler zu befestigen. Die folgenden Beispiele geben eine Idee, wie spezielle Anforderungen umgesetzt werden können und der Beam-Profiler-Aufbau individualisiert werden kann.

Verwendung von anti-reflexions-beschichteten Filtern

In einigen Fall kann es vorteilhaft sein, AR-beschichtete Filter zu benutzen anstelle der unbeschichteten Filter im [Filterrad](#)⁹. Diese unbeschichteten Filter erlauben Reflexionen, die vom CCD-Sensor zum Filter und zurück zum CCD-Sensor gelenkt werden. Unter bestimmten Umständen - wie nicht perfekt ausgerichtete optische Elemente im optischen Weg - tendieren diese Reflexionen zum Wandern über die Sensoroberfläche, während der Kamera-Beam-Profiler über den Verschiebetisch gefahren wird.

Dieser Effekt kann unterdrückt werden, wenn AR-beschichtete Filter verwendet werden, weil das vom CCD reflektierte Licht nicht erneut an der Filteroberfläche reflektiert wird. AR-beschichtete Filter können auf unserer Webseite www.thorlabs.com gefunden werden.



Unterdrücken von Umgebungslicht

In einer M2-Messung variiert die gemessene Strahlbreite. Wenn die Leistung des Lasers konstant ist, erhöht sich die Strahlintensität mit kleiner werdenden Strahlbreite (wie im Falle eines fokussieren Strahls). Um eine Sättigung der Kamera zu

vermeiden, ist es notwendig, die Belichtungszeit permanent anzupassen.

Da die [Umgebungslichtkorrektur](#)⁶⁷ nur für eine Belichtungszeit gültig ist, schließt sich eine gleichzeitige Benutzung von **Umgebungslichtkorrektur** und **Automatischer Belichtungssteuerung** gegenseitig aus.

Wenn das Umgebungslicht während einer Messung nicht vollständig abgeschaltet werden kann, kann mechanisches Zubehör bei der Abschirmung von ungewolltem Licht helfen. Unter Benutzung des SM1BC-Adapters können Lens Tubes angebracht werden, die den optischen Weg abschirmen. Lens Tubes können auf unserer Webseite gefunden und bestellt werden: www.thorlabs.com

Achtung

Behalten Sie stets im Hinterkopf, dass Lens Tubes über den Verschiebetisch hinausragen können. Vermeiden Sie jeglichen mechanischen Kontakt zwischen Lens Tubes anderen Teilen auf der Arbeitsfläche für alle Positionen des Verschiebetisches.



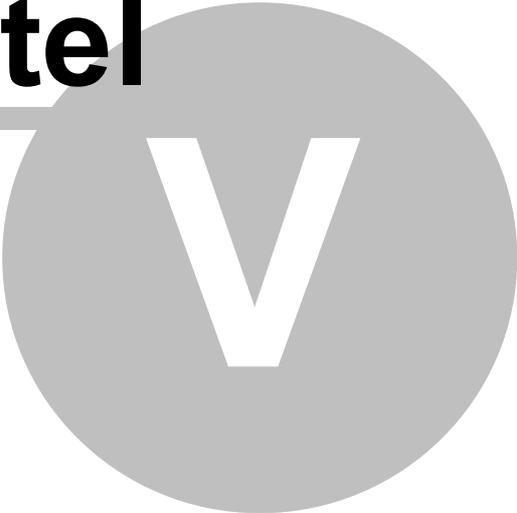
Alternativ kann eine Blende (im Beispiel eine [SM1D12](#)) auf den SM1BC-Adapter montiert werden. Dies vermeidet ebenfalls ungewünschtes Umgebungslicht. Es ist darauf zu achten, dass der Strahl zu keiner z-Position abgeschnitten wird - das könnte Einfluss auf die Messung haben. Die Größe der Iris sollte an der Stelle mit der größten Strahlbreite gesetzt werden.



Computerschnittstelle

BC100

Kapitel



V

5 Computerschnittstelle

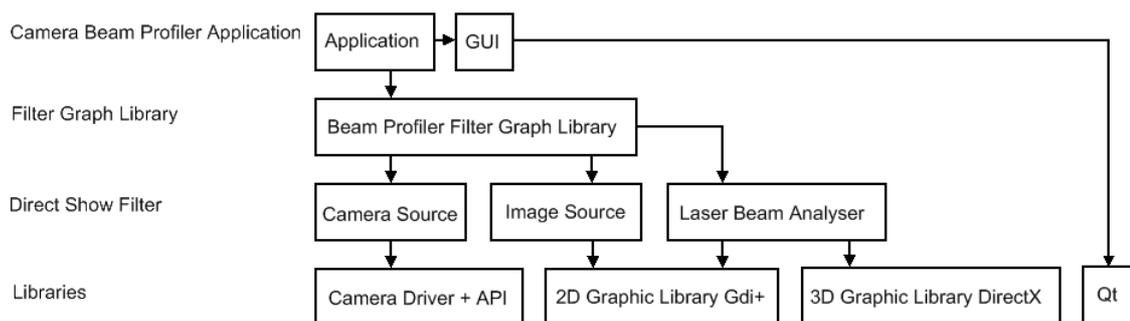
Dieses Kaptiel gibt Informationen über die Softwarekomponenten des Camera Beam Profilers.

Die Komponenten sind C++-Bibliotheken (*.dll) und Direct-Show-Filter (*.ax). Eigene Anwendungen können unter Benutzung dieser Treiber geschrieben werden. Die Software des Camera Beam Profiler selbst basiert auf ihnen.

5.1 Bibliotheken

Der Thorlabs Camera Beam Profiler ist in vier Software-Ebenen aufgeteilt:

- Drittfirmen-Komponenten (USB-driver, Graphikbibliotheken)
- Die Direct-Show Filter (Bild- und Kameraquelle, Bildanalyse und die Erstellung von Diagrammen), welche die Drittfirmen-Komponenten nutzen
- Eine Bibliothek, die die Direct-Show-Filter instanziiert und verbindet. Sie extrahiert ebenso Funktionen von den Filter in Bibliotheksfunktionen.
- Die Anwendung mit der Benutzeroberfläche und den Benutzereingabe, die die Funktionen aus der Bibliothek aufruft



Um Ihre eigenen Anwendung zu schreiben, gibt es zwei Ebenen, die aufzusetzen sind:

- Kombinieren Sie die Thorlabs Direct-Show Filter in einen eigenen Direct-Show-Filter-Graphen, setzen und erhalten Sie die Parameter über einen COM-Anschluss auf bzw. von den Filtern
- Benutzen Sie die Bibliothek, die Direct-Show-Filter benutzt. Diese Bibliothek wählt die Filter aus, verbindet sie und führt die COM-Anschlussfunktionen aus den Direct-Show-Filtern in Bibliotheksfunktionen

Wenn Sie nicht mit Direct-Show-Filtern vertraut sind und Sie lediglich die Oberfläche der Anwendung ändern möchte, empfehlen wir die Bibliothek zu benutzen.

In dem Fall, dass Sie neue Funktionen in die Anwendung implementieren möchten (z.B. Aufnahme eines Bildstream mit Speicherung eines Videos) oder Sie möchten die Funktionen auf eine andere Art und Weise benutzen, geben Ihnen die Direct-Show-Komponenten ein Maximum an Flexibilität.

1. Direct-Show-Filter

Ein Direct-Show-Filter ist eine registrierte Bibliothek. Um einen DS-Filter zu

registrieren, öffnen Sie eine Kommandokonsole und rufen Sie "regsvr32 <filtername>".

Um einen DS-Filter zu deinstallieren, rufen Sie "regsvr32 -u <filtername>" auf. Wenn Sie einen DS-Filter installieren, wird ein neuer Eintrag in der Windows-Registry erzeugt. Dieser Eintrag enthält den Namen des Filter und wo der Filter in Ihrem System abgelegt ist. Die Erweiterung der Direct-Show-Filter ist für gewöhnlich *.ax, but it can also be *.dll. Die Unterschiede von einer normalen Bibliothek sind die notwendigen Funktionen:

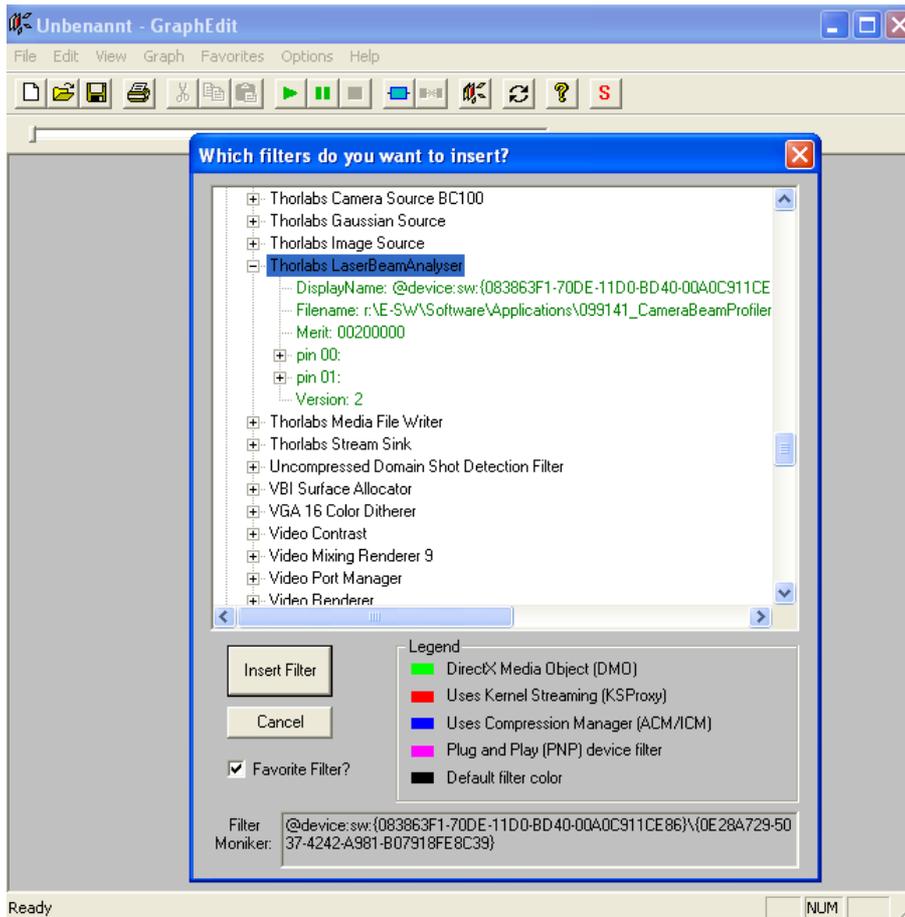
```
DllMain, DllGetClassObject, DllCanUnloadNow,  
DllRegisterServer, DllUnregisterServer
```

Mit diesen Funktionen, kann die Bibliothek registriert werden und als Direct-Show-Filter benutzt werden.

1.1. Erzeugen eines Direct-Show-Filter-Graphen mit "graphedt.exe"

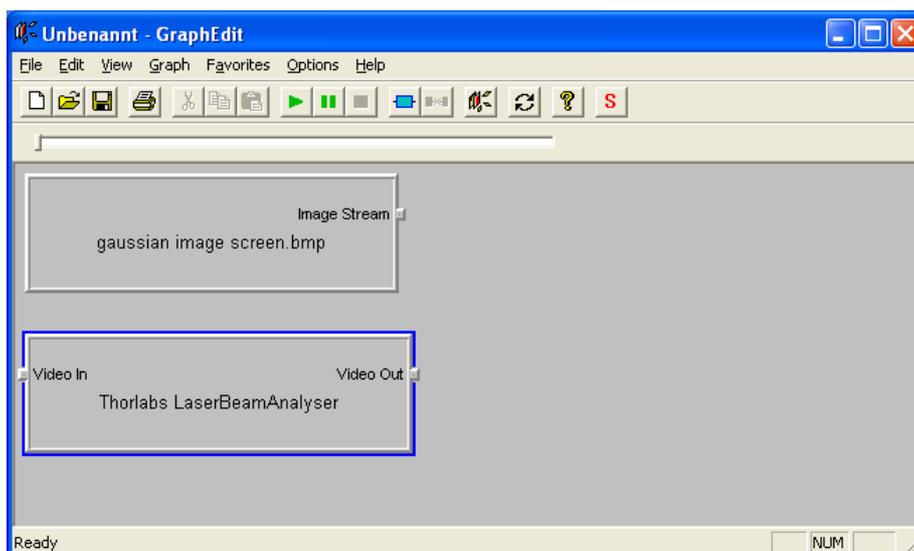
Um zu sehen, welcher DS-Filter auf Ihrem System installiert ist, öffnen Sie das Werkzeug "graphedt.exe". Dieses Werkzeug ist nicht im Windows Installer-Paket enthalten und muss separat installiert werden. Das Werkzeug startet leer mit einem grauen Hintergrund, der den aktuellen Filtergraphen repräsentiert. Um den Filter-Graph mit Filter zu füllen, fügen Sie Filter ein.

Die Filter sind aufgelistet in Graphf -> Insert Filter -> Direct Show Filters. Alle Thorlabs Direct-Show-Filter beginnen mit "Thorlabs". Der Camera Beam Profiler nutzt die Direct-Show-Filter Thorlabs Camera Source BC100, Thorlabs Image Source und den Thorlabs LaserBeamAnalyser.



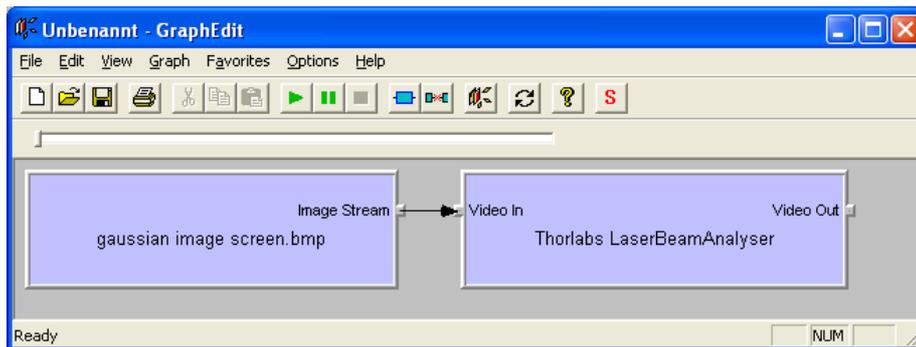
Fügen Sie die Filter ein, die Sie nutzen möchten, z.B. den Thorlabs Image Source und den Thorlabs LaserBeamAnalyser.

Wenn Sie den Thorlabs Image Source einfügen, werden Sie nach einer Bilddatei gefragt. Gehen Sie zu einem Bild (in diesem Fall zum "gaussian image screen. bmp").



Verbinden Sie die zwei Filter durch Anklicken der Ausgangspins des Thorlabs Image Source filter. Bewegen Sie die Maus zu dem Eingangspin vom Thorlabs

LaserBeamAnalyser filter und heben Sie die linken Maustaste.



Wenn Sie keine Fehlermeldung bekommen, werden die verbundenen Filter in blau hervorgehoben.

Um den Filtergraphen zu vervollständigen, fügen Sie den "Null Renderer"-Filter ein und verbinden ihn mit dem Ausgangspins vom Thorlabs LaserBeamAnalyser filter. Wenn der Filter-Graph vollständig ist, starten Sie den Graphen mit Graph -> Play oder drücken den grünen Pfeil in der Menüleiste. Für gewöhnlich passiert nichts, außer dass sich die Farbe der Knöpfe in der Menüleiste ändert.

1.2. Erzeugen Sie einen Filtergraph mit C++

Um eine eigene Anwendung mit Direct Show zu entwickeln, brauchen Sie das Direct Show SDK (Software Development Kit), das in der DirectX SDK bis Februar 2005 war und momentan in der Windows Oberfläche SDK 2003 R2. Ebenso ist eine Entwicklerumgebung nötig. Wir empfehlen das Visual Studio 2005 oder höher, weil viele verfügbaren Beispiel für dieses Werkzeug geschrieben wurden.

Ein Direct-Show-Filter ist als ein COM-Objekt registriert und kann als solches verwendet werden.

Um einen Filter in Ihre Anwendung zu integrieren, müssen Sie die folgenden Dinge tun:

- Starten Sie den COM-Service von Windows
- Erzeugen Sie ein Filtergraphobjekt
- Instanzieren Sie den Direct-Show-Filter
- Fügen Sie den Filter zu ihrem Filtergraphen hinzu
- Setzen Sie die Filtereinstellungen
- Verbinden Sie den Filter
- Starten Sie den Filtergraph

Drei Schritte werden in mehreren Online-Dokumentationen erklärt und können aus dem Buch "Programming Direct Show for Digital Video, Television and DVD".

1.3. Schnittstellen

Vier Schnittstellen erlauben die Interaktion mit den Direct-Show-Filter, welche die Diagramme und Berechnungsergebnisse ausgeben:

- `ICameraSource`: Kontrolliert die verbundenen Kameras. Bekommt eine Liste mit allen Kameras, setzt und erhält Kameraparameter
- `ILaserBeamAnalyser`: Setzt die Farben für die Diagramme und die

Anzahl der Frames, die aufsummen werden sollen.

- `ILBA_Model3D`: Erhält das 3D-Profil und wechselt die Position und Orientierung des Profils.
- `ILBA_Model2D`: Einfluss auf die berechneten Resultate und Berechnungsparameter (z.B. Clip Level). Erhält die Berechnungsergebnisse und die Diagramme.

1.4. C++ Beispiel

Erzeugen einer Instanz eines Quellenfilters

```
CoCreateInstance(CLSID_CameraBC100, NULL,
CLSCTX_INPROC_SERVER, IID_IBaseFilter, reinterpret_cast
<PVOID *> &pSourceFilter));
```

Hinzufügen des Filters zum Filtergraphen:

```
m_pGraph->AddFilter(pSourceFilter, L"Thorlabs Camera
BC100");
```

Erhalt der Schnittstelle des Filters und Setzen der Parameter:

```
#include "ICameraSource.h"
ICameraSource *m_pICameraSource;
CAMERA_SETTINGS cameraSettings;
pSourceFilter->QueryInterface(IID_ICameraSource , (void **)
&m_pICameraSource);
m_pICameraSource->set_ReleaseCamera();
if (S_OK == this->m_pICameraSource->set_InitCamera
(cameraSettings.SerialNumber))
    m_pICameraSource->set_CameraSettings(&cameraSettings);
```

Verbinden der Filter mit dem nächsten Filter:

```
m_pCaptureGraphBuilder->FindPin(pSourceFilter, PINDIR_OUTPUT, 0,
&MEDIATYPE_Video, TRUE, 0, &pOutPin);
m_pCaptureGraphBuilder->FindPin(pAnalyserFilter, PINDIR_INPUT,
0, &MEDIATYPE_Video, TRUE, 0, &pInPin);
m_pGraph->Connect(&pOutPin, pInPin);
```

2. Filtergraph Bibliothek

2.1. Beschreibung

Um eine eigene Anwendung mit Direct Show zu entwickeln, brauchen Sie das Direct Show SDK (Software Development Kit), das in der DirectX SDK bis Februar 2005 war und momentan in der Windows Oberfläche SDK 2003 R2.

Mit dem Installationpaket des Camera Beam Profilers wird eine Bibliothek mit dem Titel "BeamProfilerFilterClass.dll" auf Ihrem System installiert. Diese Bibliothek ist in C++ geschrieben und enthält Funktionen um einen bild- oder einen kamerabasierten Filtergraphen zu erzeugen. Zunächst muss eine Instanz für die Klasse erzeugt werden. Dafür rufen Sie die Funktion "GetBeamProfilerFilterGraphClass" auf. Dies gibt einen Pointer an BeamProfilerFilterGraph class zurück.

Mit diesem Pointer, können Sie die Funktionen aufrufen, um einen bild- oder kamerabasierten Filtergraphen zu erzeugen.

- "CreateStillImageGraph("image.bmp")" erzeugt einen Graph, der eine Bildquelle hat.
- "CreateCamera1Graph()" initialisiert die erste verfügbare und verbundene Kamera.
- "CreateCamera1Graph(cameraSettings)" erzeugt einen Graphen mit einer in den Kameraeinstellungen spezifizierten Kamera.

Um den momentanen Graphen zu vernichten, rufen Sie "ReleaseGraph()" auf bevor Sie einen neuen Graphen erzeugen.

Wenn der Graph erzeugt ist, wird er automatisch gestartet und Sie erhalten das Diagramm und die Berechnungen über die Schnittstelle.

Um die Durchführungsgeschwindigkeit zu erhöhen, halten Sie den Graphen an ("StopGraph(")". "PlayGraph()" startet ihn wieder.

Anmerkung

Die Funktionen der Beam Profiler-Filterklasse können aus verschiedenen Threads aufgerufen werden, aber die Instanz der Klasse sollte in einem einzelnen erzeugt und vernichtet werden.

2.2. C++ Beispiel

Im Installationsordner befinden sich ein Visual studio 2005-Beispiel. Es ist eine einfache Win32-Anwendung, die ein Fenster und eine Verbindung mit der ersten verfügbaren Kamera erzeugt. Die 2D-Projektion und das 3D-Profilbild sind in dem Fenster gezeigt. Neben den zwei Bildern werden einige Parameter gezeigt.

Verbinden mit einer spezifischen Kamera:

```
#include "BeamProfilerFilterGraph.h"
extern "C" __declspec(dllimport) CBeamProfilerFilterGraph*
GetBeamProfilerFilterGraphClass();
CBeamProfilerFilterGraph *pBPF =
GetBeamProfilerFilterGraphClass();
CAMERA_SETTINGS camSettings;
camSettings.SerialNumber = XXXX; // <- insert here a valid
serial number ( the camera internal serial number and NOT the
thorlabs serial number)
pBPF->CreateCamera1Graph( &camSettings);
```

Erhalten des 3D Profilbildes mit Gdi+

```
#include "gdiplus.h"
using namespace Gdiplus;
BYTE* imageData;
DWORD imageHeight, imageWidth;
int lineStride;
Bitmap *profileImage = NULL;
if ( E_FAIL != pBPF->Rendered3DImage( &imageData, &imageWidth,
&imageHeight, &lineStride))
{
    if ( lineStride / imageWidth == 4)
        profileImage = new Bitmap(imageWidth, imageHeight,
lineStride, PixelFormat32bppARGB, imageData);
}
```

Erhalt der Berechnungsparameter

```
CCalculationParameter *calcParams = NULL;  
pBPFG->GetCalculations( &calcParams);
```

Wartung und Reparatur

BC100

Kapitel



VI

6 Wartung und Reparatur

Schützen Sie die Kamera vor ungünstigen Wetterbedingungen. Die Kamera ist nicht wasserfest.

Achtung

Um Beschädigungen der Kamera zu vermeiden, setzen Sie die Kamera nicht Sprays, Flüssigkeiten oder Lösungen aus.

Die Einheit benötigt keine regelmäßige Wartung durch den Benutzer. Der Camera Beam Profiler enthält keine Module, die vom Benutzer selbst repariert werden könnten. Wenn ein Defekt auftritt, schicken Sie die gesamte Einheit an Thorlabs zurück. Entfernen Sie keine Aufkleber, öffnen Sie nicht das Gerät.

6.1 Version und weitere Informationen

Der Menüeintrag **Hilfe** → **Über Thorlabs** zeigt die anwendungsrelevanten Daten.



Im Falle einer Hilfeanfrage, teilen Sie die Software-Version der Software mit. Dies hilft uns, den Fehler besser zu orten.

Besuchen die Thorlabs Website www.thorlabs.com, um verfügbare Software-Updates zu überprüfen.

6.2 Warnungen und Fehler

Um Messfehler zu vermeiden, wird der Benutzer über unsachgemäße Messbedingungen des Camera Beam Profilers mit Warnungen und Fehlermeldungen in der Statusleiste gewarnt. In solchen Fällen sollte der Benutzer unverzüglich einschreiten, um die schlechten Messbedingungen zu beheben.

Beispiel:

Power too high, camera saturated!

Attenuation: 20 dB | Exposure Time: 5.00 ms | Gain: 1.00 x | Live | 14.58 fps

Die folgende Tabelle fasst die möglichen Fehler und Warnungen zusammen.

Nachrichten text	Erklärung und Auswirkung	Behebung
Leistung ist zu hoch, Kamera übersteuert!	Einige Pixel innerhalb der ausgewählten ROI oder Berechnungsregion sind gesättigt, weil sie den maximalen Digit-Wert (255 im Schnellen Modus [8 bit] bzw. 4096 im Präzisen Modus [12 bit]) erreicht haben. Deshalb kann die lokale Strahlintensität höher als die dargestellte sein. Berechnete Strahlparameter können inkorrekt sein.	<p>Vermindern Sie Belichtungszeit und Verstärkungseinstellungen oder reduzieren Sie die Strahlintensität, indem Sie einen höheren Dämpfungsfiter aus dem Filterrad⁹⁾ benutzen.</p> <p>Wenn die automatische Belichtungskontrolle aktiviert ist, ist ein kurzes Erscheinen des Fehler harmlos, weil Belichtungszeit und Verstärkungsfaktor automatisch nachgeregelt werden.</p>
Leistung ist zu gering!	Der höchste Pixelwert fällt unterhalb von 10% des verfügbaren Sättigungsbereichs. Dies heißt, dass 90% der verfügbaren Bereichs ungenutzt sind. Somit ist das Rauschen der Messung durch Rauschen der Digitalisierung erhöht.	Erhöhen Sie Belichtungszeit oder Verstärkungsfaktor oder erhöhen Sie die Strahlleistung, indem Sie einen schwächeren Dämpfungsfiter aus dem Filterrad ⁹⁾ benutzen. Sie können auch den Filter entfernen.
Zu viel Umgebungslicht!	Die niedrigste Pixelwert in der gewählten Kamera-ROI oder der Berechnungsregion ist zu hoch. Deshalb können die Flanken des Strahls nicht detektiert werden oder von konstantem Umgebungslicht unterschieden werden. Die Gründe sind entweder, dass der Laserstrahldurchmesser größer als die gewählte ROI ist oder das Umgebungslicht zu hell. Berechnete Strahlparameter können nicht korrekt berechnet werden!	Wählen Sie eine größere ROI, so dass die Höhe und Breite mindestens doppelt so groß wie der Strahldurchmesser sind. Reduzieren Sie durch wirksame Abschirmung den Einfluss von Umgebungslicht oder wählen Sie eine stärkere Dämpfung mittels des Filterrad ⁹⁾ und erhöhen Sie die Strahlleistung.

Achtung

Berechnungsergebnisse sind nicht zuverlässig, solange Warnungen in der Statusleiste angezeigt werden.

6.3 Reinigung

Da das schützende Glasfenster von dem Kamerasensor zwecks des Schutzes vor optischen Interferenzen entfernt wurde, ist der Sensor extrem ungeschützt! Entfernen von Staub von dem blanken Sensor kann nur vollzogen werden, indem komprimiertes Gas verwendet wird, das frei von Öl und Wasser ist. Thorlabs Duster Spray (Tetrafluoroethane) können empfohlen werden. Halten Sie die Gasdüse **mindestens in einer Entfernung von 10 cm** über der Sensoroberfläche, andernfalls können Gastropfen den Sensor treffen und ungewünschte, sichtbare Markierungen in dem Kamerabild hinterlassen!

Achtung

Der Kamerasensor kann nicht mit konventionellen Methoden wie Ethanol oder Reinigungstücher gesäubert werden. Die Garantie ist verletzt, wenn andere Reinigungsmethoden benutzt werden.

Halten Sie eine Mindestentfernung von 10 cm, wenn Sie mit komprimiertem Gas reinigen.

Für den Fall einer notwendigen professionellen Reinigung des fensterlosen CCD-Sensors können Sie das Beam Profiler-Gerät zu Thorlabs GmbH Germany zurückschicken. Bitte kontaktieren Sie dazu den lokalen Vertriebsansprechpartner. Kontaktdaten sind unter [Adressen](#)^[161] zu finden.

ND-Filter

Die ND-Filter (siehe [Filterrad](#)^[91]) können mit konventionellen Reinigungsmethoden unter Benutzung von Ethanol und/oder Reinigungstüchern gereinigt werden. Sie können die Vorderseite des ND-Filters ohne ein Abschrauben des entsprechenden Filterhalters reinigen. Nach der Benutzung von Reinigungstüchern ist es empfohlen, übrig gebliebene Fussel mit komprimierter Luft wegzupusten.

Für den Fall, dass Staub im Kamerabild weiterhin sichtbar bleibt, müssen Sie den Filterhalter abschrauben und den ND-Filter von der Rückseite reinigen. Zusätzlich können Sie den Staub vom Sensor selbst mit komprimierter Luft wegzupusten (s. oben).

Das Gerät selbst kann mit einem feuchten fusselfreien Lappen gereinigt werden.

6.4 Troubleshooting

1. Softwareinstallation schlägt fehl

Stellen Sie sicher, alle **administrativen Rechte** auf Ihrem Computer zu haben, die Sie zur Installation der Software benötigen. Fragen Sie den Systemadministrator, Ihnen diese Rechte zuzuweisen oder die Installation von ihm durchführen zu lassen. Siehe Abschnitt [Softwareinstallation](#)^[15] für weitere Informationen.

2. Keine Verbindung zur Kamera

Während des Starts der Camera Beam Profiler Software erscheint folgende Nachricht:



Diese Nachricht erscheint ebenfalls, wenn keine Kamera mit dem Computer verbunden ist. Machen Sie folgendes:

- Überprüfen Sie, ob der Camera Beam Profiler an den USB-Anschluss Ihres Computer mit dem von Thorlabs mitgelieferten USB-Kabel angeschlossen ist.
 - Ist der Kameratreiber ordnungsgemäß installiert? Für eine Überprüfung kontrollieren Sie die Auflistung des Geräts in dem Geräte manager des Computers. Vom Start-Button aus wählen Sie Systemsteuerung → System → Hardware → Geräte manager. Der folgende Eintrag sollte zu finden sein:
 - Universal Serial Bus controllers
 - BC106 Camera Beam Profiler
 - Leuchten die grünen LED-Lämpchen auf? (Sind die LED aus, bedeutet dies, dass die Firmware nicht geladen ist.)

Sie können den Beam Profiler ausstecken und mit einem anderen USB-Anschluss verbinden. Warten Sie wenige Momente. Klicken Sie dann auf "**Aktualisiere Geräteliste**" im Geräteauswahlfeld. Für weitere Beschreibungen, sehen Sie in Kapitel [Starten der Software](#)^[24].

Anmerkung

Wenn Sie den Beam Profiler an einen anderen USB-Anschluss des Computer anschließen, als Sie ihn während der Installation angeschlossen hatte, müssen diese USB-Anschlüsse für den Beam Profiler ebenfalls aktiviert werden. Für den Fall, warten Sie wenige Minuten, bis die neue Hardware (für diesen Anschluss) gefunden wurde und ein Fenster erscheint. Folgen Sie den Anweisungen im Kapitel [Verbinden mit dem Computer](#)^[22].

3. Festes Musterbild anstatt Livebild der Kamera

Die Beam Profiler Software wählt automatisch ein gespeichertes Bild, falls keine

Kamera während der Programmstarts gefunden werden konnte. Dies wird durch Pfadnamen des Bildes in der Statusleiste angezeigt.

Um ein Beam Profiler-Gerät zu betreiben:

- Verbinden Sie einen BC106 Beam Profiler an den Computer und warten Sie einige Sekunden, bis die grüne LED leuchtet.
- Klicken Sie auf "**Aktualisiere Geräteliste**" im Geräteauswahlfeld
- Wählen Sie das Gerät aus und klicken Sie "Übernehmen"

Lesen Sie das Kapitel [Starten der Software](#)^[24] für eine detaillierte Beschreibung.

4. Fehlerhafte oder keine Messergebnisse

- Entfernen die Abdeckungen von den Kamera-Filterkappen.
- Lenken Sie den Strahl direkt in die Apertur des Beam Profilers. Überprüfen Sie, ob der Leistungspegel im messbaren [Auslegungsbereich](#)^[78] ist.
- Markieren Sie Belichtungszeit- und Verstärkungsfaktoreinstellungen. Wählen Sie "**Automatische Belichtungskontrolle**" in den Geräteeinstellungen.
- Schauen Sie nach Fehlermeldungen in der Statusleiste. Umgebungslicht kann zu hoch, oder die Laserleistung zu gering sein. Siehe [Warnungen und Fehler](#)^[142].

5. Keine Aktualisierung von Graphen und Ergebnissen

- Das ist im Pause-Modus, starten Sie das Gerät neu: Wählen Sie "**Kontrolle**" → "**Starten**" oder  aus der Werkzeugleiste.
- Der Wert der "Durchschnitt über mehrere Bilder" könnte zu hoch sein. Kontrollieren Sie den Wert in den [Programmeinstellungen](#)^[60].
- Sie könnten den "**Software Trigger**"-Modus eingeschaltet haben, aber die "minimale Bildsättigung" ist nicht erreicht. Erhöhen Sie die Belichtungszeit oder sogar den Verstärkungsfaktor, um eine hinreichend hohe Pulsintensität zu erreichen.
- Ein "Hardware Trigger"-Modus könnte aktiv sein, obwohl kein TTL-Triggerpuls an den BNC-Eingang geleitet wird. Liefern Sie ein Triggersignal.

6. Menü- und Werkzeugleiste und Einstellungssteuerung reagieren langsam

- Der Grafikadapter für Ihren Computer könnte eine zu geringe Grafikperformance haben. Besonders das 3D-Profil-Fenster erfordert viel Leistung bei einer hohen Auflösung, was insgesamt die Wiederholrate extrem verringert. Vergleichen Sie die empfohlenen [Systemanforderungen](#)^[15].

Anhang

BC100

Kapitel



VII

7 Anhang

7.1 Garantie

Thorlabs GmbH warrants material and production of the BC106 for a period of 24 months starting with the date of shipment. During this warranty period Thorlabs GmbH will see to defaults by repair or by exchange if these are entitled to warranty. For warranty repairs or service the unit must be sent back to Thorlabs GmbH (Germany) or to a place determined by Thorlabs GmbH. The customer will carry the shipping costs to Thorlabs GmbH, in case of warranty repairs Thorlabs GmbH will carry the shipping costs back to the customer.

If no warranty repair is applicable the customer also has to carry the costs for back shipment.

In case of shipment from outside EU duties, taxes etc. which should arise have to be carried by the customer.

Thorlabs GmbH warrants the hard- and software determined by Thorlabs GmbH for this unit to operate fault-free provided that they are handled according to our requirements. However, Thorlabs GmbH does not warrant a faulty free and uninterrupted operation of the unit, of the soft- or firmware for special applications nor this instruction manual to be error free. Thorlabs GmbH is not liable for consequential damages.

Restriction of warranty

The warranty mentioned before does not cover errors and defects being the result of improper treatment, software or interface not supplied by us, modification, misuse or operation outside the defined ambient conditions stated by us or unauthorized maintenance.

Further claims will not be consented to and will not be acknowledged. Thorlabs GmbH does explicitly not warrant the usability or the economical use for certain cases of application.

Thorlabs GmbH reserves the right to change this instruction manual or the technical data of the described unit at any time.

7.2 Zertifikate und Prüfzeichen

Die Thorlabs GmbH, Hans-Böckler-Strasse 6, D-85221 Dachau, erklärt unter ihrer eigenen Verantwortlichkeit, dass das Produkt

**Camera Beam Profiler
BC106-UV, BC106-VIS**

die Anforderungen der folgenden Standards erfüllt und deshalb mit den Regulationen der Anordnungen übereinstimmt.

Kategorie	Standards oder Beschreibung	
EC Declaration of Conformity - EMC	Meets intent of Directive 2004/108/EC ¹ for Electromagnetic Compatibility. Compliance was demonstrated to the following specifications as listed in the Official Journal of the European Communities:	
	EN 61326:1997 +A1:1998 +A2:2001 +A3:2003	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements: Immunity: complies with immunity test requirements for equipment intended for use in industrial locations ² . Emission: complies with EN 55011 Class B Limits ² , IEC 610003-2 and IEC 61000-3-3.
	IEC 61000-4-2	Electrostatic Discharge Immunity (Performance criterion B)
	IEC 61000-4-3	Radiated RF Electromagnetic Field Immunity (Performance Criterion A)
	IEC 61000-4-4	Electrical Fast Transient / Burst Immunity (Perf. Criterion A)
EC Declaration of Conformity - Low Voltage	Compliance was demonstrated to the following specification as listed in the Official Journal of the European Communities: Low Voltage Directive 2006/95/EC ³	
	EN 61010-1:2001	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use.
¹ Replaces 89/336/EEC ² Compliance demonstrated using a high-quality shielded USB cable shorter than 3 meters. ³ Replaces 73/23/EEC, amended by 93/68/EEC		

7.3 Technische Daten

Sämtliche technischen Daten sind gültig für $23 \pm 5^\circ\text{C}$ und $45 \pm 15\%$ relative Luftfeuchte.

Betriebstemperatur	+ 5 ... + 35 °C
Lagerungstemperatur	- 40 ... + 70 °C
Aufwärmzeit	nicht erforderlich

Modell	BC106-UV	BC106-VIS
Wellenlängenbereich	190 - 350 nm ¹⁾	350 - 1100 nm
Beschichtung	Lumigen	none
Sensor	2/3" EXview HAD TM CCD Sensor Sony ICX285AL, Fenster entfernt	
Aperturgröße	8,77 x 6,6 mm, max.	
Max. Strahldurchmesser	6,6 mm	
Kameraauflösung	1360 x 1024 pixel max., ROI auswählbar	
Pixelgröße	6,45 µm x 6,45 µm	
Minimaler Strahldurchmesser	30 µm	
Bilddigitalisierung	12 bit (0 - 4095 digits)	
Signal-zu-Rausch-Verhältnis	≥ 62 dB	
Shutter	Global	
Belichtungsbereich	20 µs – 1 s	
Verstärkungsbereich	1x - 16x	
Wiederholrate	max. 10 fps @ volle Auflösung ²⁾ >27 fps @ 640 x 480 Pixel ²⁾ >43 fps @ 320 x 240 Pixel ²⁾	
Dämpfungsfilter (nominelle Werte, am Filterrad)	20, 40 dB VIS 20, 40 dB UV	10, 20, 30, 40 dB VIS
Bildaufnahmemodi	Einzelbild, fortlaufend, Hardware-getriggert	
kompatible Lichtquellen	cw, gepulst	
Pulsfrequenz	1 Hz - 50 kHz (Einzelpulsbelichtung), unbegrenzt (Mehrfachpulsbelichtung)	
Triggereingang	TTL-Pegel , BNC Anschluss ³⁾	
Triggerverzögerung	42 µs - 1 s, programmierbar	
Physikalische Größe(H x B x T)	80 x 80 x 36.5 mm inkl. Fußplatte, Filterrad und Filter	
Befestigung	UNC1/4-20 and M6 auf Fußplatte	
Computerschnittstelle	High speed USB2.0, USB1.1 kompatibel	
Leistungszufuhr	2.4 W, über USB gespeist	

1) Wellenlängenbereich des mitgelieferten UV ND-Filters beginnt bei 220 nm, siehe Kapitel [Filterrad](#) ⁹⁾ und [Wellenlängenabhängigkeit](#) ¹⁵²⁾.

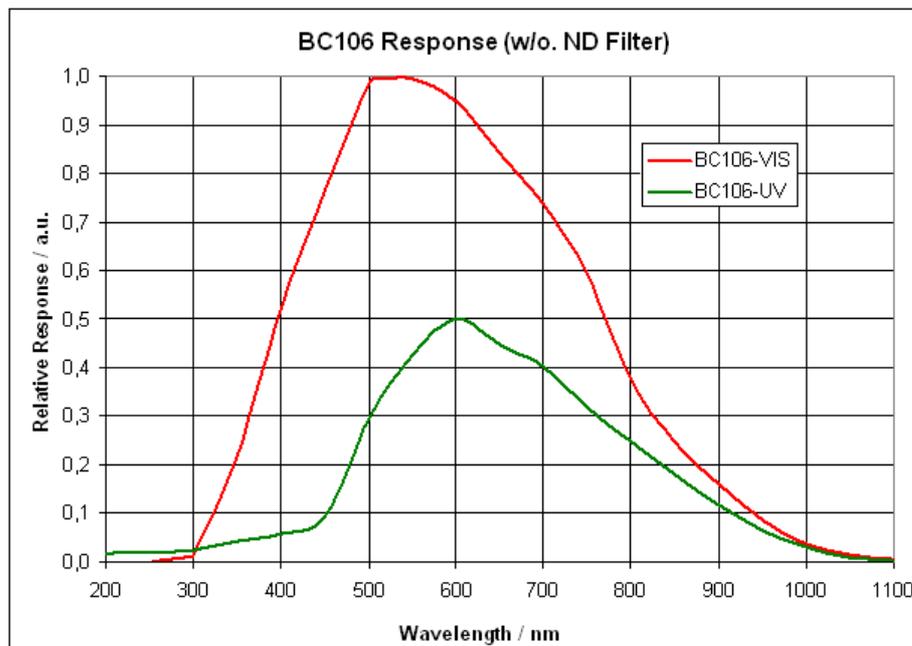
2) Hängt stark von der Rechenleistung des Prozessors im Computer und der Grafikkartenrechenleistung ab.

3) Siehe Kapitel [Triggereingang](#)¹² für weitere Details..

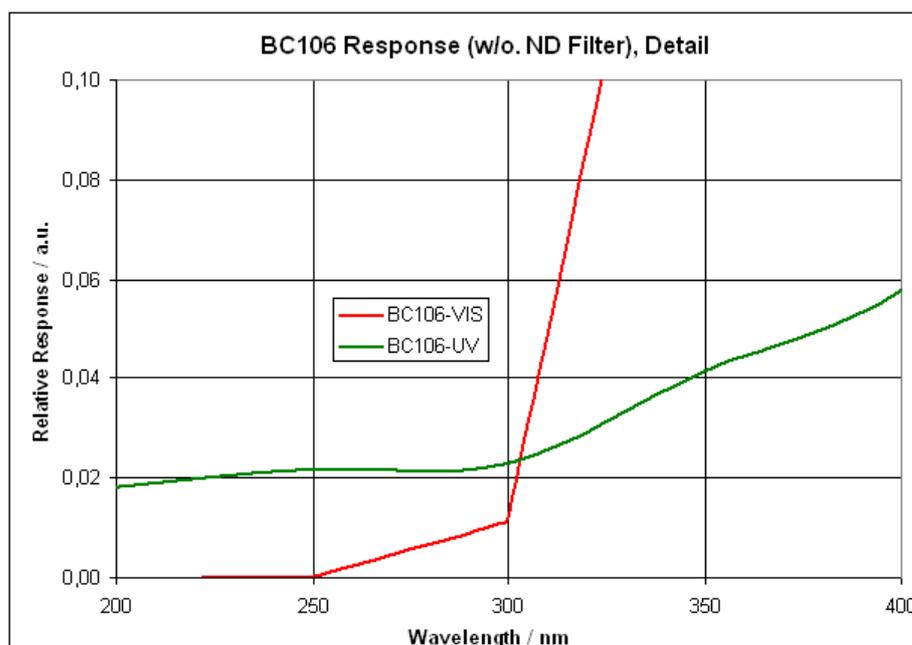
7.4 Wellenlängenabhängigkeit

1. Wellenlängenabhängige Empfindlichkeit des BC106 Modells

Bildsensoren beider BC106-Modelle zeigen eine wellenlängige Empfindlichkeit. Das folgende Diagramm zeigt die relative Empfindlichkeit. Während das Modell BC106-VIS eine doppelt so hohe Empfindlichkeit im sichtbaren Wellenlängenbereich, allerdings verschwindet diese unterhalb von 300 nm.



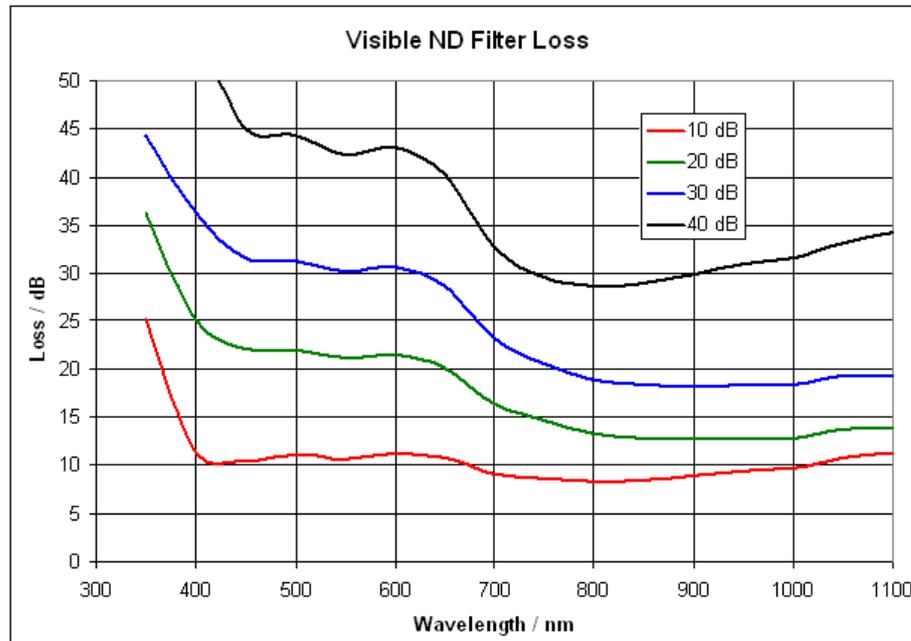
Wie hier im Detail gezeigt wird, übertrifft die Empfindlichkeit des Modells BC106-UV das Modell BC106-VIS unterhalb von 300 nm deutlich.



Beide Empfindlichkeitskurven sind ohne ND-Filter gemessen.

2. Wellenlängenabhängige Verluste der VIS-ND-Filter

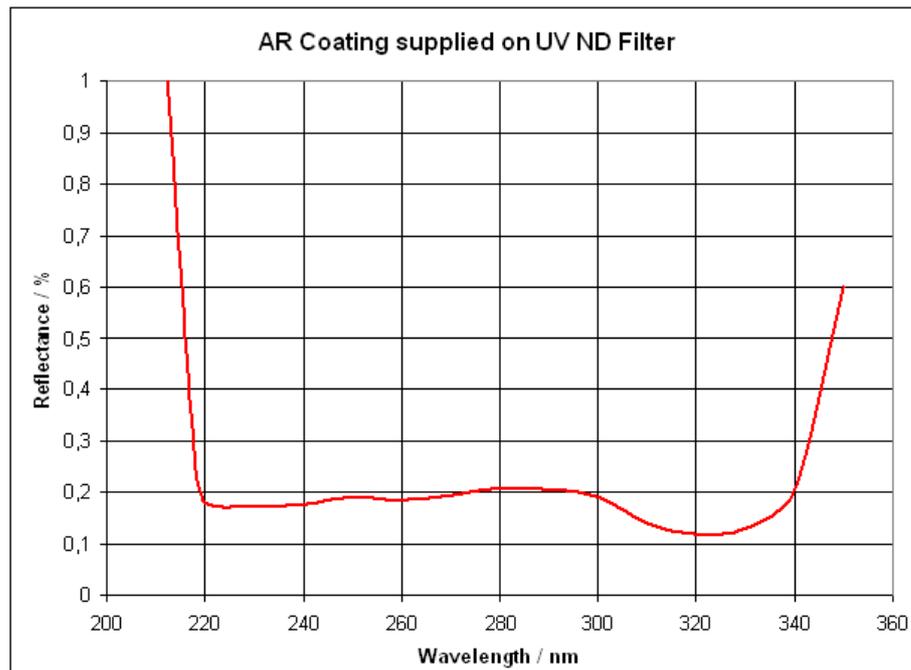
Das folgende Diagramm zeigt die gemessene Wellenlängenabhängigkeit der Verluste aller vier mitgelieferten ND-Filter des Modells BC106-VIS.



Wie zu sehen, liegen die nominellen Verluste der ND-Filter nur grob in einem begrenzten Wellenlängenbereich. Große Abweichungen außerhalb des Bereichs erfordert eine [Leistungskorrektur](#)⁶⁶.

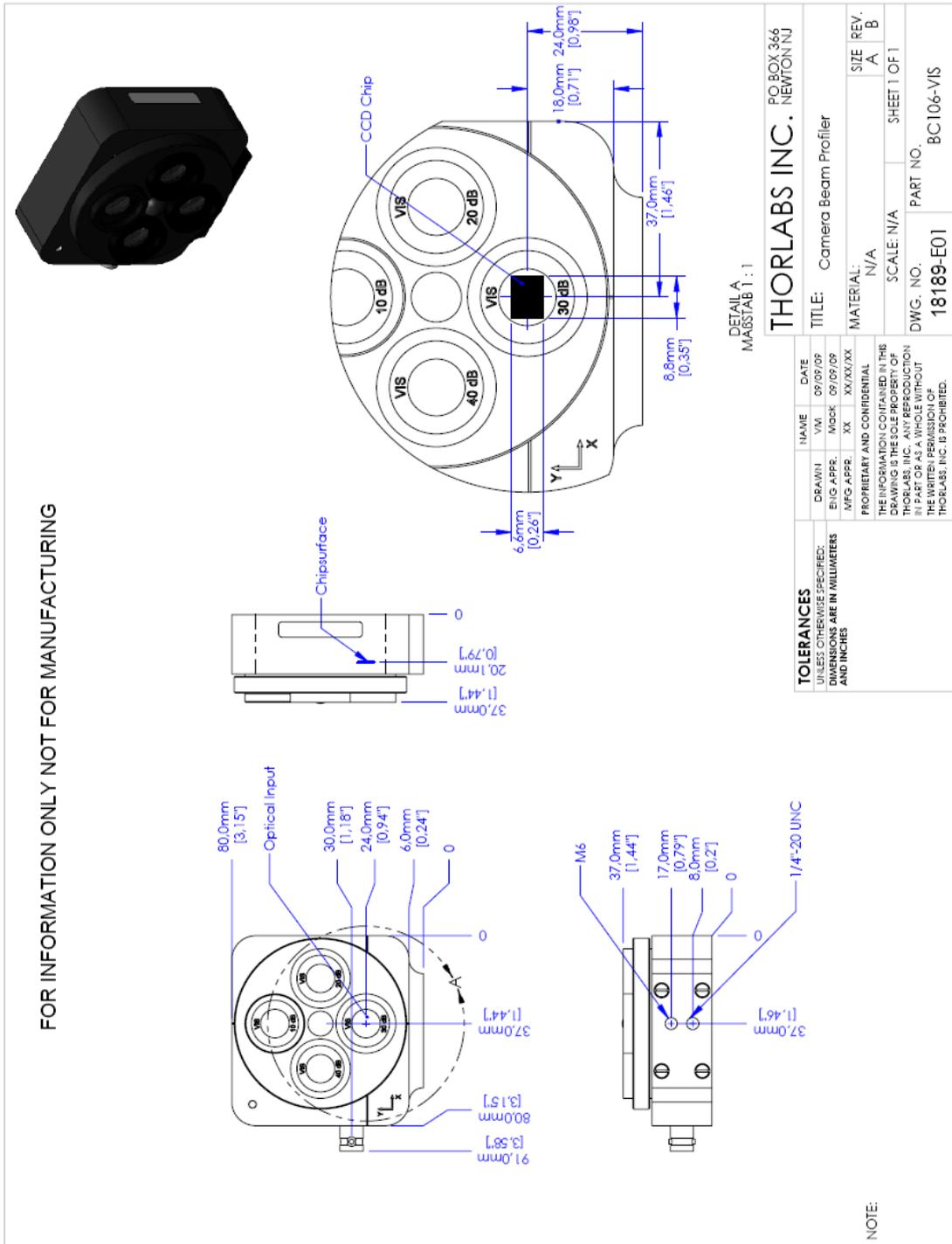
3. Wellenlängenabhängige Reflektivität der AR-Beschichtung auf dem UV-Filter

Dieses Diagramm zeigt die typische Qualität der mitgelieferten reflektiven ND-Filter für den UV-Wellenlängenbereich.

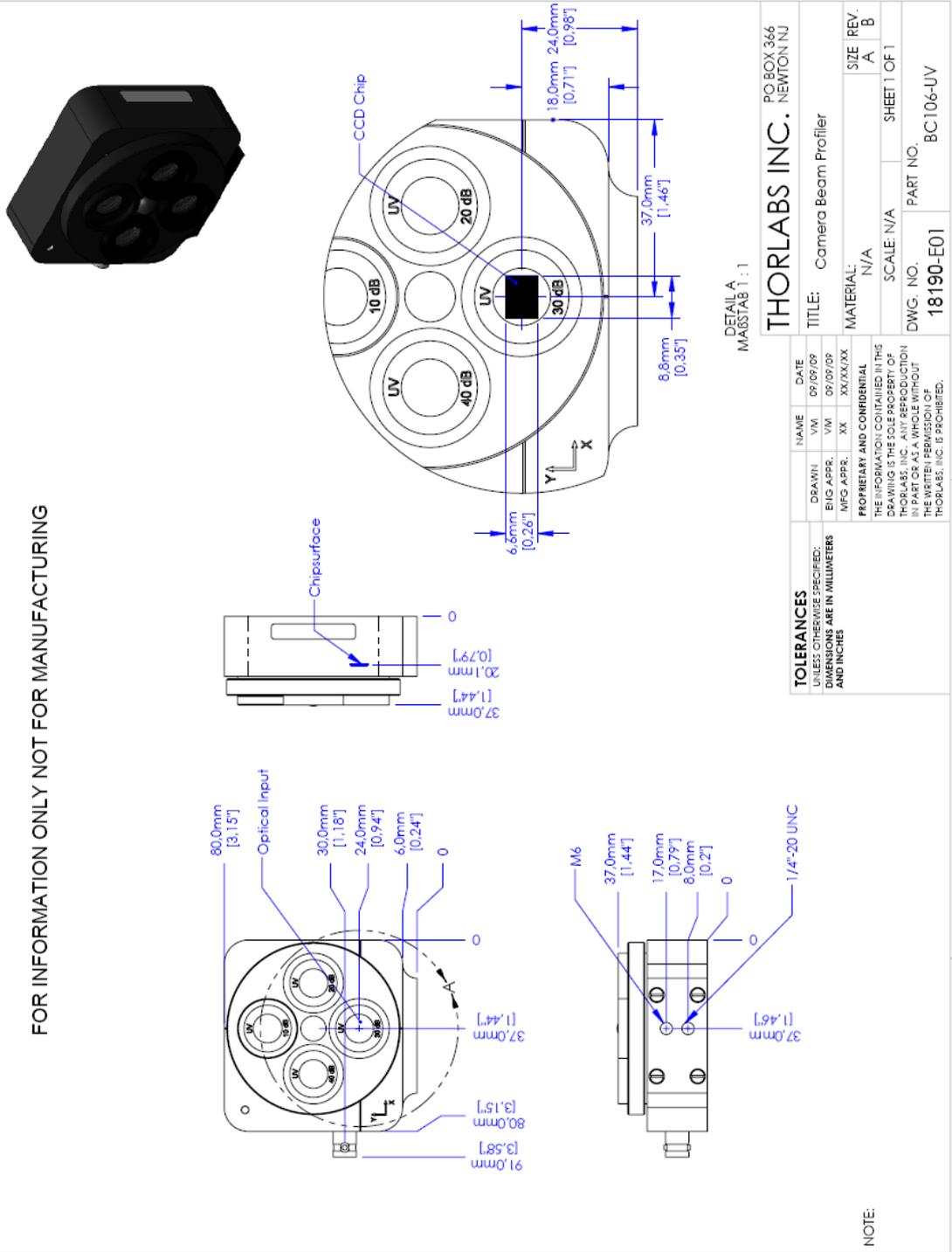


Eine Oberfläche dieser reflektiven ND-Filter ist metallisiert, um die Verluste von 20 bzw. 40 dB zu erzielen. Die Rückseite des Quarz (fused silica)-Substrats muss anti-reflektierend beschichtet sein, um durch Mehrfachreflexion bedingte Interferenzeffekte zu vermeiden. Deshalb ist die Qualität der AR-Beschichtung wichtig und muss eine gute Qualität aufweisen. Die gezeigte Kurve zeigt die verbleibene Reflektivität der AR-Beschichtung der mitgelieferten Quarzsubstrate. Zwischen 220 und 340 nm ist diese kleiner als 0,25 %.

7.5 Zeichnungen



FOR INFORMATION ONLY NOT FOR MANUFACTURING



DETAIL A
MAGSTAB 1:1

TOLERANCES		NAME	DATE
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS AND INCHES		DRAWN VM	09/09/09
		ENG APPR. VM	09/09/09
		MFG APPR. XX	XX/XX/XX
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL			
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. NO REUSE, REPRODUCTION OR DISTRIBUTION OF THIS INFORMATION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.			
THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ		TITLE: Camera Beam Profiler	
MATERIAL: N/A		SCALE: N/A	SIZE REV. A B
DWG. NO. 18190-E01		SHEET 1 OF 1	
PART NO. BC106-LUV			

NOTE:

1 2 3 4 5

7.6 Thorlabs Entsorgungrichtlinien (WEEE)

Wie durch die WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) der Europäischen Union und entsprechenden nationalen Gesetzen erforderlich ist, bietet Thorlabs allen Benutzer in der Europäischen Union die Möglichkeit, Altgeräte ohne anfallende Gebühren zu entsorgen.

Dieses Angebot ist für Thorlabs elektrische und elektronische Geräte gültig, die

- nach dem 13. August 2005 verkauft wurden
- mit dem entsprechenden durchgestrichenden "Wheelie Bin"-Logo markiert sind (siehe unten).
- an eine Firma oder ein Institut innerhalb der EU verkauft wurden
- momentan von einer Firma oder einem Institut in der EU besessen werden
- vollständig, nicht auseinandergebaut und nicht kontaminiert sind

Die WEEE-Richtlinie betrifft abgeschlossene, funktionsfähige, elektrische und elektronische Produkte, dieser Service bezieht sich nicht auf Thorlabs Produkte, wie

- reine OEM Produkte, das heißt Bauteile, die durch den Benutzer in eine Einheit gebaut werden (z.B. OEM Lasertreiberkarten)
- Komponenten
- Mechaniken und Optiken
- übergelassene Teile der vom Benutzer auseinandergebauten Einheiten (PCB's, Gehäuse usw.).

Wenn Sie eine Thorlabs Einheit zur Entsorgung zurückgeben möchte, nehmen Sie mit Thorlabs Kontakt auf.

7.6.1 Müllentsorgung in eigener Verantwortung

Wenn Sie kein Altgeräte an Thorlabs zurückgeben, müssen Sie es einer Firma überlassen, die in Müllentsorgung spezialisiert ist.

Entsorgen Sie die Einheit nicht im Hausmüll oder an einer öffentliche Entsorgungstelle.

7.6.2 Ökologischer Hintergrund

Es ist bekannt, dass die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte die Umwelt verschmutzt, indem gifte Produkte bei der Dekomptierung entweichen. Das Ziel der europäischen RoHS-Richtlinie ist, in der Zukunft die giftigen Substanzen in elektronischen Produkten zu reduzieren.

Die Absicht der WEEE-Richtlinie ist, eine Wiederverwendung von elektrischen und elektronischen Geräte zu schaffen. Eine kontrollierte Wiederverwendung von Altgeräte vermeidet negative Auswirkungen auf die Umwelt.



Durchgestrichenes "Wheelie Bin"-Symbol.

Listen

BC100

Kapitel



8 Listen

8.1 Liste der Abkürzungen

Die folgenden Abkürzungen werden in diesem Handbuch benutzt:

2D	<u>2</u> <u>D</u> imensional
3D	<u>3</u> <u>D</u> imensional
ADC	<u>A</u> nalog- <u>D</u> igital-Konverter
AR	<u>A</u> nti- <u>R</u> eflexion
BC	<u>B</u> eam <u>P</u> rofil <u>e</u> r <u>C</u> amera
CA	Berechnungsregion = <u>C</u> alculat <u>A</u> ion <u>A</u> rea
cw	<u>C</u> ontinuous <u>W</u> ave (konstante Leistungsquelle)
GUI	Benutzeroberfläche = <u>G</u> raphical <u>U</u> ser <u>I</u> nterface
ND	Neutraldichte = <u>N</u> eutral <u>D</u> ensity
PC	<u>P</u> ersonal <u>C</u> omputer
FPS	Bilder pro Sekunde = <u>F</u> rames <u>P</u> er <u>S</u> econd
ROI	Region von Interesse = <u>R</u> egion <u>O</u> f <u>I</u> nterest
USB	<u>U</u> niversal <u>S</u> erial <u>B</u> us
UV	<u>U</u> ltra <u>V</u> iolet (Wellenlängenbereich)
VIS	<u>V</u> ISible (Wellenlängenbereich)

8.2 Liste mit Symbolen

Die folgenden Symbole erscheinen am BC106 Beam Profiler oder in diesem Handbuch.

Symbol	Bedeutung
	Universal Serial Bus (USB), ein serieller Schnittstellenstandard um Geräte an einen Computer anzukoppeln.
	Das CE Zeichen ist verbindliches Konformitätszeichen vieler Produkte auf dem Markt der Europäischen Wirtschaftszone. Durch Hinzufügen des CE-Zeichens versichert der Hersteller, dass das Produkt alle notwendigen Anforderungen der relevanten Europäischen Anordnungen erfüllt. Es zertifiziert nicht, dass das Produkt EU-Verbrauchersicherheit oder -gesundheitsanforderungen erfüllt.
	Durchgestrichenes "Wheelie Bin"-Symbol. Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) ist eine unbestimmte Beschreibung für überflüssige, überholte, kaputte oder ausrangierte elektrische oder elektronische Geräte. Siehe Ökologischer Hintergrund ^[157]

8.3 Zubehör

Die folgende Zubehörliste kann dabei helfen, das Geräte aufzubauen, den benutzbaren [Leistungsbereich](#)⁷⁸ zu erhöhen und Mittel für die Reinigung zu finden. Dieses Equipment gehört nicht zum BC106-Lieferumfang, ist jedoch auf der Thorlabs-Webseite verfügbar <http://www.thorlabs.com>

Teile	Weblink
BC106 Befestigung	
Post (Stange)	http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup_ID=1266
Post Holder (Halter)	http://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=1268
Base Plate (Fußplatte)	http://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=47
Externe Strahlabschwächer	
Absorptive ND Filter	http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup_ID=266
Reflektive ND Filter	http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup_ID=119
Strahlteiler	http://www.thorlabs.com/Navigation.cfm?Guide_ID=18
Reinigung	
Dusting Kits CA3 Tissue MC-5, CP-100	http://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=330

8.4 Adressen

Unsere Firma wird durch mehrere Vertriebe und Verkaufsstellen in der ganzen Welt vertreten.

Europa

Thorlabs GmbH
Hans-Böckler-Str. 6
D-85221 Dachau / München
Germany

Sales and Support

Phone: +49 (0) 81 31 / 5956-0
Fax: +49 (0) 81 31 / 5956-99
Email: europa@thorlabs.com
Web: www.thorlabs.com

USA

Thorlabs, Inc.
435 Route 206 North
Newton, NJ 07860
USA

Sales and Support

Phone: +1-973-579-7227
Fax: +1-973-300-3600
Email: sales@thorlabs.com
techsupport@thorlabs.com
Web: www.thorlabs.com

Japan

Thorlabs Japan Inc.
Higashi Ikebukuro
Q Building 1st floor 2-23-2
Toshima-ku, Tokyo 170-0013
Japan

Sales and Support

Phone: +81-3-5979-8889
Fax: +81-3-5979-7285
Email: sales@thorlabs.jp
Web: www.thorlabs.jp

China

Thorlabs China
Oasis Middlering Centre
3 Building 712 Room
915 Zhen Bei Road
Shanghai
China

Sales and Support

Phone: +86 (0)21-32513486
Fax: +86 (0)21-32513482
Email: chinasales@thorlabs.com
Web: www.thorlabs.com

Besuchen Sie uns auf unserer Webseite unter <http://www.thorlabs.com>. Hier finden Sie weitere Thorlabs-Verkaufsstellen. Sie können uns ebenso über unsere Hotline erreichen oder sich per Email jederzeit an uns wenden.

Anmerkung zur Anwendung

BC100

Kapitel



IX

9 Anmerkung zur Anwendung

Dieses Kapitel enthält Hintergrundwissen zu dem Camera Beam Profiler.

9.1 Strahlbreite und Clip Level

Strahlbreite

Die Strahlbreite ist die Entfernung zwischen zwei Punkten an gegenüberliegenden Kanten des aufgenommenen Strahlprofils, während die Höhe durch einen bestimmten Prozentsatz der Peak-Leistung definiert ist. Dieser Prozentsatz wird Clip Level genannt.

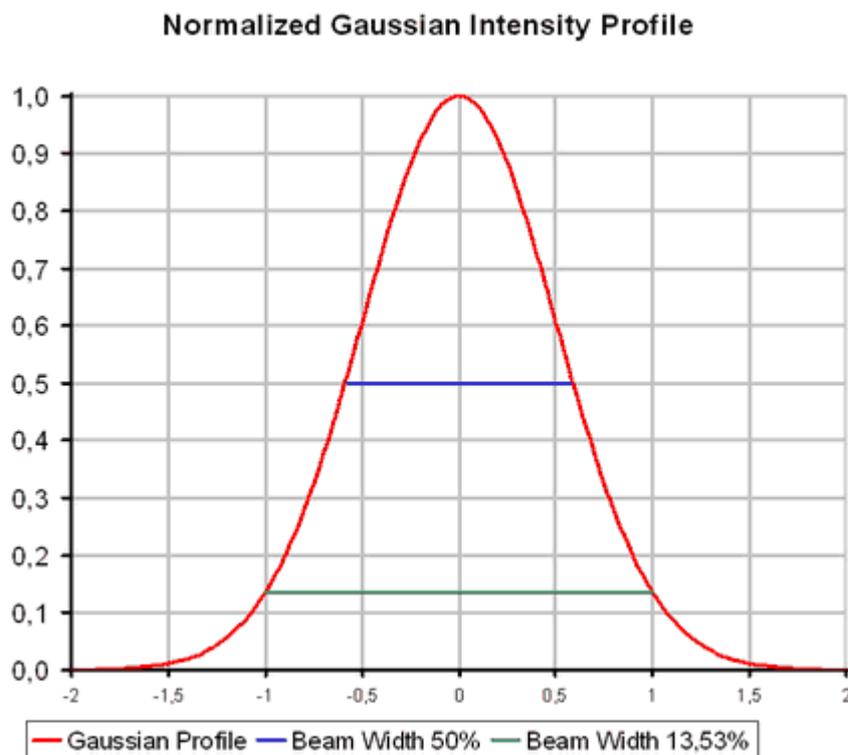
Bevorzugte Clip Level sind zum Beispiel 50% (FWHM = Full Width at Half Maximum) und 13,53% (exakt sind es $1/e^2$).

Da die Beam Profiler Software verschiedene Clip Level unterstützt, ist die Strahlbreite immer mit dem entsprechenden Clip Level in eckigen Klammern angegeben.

Anmerkung

"Strahlbreite" ist IMMER der Durchmesser und nicht der Radius!

Das folgende Diagramm zeigt die beiden meist verbreiteten Clip Level anhand einer normalisierten Gaußverteilung.

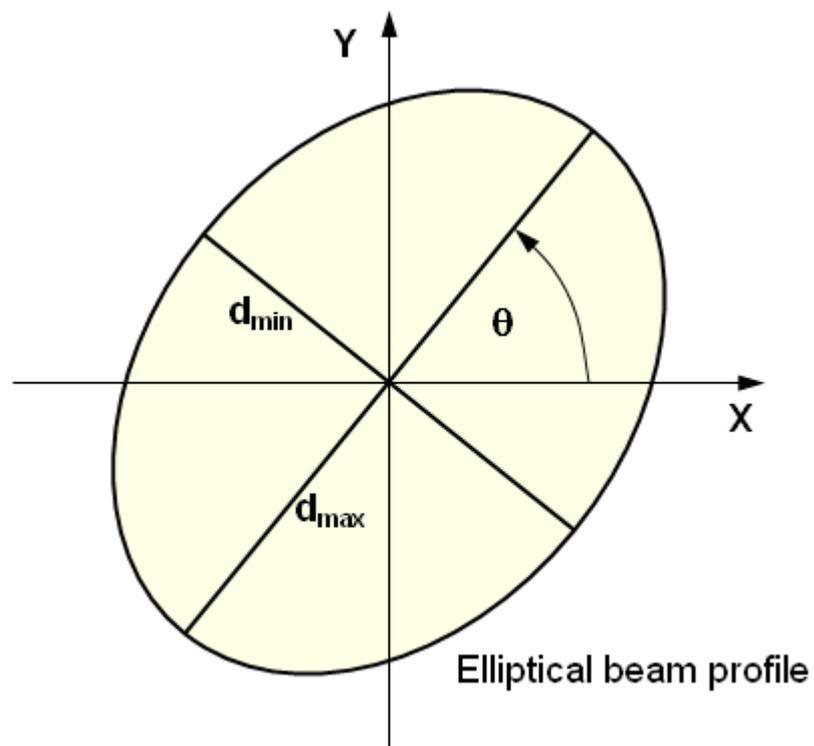


9.2 Strahlellipse

Strahlelliptizität und -exzentrizität sind definiert als:

$$\textit{Ellipticity} = \frac{d_{\min}}{d_{\max}} \quad \textit{Eccentricity} = \frac{\sqrt{d_{\max}^2 - d_{\min}^2}}{d_{\max}}$$

wobei d_{\min} das Minimum angibt und d_{\max} das Maximum des Strahldurchmessers.



Orientierung gibt den Winkel θ der Hauptachse der Ellipse in Bezug zur X-Achse mit einem Bereich von $-90^\circ < \theta \leq 90^\circ$ an.

Schlagwörter

- μ -

μm 70

- 1 -

12 bit 52

- 2 -

2D Projektionsfenster 34

- 3 -

3D Profil Stil 60

3D Profil-Fenster 39

- 8 -

8 bit 52

- A -

Accessories 94

Adapter plate 94

Adressen 161

Aktuelle Verzögerung 79

Alignment Example 105

Alignment Instructions 105

Anhang 148

Anmerkung zur Anwendung 164

Anschlüsse 11

Aperturgröße 150

Approximierte Ellipse 60

ASCII Text Datei 72

Aufbau 8

Automatische Belichtungskontrolle 52

- B -

BC106 Auswahl 24

BC106 Einstellungen 48, 52

Beam Alignment 105

Beam Profiler Information 52

Beam Profiler Parameter 52

Beam propagation 87

Beam propagation curve 90

Beam propagation factor K 90

Beam Propagation Theory 90

Befestigung 160

Belichtungsbereich 150

Benutzer-Filter 52

Berechnungseinstellungen 60

Berechnungsbedingungen 60

Berechnungsergebnisse 60, 70

Berechnungsregion 34

Berechnungsregion 60

Bestellnummern 7

Betrieb des Beam Profilers 15

Betrieb des Messgeräts 48

Betriebstemperatur 150

Bibliotheken 134

Bildexport 72

Bildsättigung 52, 70

Bildwiederholungsfrequenz 150

BNC Anschluss 12, 79

BNC Verbindung 79

BP1M2 93, 94

- C -

C++ Beispiel 134

C++ Bibliothek (*.dll) 134

Calculation Area 61

Calculations Selection 60

Clip Level 60, 164

Coaxial alignment 105

COM port 103

Computerschnittstelle 134, 150

- D -

Dämpfungsfilter 150

Datei 27

Datenexport 72

dBm 70

Direct-Show-Filter 134

DirectX Installation 15

Dunkelpegel 52, 67

Durchmesser 70

Durchschnitt über mehrere Bilder 60

- E -

Einheiten 60

Einzelpuls 79
 Electrical connections 94
 Ellipse 70
 Elliptizität 70, 165
 Ergebnisse der Berechnungen 42
 Erste Schritte 7
 Export eines PDF Testprotokolls 72
 Extension Set 93
 Externe Strahlabschwächer 160
 Exzentrizität 70, 165

- F -

Fallende Flanke 79
 Fehler 142
 Fenster 27
 Fensterloser CCD Sensor 144
 Filter UV 9
 Filter VIS 9
 Filtergraphbibliothek 134
 Filtrrad 9, 52, 142
 Focal length 100, 101

- G -

Gauß-Fit 70
 Gaussian beam 90
 Gauß-Profil 164
 Gepulste Laserquellen 79
 Geräteauswahl 48
 Geräteeinstellungen 52
 Gesamtleistung 70
 Geschwindigkeitsoptimierung 47
 Grad 70
 Grafikeinstellungen 60
 GUI Überblick 27

- H -

Hardware Trigger 79
 Hauptfenster 33
 Hilfe 27
 Hoher Umgebungslichtpegel 142

- I -

Interne Triggerverzögerung 79
 Iris Diaphragm 105

- K -

Kameraauflösung 150
 Kontrolle 27
 Koordinatensystem 34

- L -

Lagertemperatur 150
 LaserBeamAnalyser 134
 Leistung zu gering 142
 Leistung zu hoch 142
 Leistungsbereich 78
 Leistungskorrektur 52, 66
 Lens 94
 Liste der Abkürzungen 159
 Lumigen-Beschichtung 150

- M -

M2 measurement 87, 103
 Manually moving the stage 103
 Manuelle Belichtungskontrolle 52
 Maximale Leistung 78
 Maximaler Strahldurchmesser 150
 Mechanical Accessories 94
 Mechanical Setup 94
 Mehrfach Pulse 79
 Menü 27
 Messergebnisse 70
 Messung mit dem BC106 47
 Microsoft Excel Datei 72
 Minimale Leistung 78
 Mirrors 105
 Mode mixture beam 90
 Mounting the translation stage 94
 Müllentsorgung 157
 mW 70

- N -

Nach dem Öffnen 7
 ND-Filter 66, 78
 Nominelle Dämpfung 9, 52
 Nominelle Filterverluste 66

- O -

Ökologischer Hintergrund 157

Optionen 27
Orientierung 70, 165

- P -

Peak-Position 70
Periscope assembly 94
Physikalische Größe 150
Pixel 70
Pixelgröße 150
Plots 43
Pollux Coltroller 94
Positionen 45
Präzisionsmodus 52
Pre-Alignment of M2-Meter 105
Programmstart 24
Pulsfrequenz 150

- R -

Rayleigh length 90, 100, 101
Reference Position 103
Region of Interest 52
Region von Interesse 48
Reinigung 144, 160
Repetitionsfrequenz 79
Repetitionsrate 79
Richtlinien für den Betrieb 47
ROI 48, 52, 53, 60
RS232 98

- S -

Sättigungspegel 52
Schneller Modus 52
Scrollleiste 27
Sensorposition 8, 155
Serial connection 103
Software Installation 15
Software Trigger 79
Speichern der Einstellungen 47
Speichern der Messergebnisse 72
Standardwert 48
Starten der Software 24
Statusleiste 27, 142
Staubspray 144
Steigende Flanke 79
Strahlbreite 164
Strahlbreite (Clip Level) 70
Strahlbreite (4-sigma) 70

Strahldurchmesserbereich 78
Strahlellipse 165
Symbole 159
Systemanforderungen 15

- T -

Target Position 103
Technische Daten 150
TEM00 90
Testprotokoll 72
Times-diffraction-limit factor M2 90
Translation Stage 94
Translation Stage Initialization 103
Translation stage length 100, 101
Trigger 52, 79
Trigger Verzögerung 79
Triggereingang 12, 150
Triggerverzögerung 150
Troubleshooting 145
TTL Trigger-Pegel 12

- U -

Umgebungslichtkorrektur 52, 67
Unterfenster 33
USB 150
USB to Serial converter 98, 103
USB Treiberinstallation 22
USB-Verbindung 22

- V -

Verbinden mit dem Computer 22
Version und weitere Informationen 142
Verstärkungsbereich 150
Verstärkungsfaktor 52
Vorbereitungen 7
Vorschaubild 48, 52
VT-80 94

- W -

Waist diameter 90
Warnungen 142
Wartung und Reparatur 142
Wavelength 90
WEEE 157
Wellenlänge 48, 52, 66

Wellenlängenabhängige Empfindlichkeit 152
Wellenlängenabhängige Reflektivität der AR-Beschichtung 152
Wellenlängenabhängige Verluste des VIS ND-Filters 152
Wellenlängenbereich 78, 150
Wellenlängenempfindlichkeit 152
Werkzeugleiste 27

- X -

X Profil-Fenster 41

- Y -

Y Profil-Fenster 41

- Z -

Zeichnungen 155
Zentroid-Position 70
Zertifikate und Prüfzeichen 148
Zielverzögerung 79
Zubehör 7, 160

