

Originalbetriebsanleitung



BeamMonitor BM+

BM+ 60, BM+ 100

LaserDiagnosticsSoftware LDS 2.98

WICHTIG!

VOR DEM GEBRAUCH SORGFÄLTIG LESEN.

ZUR SPÄTEREN VERWENDUNG AUFBEWAHREN.

Inhaltsverzeichnis

1	GRUNDLEGENDE SICHERHEITSHINWEISE	8
2	SYMBOLERKLÄRUNG	10
3	ÜBER DIESE BETRIEBSANLEITUNG	11
4	EINLEITUNG	12
	4.1 Laserstrahlvermessung.....	12
5	SYSTEMBESCHREIBUNG	13
6	BEDINGUNGEN AM EINBAUORT	13
7	MONTAGE	14
	7.1 Vorbereitung.....	14
	7.2 Einbaulage	14
	7.3 Ausrichten	14
	7.4 Befestigen	15
8	ELEKTRISCHER ANSCHLUSS	16
	8.1 Anschluss des BeamMonitor BM+ an den PC und die Spannungsversorgung, Beispiel.....	18
	8.2 Anschluss des BeamMonitor BM+ mit PowerMonitor an den PC	19
9	STATUSANZEIGE	20
10	SOFTWARE	21
	10.1 Systemvoraussetzungen.....	21
	10.2 Software installieren.....	21
	10.3 Software starten.....	22
	10.3.1 Grafische Benutzeroberfläche	22
	10.3.2 Die Menüleiste	24
	10.3.3 Die Werkzeugleiste	25
	10.3.4 Menü-Übersicht	26
	10.1 Ethernetverbindung einrichten	28
	10.1.1 Verbindung zum PC aufbauen.....	29
	10.1.2 IP-Adresse ändern.....	29
11	SOFTWAREFUNKTIONEN IM DETAIL	31
	11.1 Einstellungen.....	31
	11.1.1 Sensorparameter	31
	11.1.1 Messumgebung (Menü Messung >> Umgebung)	33
	11.1.1 Strahlsuche (Menü Messung >> Einstellung:Strahlsuche).....	34
	11.1.1 Einzelmessung (Menü Messung >> Einzelmessung)	35
	11.1.2 Justiermode	39
	11.2 Darstellung und Dokumentation der Messergebnisse	42
	11.2.1 Die Werkzeugleiste	42
	11.2.2 Falschfarben	43
	11.2.3 Falschfarben (gefiltert)	44
	11.2.4 Isometrie	44
	11.2.5 Kaustikdarstellung (2D-Darstellung)	45
	11.2.6 Isometrie 3D	49
	11.2.7 Übersicht 86 % bzw. 2. Moment.....	50
	11.2.8 Symmetriepfung	51
	11.2.9 Feste Schnitte.....	52

11.2.10	Variable Schnitte	53
11.2.11	Graphische Übersicht	54
11.2.12	Farbtafeln	54
11.2.13	Evaluation (Option)	55
11.3	Datei	56
11.3.1	Neu	56
11.3.2	Öffnen	56
11.3.3	Speichern.....	56
11.3.4	Speichern unter	56
11.3.5	Export	56
11.3.6	Messeinstellungen laden	56
11.3.7	Messeinstellungen speichern	56
11.3.8	Protokoll	56
11.3.9	Drucken.....	57
11.3.10	Vorschau Drucken.....	57
11.3.11	Zuletzt geöffnete Datei	57
11.3.12	Ende	57
11.4	Bearbeiten.....	57
11.4.1	Kopieren.....	57
11.4.2	Ebene löschen	57
11.4.3	Alle Ebenen löschen	57
11.5	Kommunikation.....	58
11.5.1	Freie Kommunikation	58
11.5.2	Liste gesuchter Geräte	58
11.6	Skript.....	59
11.6.1	Editor	59
11.6.2	Auflisten	59
11.6.3	Python.....	59
12	MESSEN	60
12.1	Spezielle Sicherheitshinweise	60
12.2	Voraussetzungen	60
12.3	Mögliche Messarten.....	61
12.3.1	Einzelmessung.....	61
12.3.2	Kaustikmessung	61
12.4	Kurzanleitung für eine erste Einzelmessung	61
12.5	Messen mit dem Detektor DBY-PS+	65
13	DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE UND FEHLERANALYSE	67
14	FEHLERBEHEBUNG	68
15	AUSWAHL DER DETEKTOREN	69
15.1	Detektor am BeamMonitor BM+ wechseln	70
16	WARTUNG UND INSPEKTION	72
17	TRANSPORT	72
18	MASSNAHMEN ZUR PRODUKTENTSORGUNG	72
19	KONFORMITÄTSERKLÄRUNG	73
20	TECHNISCHE DATEN	74

21	ABMESSUNGEN	75
21.1	BeamMonitor BM+ 60	75
21.2	BeamMonitor BM+ 100	76
22	ANHANG	77
22.1	Anlagensteuerung (Option)	77
22.2	Beschreibung des MDF-Dateiformates	77
23	GRUNDLAGEN DER STRAHLDIAGNOSE	79
23.1	Laserstrahlparameter	79
23.1.1	Rotationssymmetrische Strahlen	79
23.1.2	Nicht rotationssymmetrische Strahlen:	80
23.2	Berechnung der Strahlraten	81
23.2.1	Bestimmung des Nulllevels	81
23.2.2	Bestimmung der Strahlage	82
23.2.3	Radiusbestimmung mit dem 2. Moment der Leistungsdichteverteilung	82
23.2.4	Radiusbestimmung mit der Methode des 86%igen Leistungseinschlusses	83
23.2.5	Weitere Radiusdefinitionen (Option)	84

PRIMES - das Unternehmen

PRIMES ist ein Hersteller von Messgeräten zur Laserstrahlcharakterisierung. Diese Geräte werden zur Diagnostik von Hochleistungslasern eingesetzt. Das reicht von CO₂-Lasern über Festkörperlaser bis zu Diodenlasern. Der Wellenlängenbereich vom Infrarot bis zum nahen UV wird abgedeckt. Ein großes Angebot von Messgeräten zur Bestimmung der folgenden Strahlparameter steht zur Verfügung:

- die Laserleistung
- die Strahlabmessungen und die Strahlage des unfokussierten Strahls
- die Strahlabmessungen und die Strahlage des fokussierten Strahls
- die Beugungsmaßzahl M^2

Entwicklung, Produktion und Kalibrierung der Messgeräte erfolgt im Hause PRIMES. So werden optimale Qualität, exzellenter Service und kurze Reaktionszeit sichergestellt. Das ist die Basis, um alle Anforderungen unserer Kunden schnell und zuverlässig zu erfüllen.



PRIMES GmbH
Max-Planck-Str. 2
64319 Pfungstadt
Germany

Tel +49 6157 9878-0
info@primes.de
www.primes.de

1 Grundlegende Sicherheitshinweise

Bestimmungsgemäße Verwendung

Der BeamMonitor BM+ ist ausschließlich dazu gebaut, Messungen im oder in der Nähe des Strahlengangs von Hochleistungslasern durchzuführen. Hierbei sind die im Kapitel „20 Technische Daten“ auf Seite 74 angegebenen Spezifikationen und Grenzwerte einzuhalten. Jeder darüber hinausgehende Gebrauch gilt als nicht bestimmungsgemäß. Für eine sachgemäße Anwendung des Gerätes müssen unbedingt die Angaben in dieser Betriebsanleitung beachtet werden.

Das Benutzen des Gerätes für nicht vom Hersteller spezifizierten Gebrauch ist strikt untersagt. Das Gerät kann dadurch beschädigt oder zerstört werden. Zudem besteht eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung bis hin zu tödlichen Verletzungen. Das Gerät darf nur in der Art und Weise eingesetzt werden, aus der keine potentielle Gefahr für Menschen entsteht.

Das Gerät selbst emittiert keine Laserstrahlung. Jedoch wird während der Messung der Laserstrahl auf das Gerät geleitet. Dabei entsteht reflektierte Strahlung (Laserklasse 4). Deshalb sind die geltenden Sicherheitsbestimmungen zu beachten und erforderliche Schutzmaßnahmen zu treffen.

Geltende Sicherheitsbestimmungen beachten

Beachten Sie die nationalen und internationalen Bestimmungen und Normen von ISO/CEN sowie die Vorschriften der Berufsgenossenschaft. Nationale Grundlage der Sicherheitsbestimmungen ist die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OstrV und darauf basierend die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Laserstrahlung), welche frühere Vorschriften wie z. B. die BGV B2 – Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung ersetzt.

Erforderliche Schutzmaßnahmen

Wenn sich Personen in der Gefahrenzone sichtbarer oder unsichtbarer Laserstrahlung aufhalten, z. B. an nur teilweise abgedeckten Lasersystemen, offenen Strahlführungssystemen und Laserbearbeitungsbereichen, sind folgende Schutzmaßnahmen zu treffen:

- Tragen Sie Laserschutzbrillen (OD 6), die an die verwendete Leistung, Leistungsdichte, Laserwellenlänge und Betriebsart der Laserstrahlquelle angepasst sind.
- Schützen Sie sich vor direkter Laserstrahlung, Streureflexen sowie vor Strahlen, die durch die Laserstrahlung generiert werden (z. B. durch geeignete trennende Schutzeinrichtungen oder auch durch Abschwächung dieser Strahlung auf ein unbedenkliches Niveau).
- Verwenden Sie Strahlführungs- bzw. Strahlabsorberelemente die keine gefährlichen Stoffe freisetzen sobald sie mit der Laserstrahlung beaufschlagt werden und die dem Strahl hinreichend widerstehen können.
- Installieren Sie Sicherheitsschalter und/oder Notfallsicherheitsmechanismen, die das unverzügliche Schließen des Verschlusses am Laser ermöglichen.
- Befestigen Sie das Gerät stabil, um eine Relativbewegung des Gerätes zur Strahlachse des Lasers zu verhindern und somit die Gefährdung durch Streustrahlung zu reduzieren.

Qualifiziertes Personal einsetzen

Das Gerät darf ausschließlich durch Fachpersonal bedient werden. Das Fachpersonal muss in die Montage und Bedienung des Gerätes eingewiesen sein und grundlegende Kenntnisse über die Arbeit mit Hochleistungslasern, Strahlführungssystemen und Fokussiereinheiten haben.

Umbauten und Veränderungen

Das Gerät darf ohne unsere ausdrückliche Zustimmung weder konstruktiv noch sicherheitstechnisch verändert werden. Das Gerät darf nicht geöffnet werden, um z. B. eigenmächtige Reparaturen auszuführen. Jede Veränderung schließt eine Haftung unsererseits für resultierende Schäden aus.

Haftungsausschluss

Der Hersteller und der Vertreiber der Messgeräte schließt die Haftung für Schäden oder Verletzungen jeder Art aus, die durch den unsachgemäßen Gebrauch der Messgeräte oder die unsachgemäße Benutzung der zugehörigen Software entstehen. Der Käufer und der Benutzer verzichten sowohl gegenüber dem Hersteller als auch dem Lieferanten auf jedweden Anspruch auf Schadensersatz für Schäden an Personen, materielle oder finanzielle Verluste durch den direkten oder indirekten Gebrauch der Messgeräte.

2 Symbolerklärung

In dieser Dokumentation wird auf Restgefahren mit folgenden Symbolen und Signalworten hingewiesen:



GEFAHR

Bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten **wird**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



WARNUNG

Bedeutet, dass Tod oder schwere Körperverletzung eintreten **kann**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.



VORSICHT

Bedeutet, dass eine leichte Körperverletzung eintreten **kann**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

ACHTUNG

Bedeutet, dass Sachschaden entstehen **kann**, wenn die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Am Gerät selbst wird auf Gebote und mögliche Gefahren mit folgenden Symbolen hingewiesen:



Warnung vor Handverletzungen



Vor Inbetriebnahme die Betriebsanleitung und insbesondere die Sicherheitshinweise lesen und beachten!

Weitere Symbole, die nicht sicherheitsrelevant sind:



Hier finden Sie nützliche Informationen und hilfreiche Tipps.



Mit der CE-Kennzeichnung garantiert der Hersteller, dass sein Produkt den Anforderungen der relevanten EG-Richtlinien entspricht.

- ▶ Handlungsaufforderung

3 Über diese Betriebsanleitung

Diese Dokumentation beschreibt die Arbeit mit dem BeamMonitor BM+ und dessen Bedienung mit der „LaserDiagnosticsSoftware“ (im Folgenden „LDS“ genannt).

Bei der Beschreibung der Software liegen die Schwerpunkte bei Konfigurations- und Kommunikationseinstellungen sowie dem Messbetrieb.



Diese Betriebsanleitung beschreibt die zum Zeitpunkt der Drucklegung gültige Softwareversion v2.98.8. Da die Bediensoftware laufend weiterentwickelt wird, ist es möglich, dass auf der mitgelieferten Installations-CD eine andere Versionsnummer aufgedruckt ist. Die korrekte Funktion des Gerätes mit der Software ist dennoch gewährleistet.

Sollten Sie Fragen haben, geben Sie uns bitte die bei Ihnen installierte Software-Version bekannt. Sie finden die Softwareversion, das Erstellungsdatum und die Windows®-Versionen, für die unsere LaserDiagnosticsSoftware programmiert wurde, unter dem Menüpunkt: **Hilfe>>Über die LaserDiagnosticsSoftware**.

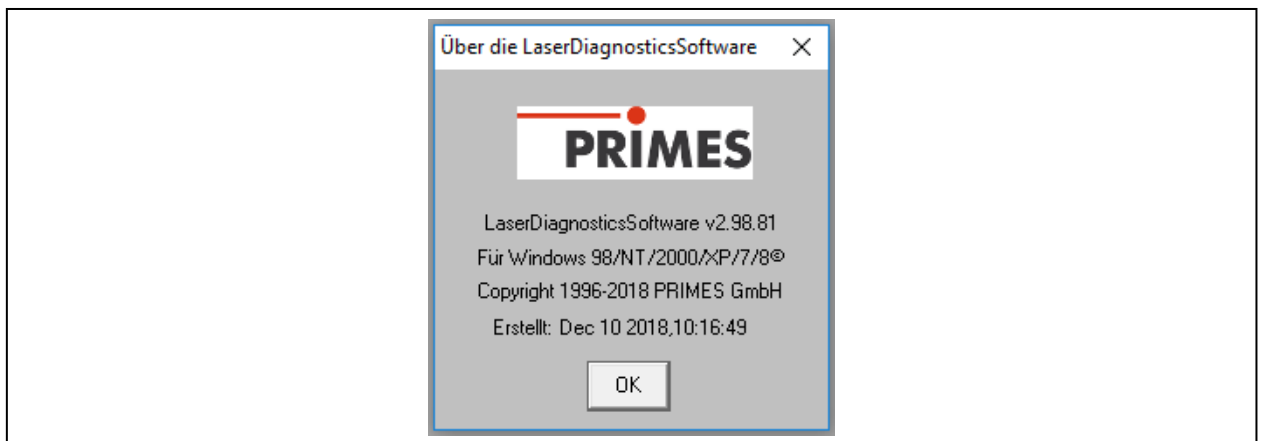


Abb. 3.1: Informationen zur aktuellen Software-Version

4 Einleitung

4.1 Laserstrahlvermessung

Laserstrahlung in der industriellen Anwendung, ob CO₂-, Nd:YAG-, Dioden- oder Faser-Laser, arbeitet mit nicht sichtbarer Strahlung im infraroten (IR) oder nahen infraroten Spektralbereich (NIR). Eine Veränderung der Strahlqualität oder Leistung ist somit visuell nicht erfassbar und erst im Ergebnis der Anwendung erkennbar und führt unter Umständen zu extrem teurer Ausschussproduktion. Wird der Qualitätsabfall im Fertigungsprozess nicht erkannt, resultiert das in der Regel zu einem späteren Ausfall des Produktes in der Anwendung mit entsprechenden Konsequenzen in Nachbearbeitung, Ersatzleistungen und Imageverlust für den Hersteller.

Hier helfen die Strahldiagnosegeräte von PRIMES zur Messung von Strahlqualität, Fokussierbarkeit und Laserleistung. Eine Prozessüberwachung in der Fertigung mit Laserstrahldiagnosegeräten von PRIMES ermöglicht eine konsequente Qualitätssicherung und erlaubt eine rechtzeitige Erfassung von Fehlfunktionen der Laserstrahlung und deren Behebung.

Die Messgeräte von PRIMES erlauben eine sichere Erfassung der aktuellen Strahlparameter und ermöglichen eine fortlaufende Dokumentation der Strahleigenschaften für die Qualitätssicherung, was eine nicht zu vernachlässigende Anforderung in vielen Industriebereichen wie Automobil- oder Medizintechnik darstellt.

Mit den Geräten von PRIMES zur Strahldiagnose wird die Fehlersuche bei der Laseranwendung wesentlich vereinfacht. Strahlintensitätsprofile, Strahldurchmesser, Strahlkaustik vor oder nach der Fokussierung sowie die anstehende Laserleistung werden direkt gemessen und analysiert. Auf Basis der Messwerte und deren Auswertung kann dann das Wartungs- und Servicepersonal zielgerichtet bei der Instandsetzung arbeiten. Zeitverlust und Anlagenstillstand durch „Herumprobieren“ zur Fehlersuche wird nachhaltig vermieden.

Gleiches gilt bei der Prozessoptimierung und Qualifizierung von Prozessfenstern in der Lasermaterialbearbeitung. Nur wenn Fokuslage und -dimension sowie das Intensitätsprofil des Laserstrahles bekannt sind, können Prozesse wie Laserstrahlschneiden, -schweißen oder -bohren an die jeweilige Bauteilgeometrie und Werkstoffauswahl angepasst und die Breite von Prozessfenstern sicher ermittelt werden.

5 Systembeschreibung

Der BeamMonitor BM+ (siehe Abb. 5.1) ist ein Gerät mit dem die räumliche Leistungsverteilung im Rohstrahl von Hochleistungs-CO₂- oder NIR-Lasern gemessen werden kann. Als Messergebnis erhält man den Strahlradius, die Strahlposition und ein Profil der Leistungsdichteverteilung.

Der BeamMonitor BM+ verwendet ein abtastendes Messverfahren. Die Größe der Apertur ist den Abmessungen des Rohstrahles angepasst. Wegen des Angebots von verschiedenen Detektoren mit variierenden Empfindlichkeiten, kann mit dem BeamMonitor BM+ in einem großen Wellenlängen- und Leistungsbereich gearbeitet werden.

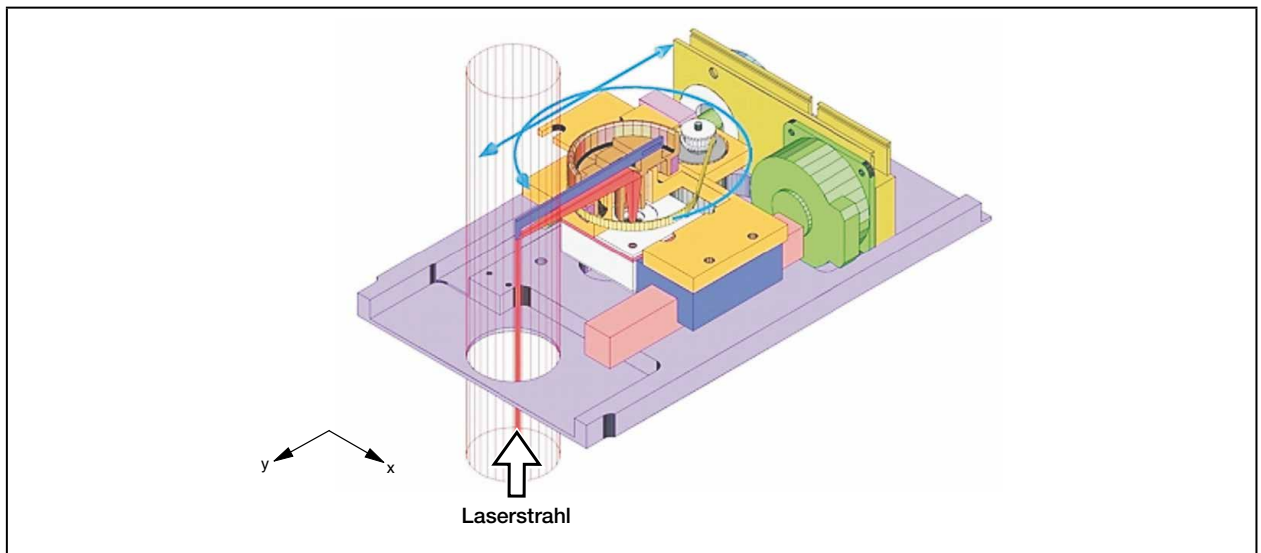


Abb. 5.1: Optomechanischer Aufbau des BM+

6 Bedingungen am Einbauort

- Das Messgerät darf nicht in kondensierender Atmosphäre betrieben werden.
- Die Umgebungsluft muss frei sein von organischen Gasen.
- Schützen Sie das Gerät vor Spritzwasser und Staub.
- Betreiben Sie das Messgerät nur in geschlossenen Räumen.



GEFAHR

Brand- und Explosionsgefahr durch Laserstrahlung

Im Messbetrieb entsteht Streustrahlung.

- ▶ **Lagern Sie keine brennbaren Materialien oder leicht entzündlichen Stoffe am Messort.**

7 Montage

7.1 Vorbereitung

Das Messgerät muss stabil aufgestellt und mit Schrauben befestigt sein (siehe Kapitel 7.4 auf Seite 15).



GEFAHR

Brandgefahr; Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Der Laserstrahl muss nach dem Passieren des Messgerätes vollständig absorbiert werden. Schamottesteine oder andere teilabsorbierende Oberflächen sind ungeeignet!

- ▶ **Verwenden Sie einen geeigneten Absorber. PRIMES bietet, je nach Anwendung, passende Absorber an, z. B. den PowerMonitor.**

7.2 Einbaulage

Der BeamMonitor BM+ kann horizontal oder vertikal eingebaut werden.

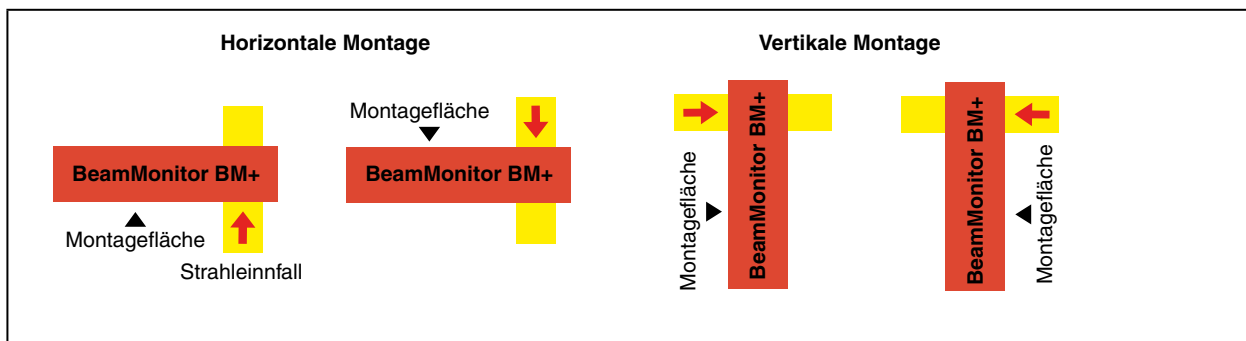


Abb. 7.1: Einbaumöglichkeiten des BeamMonitor BM+

7.3 Ausrichten

Der BeamMonitor BM+ muss richtig positioniert und stabil aufgestellt werden. Der Strahl muss die Messapertur senkrecht mittig treffen.



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Ist das Verhältnis von Laserstrahldurchmesser zum Aperturdurchmesser zu groß, kann im Messbetrieb Streustrahlung entstehen.

- ▶ **Der Laserstrahldurchmesser darf das 0,7-fache des Aperturdurchmessers nicht überschreiten.**

Wir empfehlen, besonders bei Strahlen hoher Strahlqualität, kleiner 0,6 zu bleiben. Anderenfalls sind Verfälschungen der Messergebnisse durch Abschneiden von Randfeldern zu erwarten. Insbesondere bei der Radiusbestimmung nach der 2. Momente-Methode sind Probleme möglich. Außerdem besteht die Gefahr, dass sich das Gehäuse aufheizt.

7.4 Befestigen



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Wird das Messgerät aus der eingemessenen Position bewegt, kann im Messbetrieb vermehrt Streustrahlung entstehen.

- ▶ Befestigen Sie das Gerät so, dass es durch unbeabsichtigtes Anstoßen oder Zug an den Kabeln nicht bewegt werden kann.

ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Durch zu lange Schrauben können innenliegende Bauteile beschädigt werden.

- ▶ Die maximale Einschraubtiefe in das Gerätegehäuse beträgt 10 mm.

In der Montagefläche des Gehäuses befinden sich vier Gewindebohrungen M6 für die Befestigung auf einer kundenseitigen Halterung. Befestigen Sie das Gehäuse mit mindestens 4 Schrauben.

Die Gesamtlänge der Schrauben ist von den Dimensionen der kundenseitigen Halterung abhängig.

Die bemaßte Anordnung der Befestigungsbohrungen finden Sie in Kapitel 21 auf Seite 75.

8 Elektrischer Anschluss

Der BeamMonitor BM+ benötigt für den Betrieb eine Versorgungsspannung von 24 V±10 % (DC). Ein passendes Netzteil gehört zum Lieferumfang. Benutzen Sie zur Verbindung des Netzteils mit dem lokalen Stromnetz nur das beiliegende Kabel.

Die Daten werden zwischen BeamMonitor BM+ und PC durch die Ethernetverbindung übertragen. An den BeamMonitor BM+ kann über die RS485-Schnittstelle (PRIMES-Bus) ein weiteres Gerät, wie beispielsweise ein PowerMonitor PM, angeschlossen werden. Das Signal des PM wird durch den BeamMonitor BM+ über die Ethernet-Schnittstelle an den PC weitergeleitet. Das zusätzliche Messgerät wird über den BeamMonitor BM+ durch dessen Netzteil elektrisch versorgt.



Bevor Sie den PC über die Ethernet-Schnittstelle anschließen, müssen Sie die LDS Software auf dem Rechner installieren (siehe Kapitel 10.2 auf Seite 21).

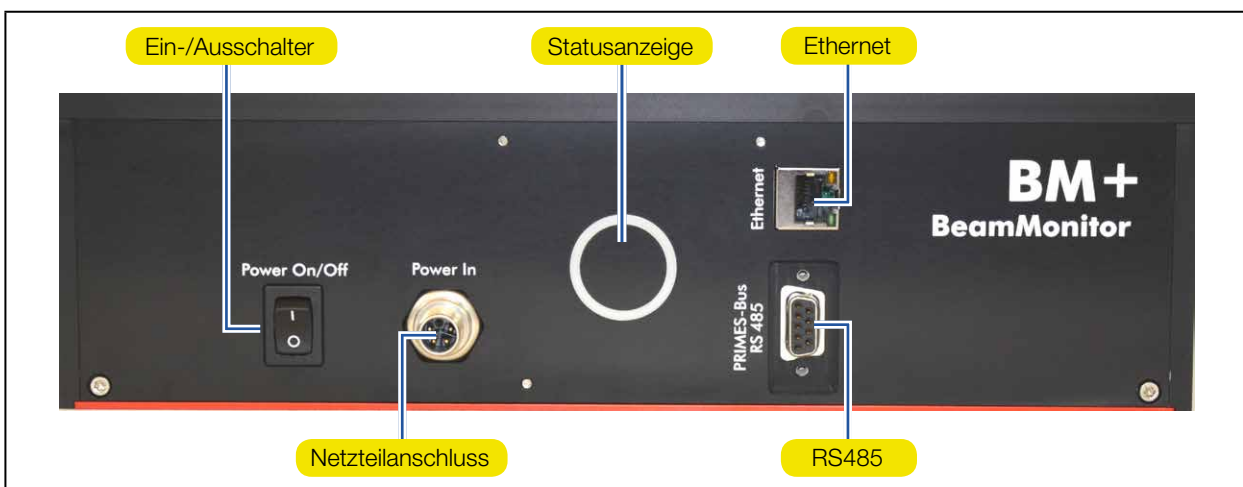
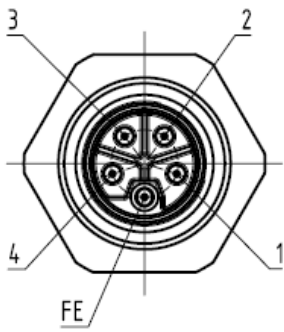


Abb. 8.1: Anschlüsse des BeamMonitor BM+ am Beispiel de BM+ 100



Bitte stellen Sie erst alle elektrischen Verbindungen her und schalten Sie das Gerät ein, bevor Sie die Software starten!

Netzteilanschluss

Harting M12-P-PCB-THR-2PC-5P-LCOD-M-STR		
	Pin	Funktion
	1	+24 V
	2	Nicht belegt
	3	GND
	4	Nicht belegt
	5	FE

Tab. 8.1: Anschlussbuchse für das Netzteil

PRIMES-Bus

Polbild D-Sub-Buchse, 9-polig (Ansicht Steckseite)		
	Pin	Funktion
	1	GND
	2	RS 485 (+)
	3	+24 V
	4	Nicht belegt
	5	Nicht belegt
	6	GND
	7	RS 485 (-)
	8	+24 V
	9	Nicht belegt

Tab. 8.2: D-Submin-Buchse, PRIMES-Bus

Falls Sie selbstkonfektionierte Kabel verwenden möchten, beachten Sie bitte folgendes:

- Die Kabellänge vom Netzteil zum BeamMonitor BM+ darf maximal 1,8 m betragen, da sonst der Spannungsabfall am Kabel zu groß wird.
- Verwenden Sie nur geschirmtes Kabel und beachten Sie, dass die Schirmung durchgängig wirksam ist.
- Die Kabellänge vom BeamMonitor BM+ zum zweiten Gerät (PRIMES-Bus RS485) darf maximal 2 m betragen.

8.1 Anschluss des BeamMonitor BM+ an den PC und die Spannungsversorgung, Beispiel

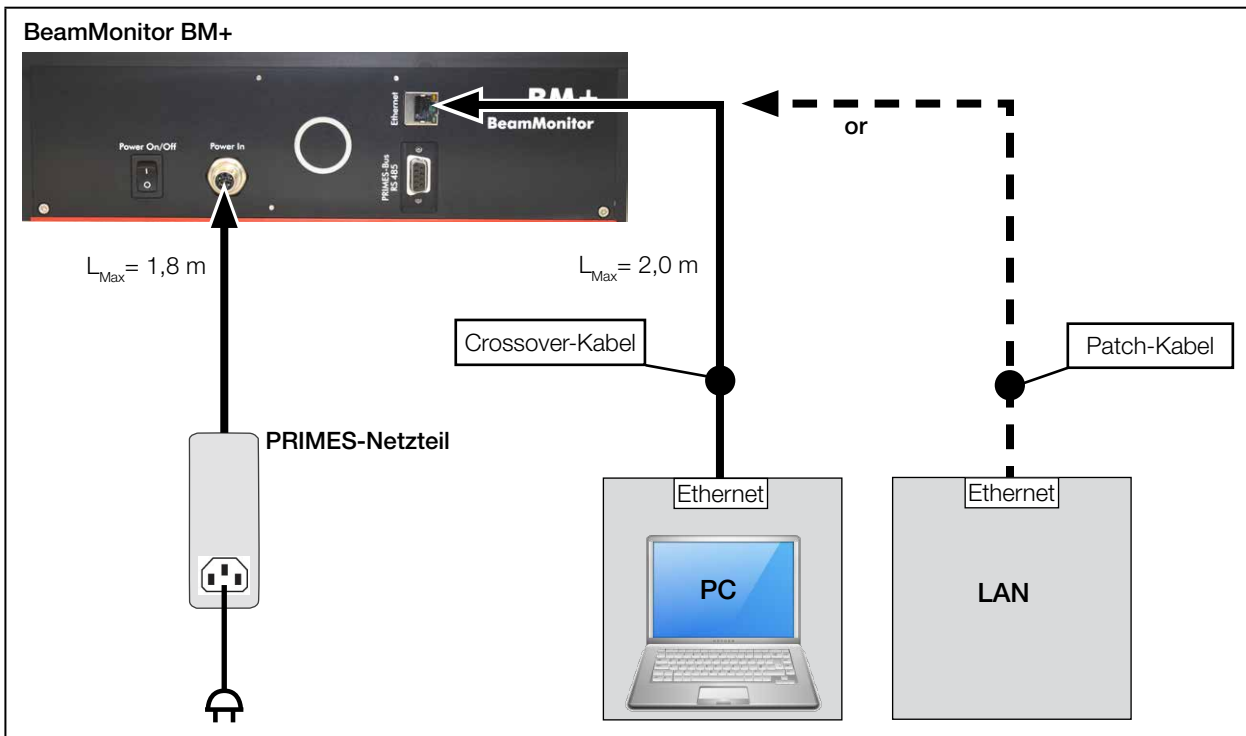


Abb. 8.2: Anschluss des BeamMonitor BM+ am Beispiel des BM+ 100

Verbinden Sie den BeamMonitor BM+ über ein Crossover-Kabel mit dem PC oder über ein Patchkabel mit dem Netzwerk.

8.2 Anschluss des BeamMonitor BM+ mit PowerMonitor an den PC

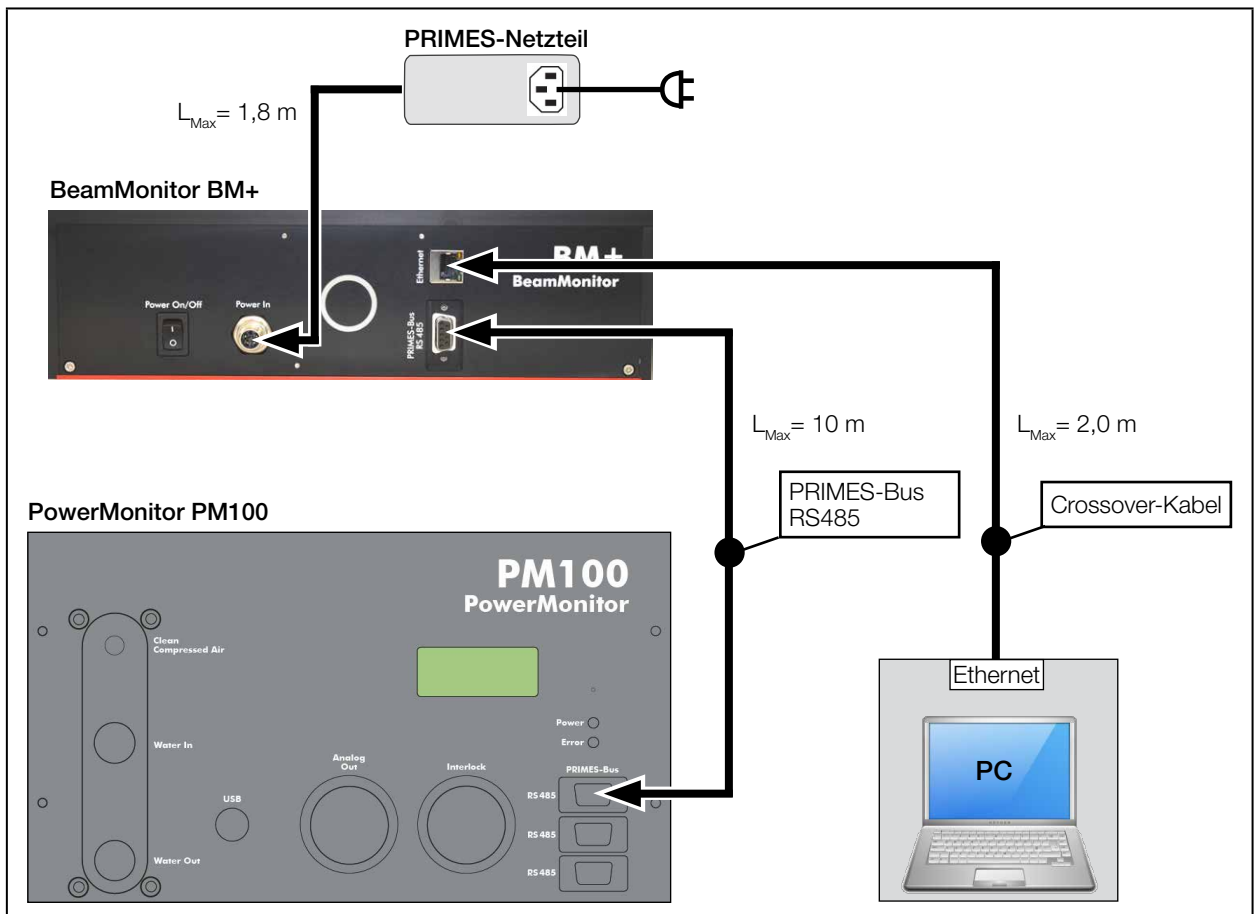


Abb. 8.3: Anschluss des BeamMonitor BM+ am Beispiel des BM+ 100 und PowerMonitor PM 100

i Verwenden Sie bei Anschluss mehrerer Geräte immer nur ein Netzteil für die Spannungsversorgung (typischerweise das Original-PRIMES-Netzteil).

ACHTUNG

Beschädigungsgefahr durch Überspannung

Beim Trennen der elektrischen Leitungen während des Betriebes (bei angelegter Versorgungsspannung) entstehen Spannungsspitzen, welche die Kommunikationsbausteine der Messgeräte zerstören können.

- ▶ Schalten Sie zuerst das Netzteil aus, bevor Sie die Buskabel trennen.

9 Statusanzeige

Die Statusanzeige besteht aus einem Leuchtring, der durch unterschiedliche Farben und statisches oder rotierendes Leuchten verschiedene Zustände des BeamMonitor BM+ anzeigt.


	Farbe	Leuchtzustand	Bedeutung
	Weiß	Der gesamte Ring leuchtet	Versorgungsspannung liegt an.
	Gelb	Rotierendes Leuchten	Die Messspitze rotiert.
	Rot	Rotierendes Leuchten	Die Messspitze rotiert und die y-Achse wird verfahren -> Messung läuft.

Abb. 9.1: Zustände der Statusanzeige

10 Software

Für den Betrieb der Messgeräte muss auf dem PC die „PRIMES-LaserDiagnosticsSoftware“ (LDS) installiert werden. Das Programm befindet sich auf dem mitgelieferten Datenträger.

10.1 Systemvoraussetzungen

Betriebssystem:	Windows® 7/10
Prozessor:	Intel® Pentium® 1 GHz (oder vergleichbarer Prozessor)
Benötigter Festplattenspeicher:	15 MB
Monitor:	19“ Bildschirmdiagonale empfohlen, Auflösung min. 1024x768



Deaktivieren Sie beim Betrieb auf einem Notebook alle Stromsparfunktionen. Anderenfalls können Probleme bei der schnellen seriellen Datenübertragung auftreten.

10.2 Software installieren

Die Software wird menügesteuert von dem mitgelieferten Datenträger installiert. Starten Sie die Installation durch Doppelklick auf die Datei „Setup LDS v.2.98.8.exe“ und folgen Sie den Anweisungen.

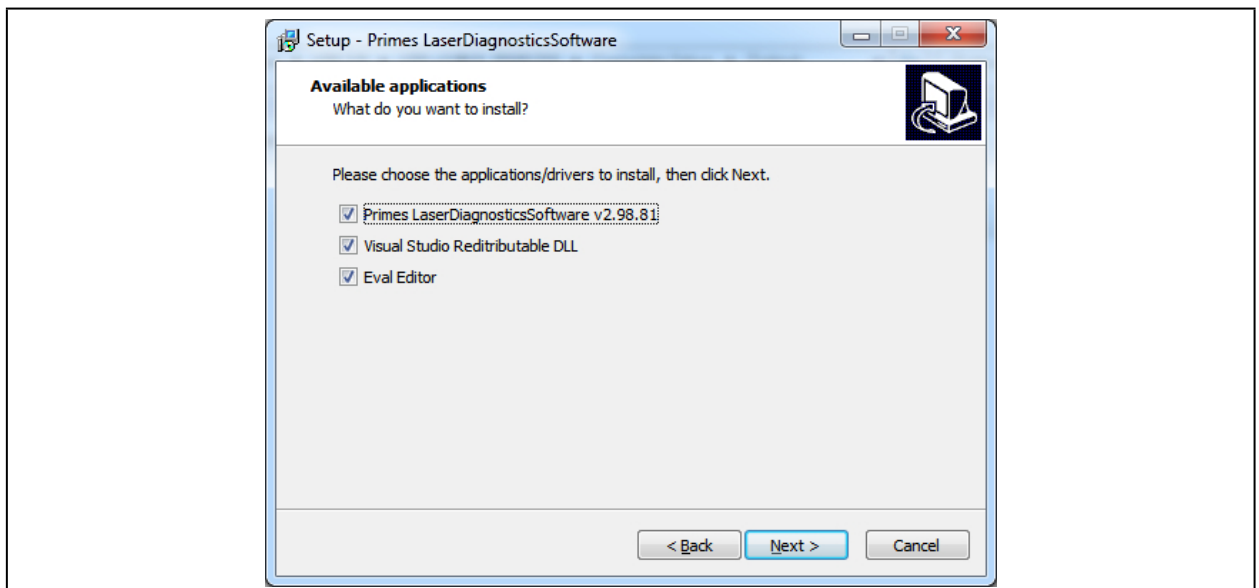


Abb. 10.1: Setup der PRIMES-Software


Die Installationssoftware schreibt das Hauptprogramm „LaserDiagnosticsSoftware.exe“ – falls nicht anders spezifiziert – ins Verzeichnis „Programme/PRIMES/LDS“. Darüber hinaus wird auch die Einstellungsdatei „laserds.ini“ in dieses Verzeichnis kopiert.

In der Datei „laserds.ini“ sind die Einstellungsparameter für das Messgerät hinterlegt.

10.3 Software starten



Starten Sie die Software erst, wenn die Geräte verkabelt und eingeschaltet sind.

Starten Sie das Programm durch einen Doppelklick auf das LDS-Symbol  in der neuen Startmenügruppe oder die Desktopverknüpfung.

10.3.1 Grafische Benutzeroberfläche

Zunächst wird ein Startfenster geöffnet, in dem Sie wählen, ob Sie messen wollen oder lediglich eine bereits vorhandene Messung darstellen möchten (Werkseinstellung „Messen“).

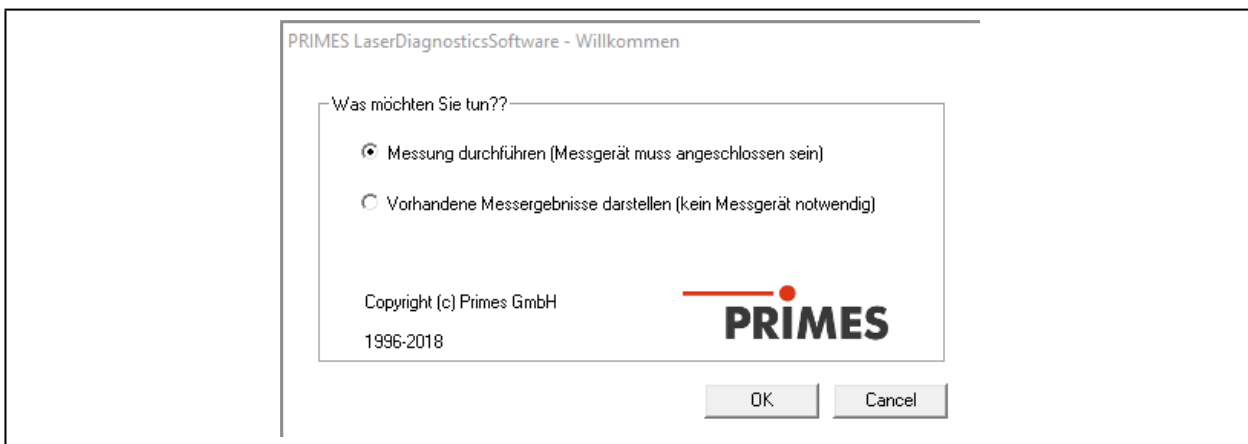


Abb. 10.2: Startfenster der LaserDiagnosticsSoftware

Nachdem das angeschlossene Gerät erkannt worden ist, werden die grafische Benutzeroberfläche und einige wichtige Dialogfenster geöffnet.

Damit Sie die entsprechenden Informationen schnell zuordnen können, werden in den folgenden Kapiteln spezielle Textauszeichnungen für Menüpunkte, Menüpfade und Texte der Bedienoberfläche verwendet.

Textauszeichnung	Beschreibung
Text	Kennzeichnet Menüpunkte. Beispiel: Dialogfenster Sensorparameter
Text1>>Text2	Kennzeichnet die Navigation zu bestimmten Menüpunkten. Die Reihenfolge der Menüs wird durch das Zeichen „>>“ dargestellt. Beispiel: Darstellung>>Übersicht
Text	Kennzeichnet Schaltflächen, Optionen und Felder. Beispiel: Mit der Schaltfläche Start

Die grafische Benutzeroberfläche besteht im Wesentlichen aus einer Menü- und einer Werkzeugleiste, über die Sie verschiedene Dialog- oder Darstellungsfenster aufrufen können.

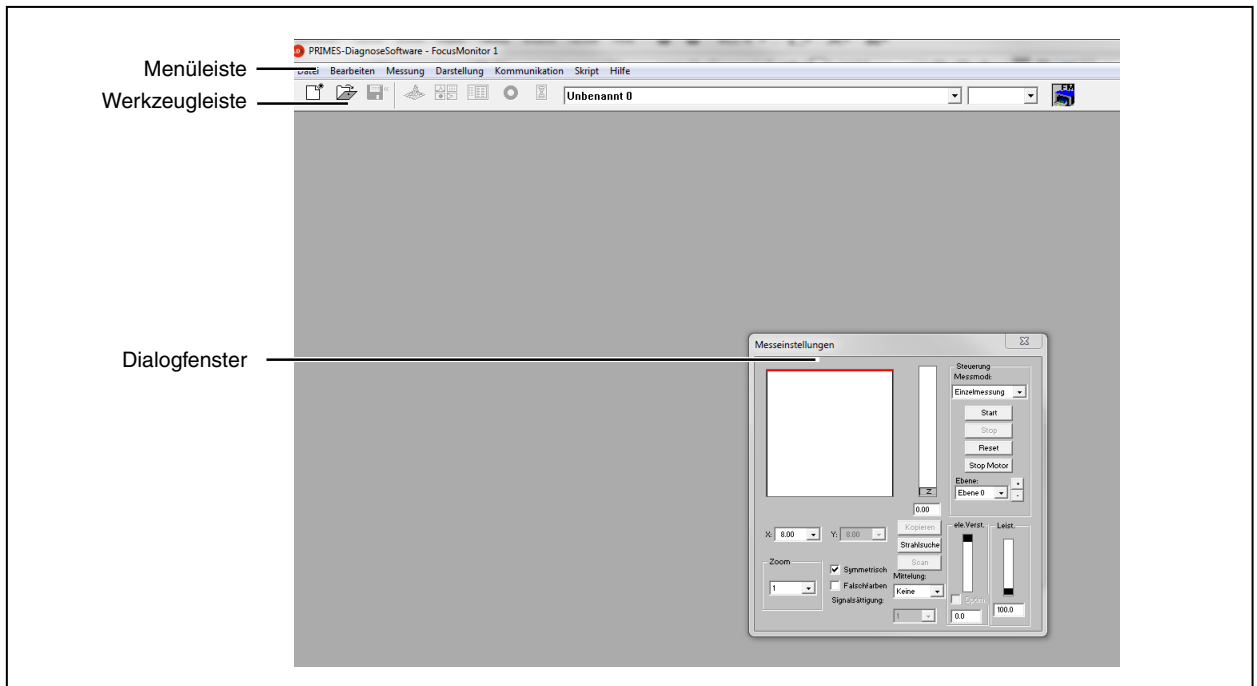


Abb. 10.3: Die wichtigsten Elemente der Benutzeroberfläche

Sie können parallel verschiedene Mess- und Dialogfenster öffnen. Dabei bleiben einige grundsätzlich wichtige Fenster (für das Messen oder die Kommunikation) permanent im Vordergrund. Alle anderen Dialogfenster werden überschrieben, sobald Sie ein neues Fenster öffnen.

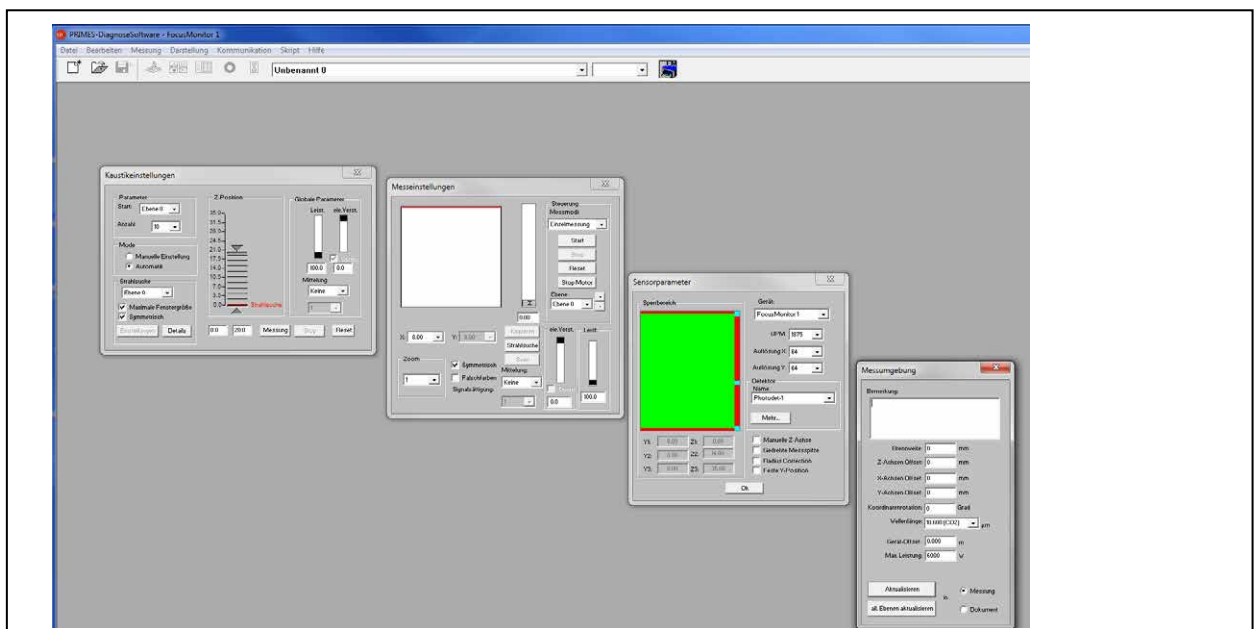
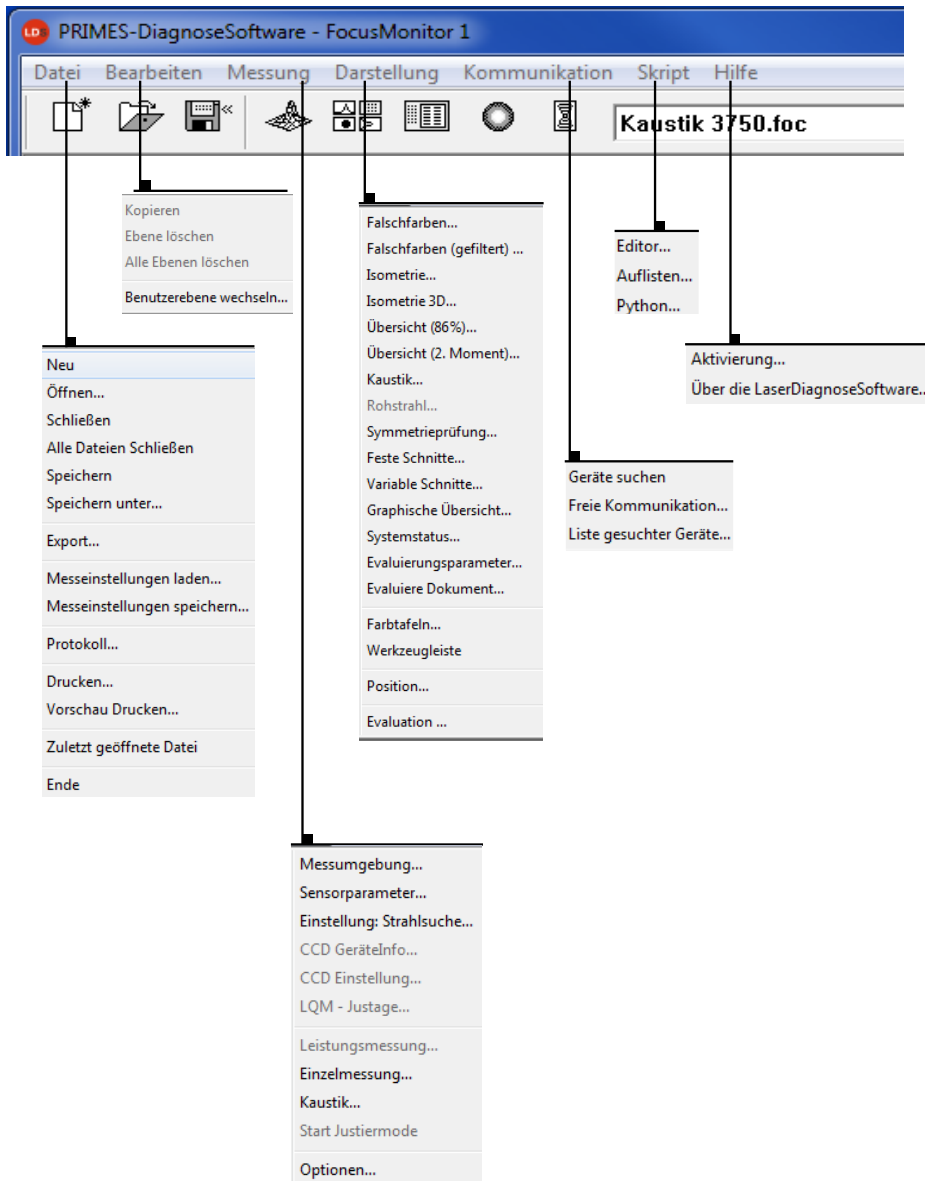


Abb. 10.4: Die wichtigsten Dialogfenster

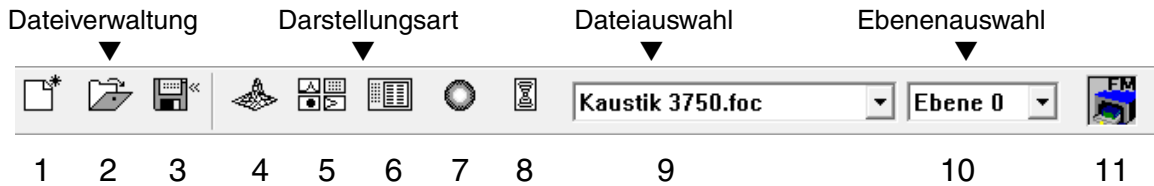
10.3.2 Die Menüleiste

In der Menüleiste öffnen Sie per Mausklick alle Haupt- und Untermenüs, die das Programm bietet.



10.3.3 Die Werkzeugleiste

Durch Anklicken der Symbole in der Werkzeugleiste sind die folgenden Programmenüs unmittelbar zu erreichen.



- 1 - Neuen Datensatz anlegen
- 2 - Existierenden Datensatz öffnen
- 3 - Aktuellen Datensatz speichern
- 4 - Isometriedarstellung des ausgewählten Datensatzes öffnen
- 5 - Variable Schnitte-Darstellung öffnen
- 6 - Übersicht (2. Momente) öffnen
- 7 - Falschfarbendarstellung öffnen
- 8 - Kaustikpräsentation 2D
- 9 - Liste mit allen geöffneten Datensätzen
- 10 - Anzeige der ausgewählten Messebene
- 11 - Anzeige der am Bus verfügbaren Messgeräte über grafische Symbole

Alle Messergebnisse werden immer in das in der Werkzeugleiste ausgewählte Dokument geschrieben. Nur hier angewählte Dokumente können dargestellt werden. Nach dem Öffnen müssen Sie die Datensätze explizit anwählen (siehe auch Kapitel „11.2 Darstellung und Dokumentation der Messergebnisse“ auf Seite 42).



Nur das in der Werkzeugleiste ausgewählte Gerät ist bereit zur Messung.

Beispiel:

Ein BeamMonitor BM+ und ein PowerMonitor sind über den PRIMES-Bus miteinander verbunden. Beide Geräte werden eingeschaltet und die LaserDiagnosticsSoftware gestartet.

Dann wird das Symbol des zuerst am Bus gefundenen Gerätes aktiviert, z. B. des BeamMonitor BM+. Für eine Leistungsmessung mit dem PowerMonitor reicht es, auf das Gerätesymbol (PM) in der Werkzeugleiste zu klicken. Dann können Sie unter **Messung>>Leistungsmessung** die Leistungsmessung aktivieren.

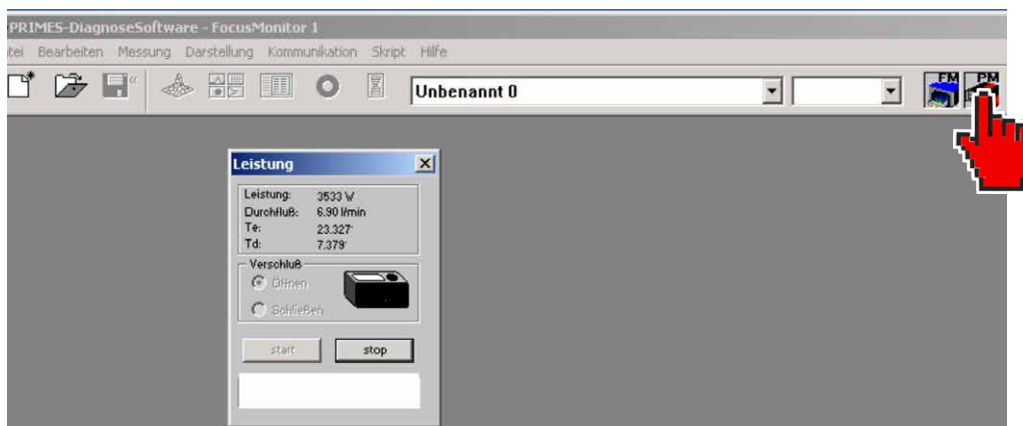


Abb. 10.5: Aktivieren des PowerMonitor für eine Leistungsmessung

10.3.4 Menü-Übersicht

Datei

Neu	Öffnet eine neue Datei für die Messdaten.
Öffnen	Öffnet eine Messdatei mit den Erweiterungen '.foc' oder '.mdf'.
Schließen	Schließt die Datei, die in der Werkzeugleiste ausgewählt ist.
Alle Dateien schließen	Schließt alle geöffneten Dateien.
Speichern	Speichert die aktuelle Datei im foc- oder mdf-Format.
Speichern unter	Öffnet das Menü zur Speicherung der Daten, die in der Werkzeugleiste ausgewählt sind. Nur Dateien mit den Erweiterungen '.foc' oder '.mdf' können zuverlässig wieder eingelesen werden.
Export	Exportiert die aktuelle Datei im Protokoll-Format ".xls" und ".pkl".
Messeinstellungen laden	Öffnet eine Datei mit Messeinstellungen mit der Erweiterung ".ptx".
Messeinstellungen speichern	Öffnet das Menü zum Speichern der Einstellungen des letzten Programmlaufs. Nur Dateien mit der Erweiterung ".ptx" können geöffnet werden.
Protokoll	Startet ein Protokoll der numerischen Ergebnisse. Sie können wahlweise in eine Datei oder eine Datenbank geschrieben werden.
Drucken	Öffnet das Standard-Druckmenü.
Vorschau Drucken	Zeigt die Druckvorschau.
Zuletzt geöffnete Datei	Zeigt die zuvor geöffnete Datei an.
Ende	Beendet das Programm.

Bearbeiten

Kopieren	Kopiert das aktuelle Fenster in die Zwischenablage.
Ebene löschen	Löscht die Daten aus der in der Werkzeugleiste angewählten Ebene.
Alle Ebenen löschen	Löscht alle Daten aus der in der Werkzeugleiste angewählten Datei.
Benutzerebene wechseln...	Durch Eingabe eines Passwortes wird eine andere Benutzerebene aktiviert.

Messung

Messumgebung	Hier können verschiedene Systemparameter eingegeben werden, zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> - Referenzwert für die Laserleistung - Brennweite - Wellenlänge - Bemerkungen
Sensorparameter	Folgenden Geräteparameter können hier z. B. eingestellt werden: <ul style="list-style-type: none"> - die räumliche Auflösung - die mechanischen Bewegungsgrenzen in z-Richtung - Auswahl eines der am Bus angeschlossenen Messgeräte - die manuelle Einstellung der z-Achse
LQM-Justage	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant
Einstellung Strahlsuche	Einstellungen der Parameter für die Strahlsuche. Nur für BeamMonitor BM+ relevant.
CCD Geräte-Info	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant
CCD Einstellungen	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant
Leistungsmessung	Öffnet das Messfenster Leistungsmessung.
Einzelmessung	Dieser Menüpunkt ermöglicht den Start von Einzelmessungen, des Monitorbetriebes und dem Videomode.
Kaustik...	Ermöglicht den Start einer Kaustikvermessung. Sowohl automatische Messungen als auch Serienmessungen manuell eingestellter Parameter sind möglich. Die automatische Messung beginnt mit einer Strahlsuche und durchläuft dann selbständig den gesamten Messablauf. Lediglich der zu untersuchende z-Bereich sowie die Zahl der gewünschten Messebenen müssen eingegeben werden.

Start Justiermode	Startet einen speziellen Monitorbetrieb optimiert zum Einsatz des BeamMonitor BM+ bei der Justage von Laserresonatoren.
Optionen	Ermöglicht die Einstellung von speziellen Geräteparametern (nur für erfahrene Anwender).
Darstellung	
Falschfarben...	Falschfarbendarstellung der räumlichen Leistungsdichteverteilung.
Falschfarben (gefiltert)...	Anwendung einer räumlichen Filterung (Spline-Funktion) auf die Falschfarbendarstellung der Leistungsdichteverteilung.
Isometrie...	3-dimensionale Darstellung der räumlichen Leistungsdichteverteilung.
Isometrie 3D	Erlaubt 3D-Ansicht von Kaustik und Leistungsdichteverteilung mit räumlicher Drehung sowie eine optionale Isophotendarstellung.
Übersicht (86%)...	Numerischer Übersicht der Messergebnisse in den verschiedenen Ebenen basierend auf der 86 % Strahlradiusdefinition.
Übersicht (2. Moment)...	Numerischer Übersicht der Messergebnisse in den verschiedenen Ebenen basierend auf der 2. Momenten Strahlradiusdefinition.
Kaustik...	Ergebnisse der Kaustikvermessung und die Resultate des Kaustikfits - wie Strahlpropagationsfaktor K, Fokusslage und Fokusradius.
Rohstrahl...	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.
Symmetrieprüfung...	Analysewerkzeug zur Prüfung der Strahlsymmetrie besonders für die Justage von Laserresonatoren. Kein Standardfeature der Geräte.
Feste Schnitte...	Darstellung der räumlichen Leistungsdichteverteilung mit festen Schnittlinien bei 6 unterschiedlichen Leistungsniveaus.
Variable Schnitte...	Darstellung der räumlichen Leistungsdichteverteilung mit frei wählbaren Schnittlinien.
Graphische Übersicht...	Ermöglicht eine Auswahl graphischer Darstellungen - unter anderem des Radius, der x - und y - Position über der z-Position oder der Zeit.
Systemstatus	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.
Evaluierungsparameter	Laden gespeicherter Evaluierungsparameter.
Farbtafeln...	Verschiedene Farbtabellen sind verfügbar um z. B. Beugungsphänomene detailliert analysieren zu können.
Werkzeugeleiste	Zum Anzeigen oder Ausblenden der Werkzeugeleiste.
Position	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.
Evaluation	Vergleich der Messergebnisse mit festgelegten Grenzwerten und Bewertung (Option).
Kommunikation	
Geräte suchen	Das System sucht den Bus nach den verschiedenen Geräteadressen ab. Das ist notwendig, wenn die Gerätekonfiguration am PRIMES-Bus nach dem Starten der Software geändert wurde.
Freie Kommunikation	Darstellung der Kommunikation auf dem PRIMES-Bus.
Liste gesuchter Geräte	Listet die Geräteadressen der einzelnen PRIMES-Geräte auf, die gesucht werden.
Skript	
Editor	Öffnet den Skriptgenerator, ein Werkzeug, um komplexe Messabläufe automatisch zu steuern (mit von PRIMES entwickelten Skriptsprache).
Auflisten	Zeigt eine Liste der geöffneten Fenster an.
Python	Öffnet den Skriptgenerator, um komplexe Messabläufe automatisch zu steuern (mit Skriptsprache Python).
Hilfe	
Aktivierung	Ermöglicht die Freischaltung von Sonderfunktionen.
Über die Laser DiagnosticsSoftware	Liefert Informationen über die Softwareversion.

10.1 Ethernetverbindung einrichten



Der BeamMonitor BM+ hat eine feste IP-Adresse die auf dem Typenschild angegeben ist. Wird der BeamMonitor BM+ mit Spannung versorgt, bevor das Netzwerk angeschlossen ist, wird die statische IP-Adresse verwendet.

Der PC muss ebenfalls eine feste IP-Adresse im gleichen Subnet haben, z. B. :

IP-Adresse: 192.168.116.80
Subnetzmaske: 255.255.255.0

Die ersten drei Blöcke der IP-Adresse müssen mit der IP des BeamMonitor BM+ übereinstimmen!

The image shows a Windows dialog box titled "Eigenschaften von Internetprotokoll (TCP/IP)" with the "Allgemein" tab selected. The "Folgende IP-Adresse verwenden:" option is selected, and the IP address is set to "192 . 168 . 116 . 80" and the subnet mask to "255 . 255 . 255 . 0". Below this, the "Folgende DNS-Serveradressen verwenden:" option is also selected, with both preferred and alternative DNS servers set to ". . .".

Below the dialog box is a label titled "Typenschild BeamMonitor BM+" with the PRIMES logo. The label contains the following information:

Type	BeamMonitor
	BM +
S/N	8285
Built	2017
MAC-Address	00 03 F4 07 6C E3
IP-Address	DHCP enabled
Static IP-Address	192.168.116.84

A dashed yellow and black arrow points from the "Static IP-Address" field on the label to the IP address field in the dialog box.

10.1.1 Verbindung zum PC aufbauen

1. Starten Sie die Primes LaserDiagnosticsSoftware.
2. Öffnen Sie das Menü **Kommunikation>>Freie Kommunikation**.
3. Wählen Sie den Mode "TCP" aus (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
4. Geben Sie im Feld "TCP" die IP-Adresse Ihres Gerätes ein.
5. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Verbinden" (im Busmonitor erscheint "Connected").
6. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Speichern" (die Konfiguration wird gespeichert und muss beim Neustart der Software nicht erneut eingegeben werden).

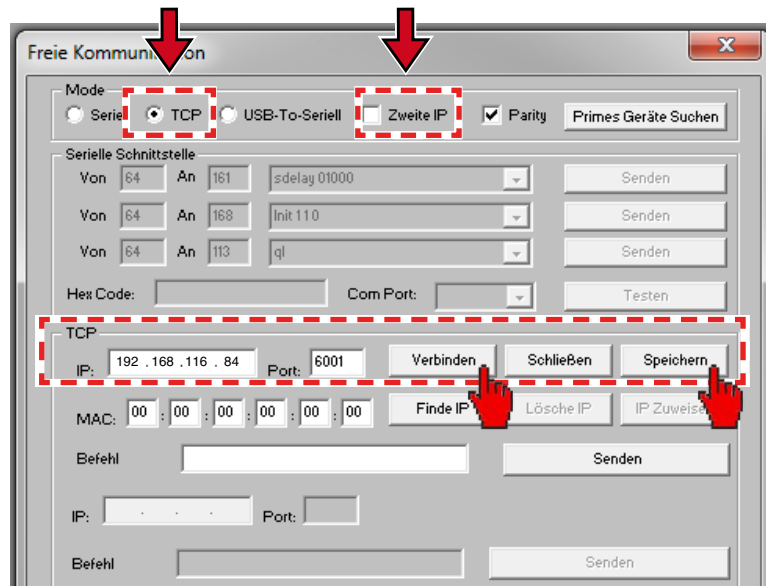


Abb. 10.6: Verbindung aufbauen im Menü **Freie Kommunikation**

10.1.2 IP-Adresse ändern

Sie können die voreingestellte IP-Adresse des Gerätes mit folgenden Befehlen im Menü **Kommunikation>>Freie Kommunikation** ändern:

IP-Adresse (Beispieladresse)	192.	168.	116.	84
	↑	↑	↑	↑
Befehle	se0328 *xyz	se0329 *xyz	se0330 *xyz	se0331 *xyz

xyz sind hierbei Platzhalter für die IP-Adressbytes (Wertebereich 1-255), diese müssen immer dreistellig eingegeben werden!

Die Zahl 84 ist mit 084 einzugeben.
Das Symbol * steht der Eindeutigkeit wegen für ein Leerzeichen.

Beispiel: Sie möchten die IP-Adresse von 192.168.116.84 auf 192.168.116.86 ändern.

1. Starten Sie die Primes LaserDiagnosticsSoftware.
2. Öffnen Sie das Menü **Kommunikation>>Freie Kommunikation**.
3. Wählen Sie den Mode "TCP" aus (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
4. Geben Sie im Feld "TCP" die IP-Adresse Ihres Gerätes ein.
5. Klicken Sie auf die Schaltfläche "Verbinden" (im Busmonitor erscheint "Connected").

6. Aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Bus-Protokoll schreiben** (das Protokoll kann beim Auftreten von Problemen sehr nützlich sein).
7. Geben Sie im Eingabefeld **Befehl** folgendes Kommando ein (bitte beachten Sie unbedingt die korrekte Eingabe des Leerzeichens *****):

se0331*086

8. Klicken Sie auf **Senden** und warten Sie die Bestätigung im Busmonitor ab (in Abb. 10.7 „-> Adr:0331 Wert: 086“)
9. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein. Nach diesem Neustart ist die IP-Adresse aktualisiert.

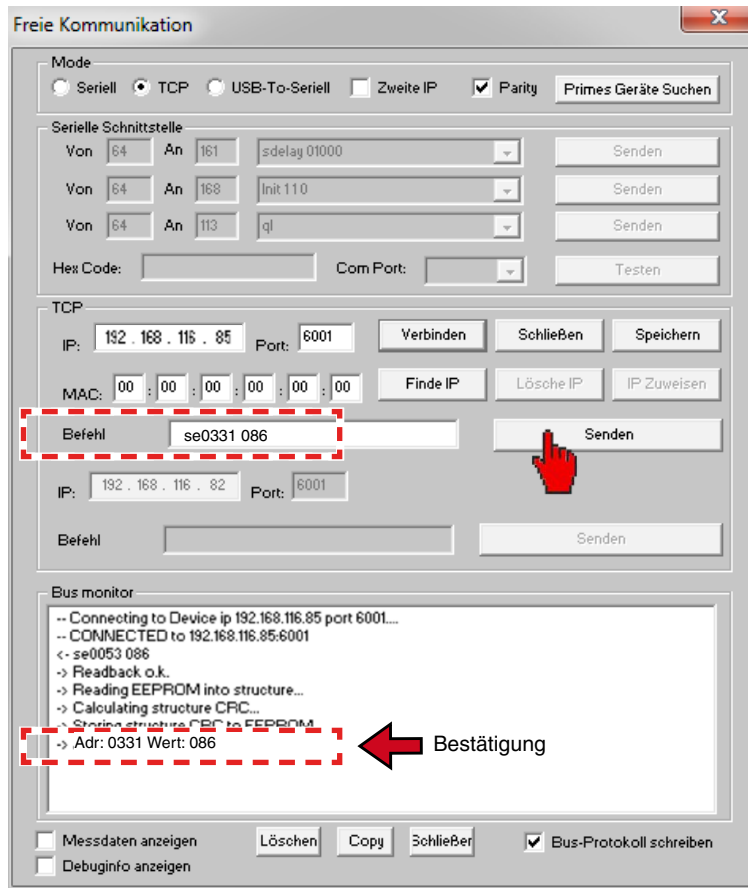


Abb. 10.7: Ändern der IP-Adresse im Menü **Freie Kommunikation**

11 Softwarefunktionen im Detail

Die LaserDiagnosticsSoftware LDS ist die Steuerzentrale für PRIMES-Messgeräte, die Strahlverteilungen oder Fokusgeometrien vermessen und daraus die Strahlpropagationseigenschaften ermitteln. Die LDS steuert die Messungen und liefert die Messergebnisse grafisch aufbereitet zurück. Darüber hinaus wird aus den Messdaten die Messung bewertet, um Ihnen Hinweise auf die Zuverlässigkeit des Messergebnisses zu geben.

11.1 Einstellungen

Da die LDS multifunktional für alle PRIMES-Geräte konzipiert ist, sind vor dem Messen einige gerätespezifische Einstellungen vorzunehmen. Ebenso ist die kundenseitige Anlagen- und Strahlgeometrie zu berücksichtigen.

11.1.1 Sensorparameter

Sperrbereich

Die Einstellung der mechanischen Begrenzungen (Sperrbereich) ist für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.

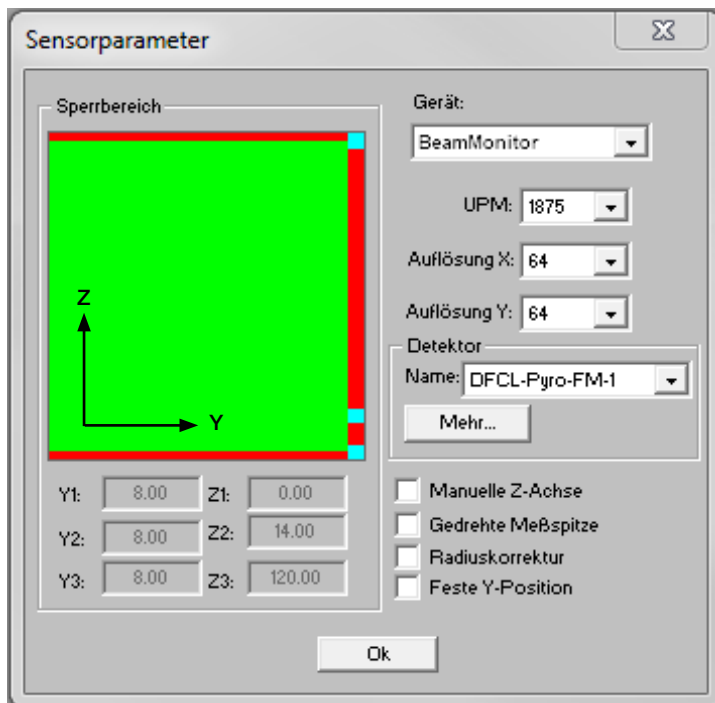


Abb. 11.1: Dialogfenster *Sensorparameter*

Detektortyp	Laser	Sensorart	Verstärkung	Wellenlängenbereich in µm
DBC+	CO ₂	Pyroelektrischer-Detektor	1	9 – 12
DBY-PS+	NIR/ VIS	Photodiode	Automatische Anpassung der Empfindlichkeit	0,4 – 1,1
DBIG-PS+	NIR	Photodiode	Automatische Anpassung der Empfindlichkeit	0,9 – 1,7

Tab. 11.1: Detektorauswahl

Gerät

Über diesen Eintrag wählen Sie das Gerät aus, das bedient werden soll. Je nach Anzahl der angeschlossenen Geräte werden zusätzlich Geräturnummern vergeben.

UPM (Einstellen der Rotationsgeschwindigkeit)

Die Rotationsgeschwindigkeit des BeamMonitor BM+ kann nicht verändert werden.

Auflösung

Mögliche Einstellungen:

- 32 x 32 bis 1024 x 1024

In der Regel sind 128 Bildpunkte pro Zeile bei insgesamt 128 Zeilen ausreichend. Die Auflösung in y-Richtung gibt die Anzahl der Zeilen vor und die Auflösung in x-Richtung die Anzahl der Abtastpunkte pro Zeile. Die Messzeit vergrößert sich, wenn die Anzahl der Messspuren steigt. Bei 128 x 128 Bildpunkten liegt der minimale zeitliche Abstand zweier Messungen bei 8 bis 9 Sekunden.

Die Zeit für den Datentransfer hängt von der Datenmenge und der Schnittstelle ab. Die Datenmenge steigt mit höherer Auflösung. Die Leistung des PCs beeinflusst ebenfalls die Datentransferzeit.

Detektor

Achten Sie auf die Auswahl des korrekten Detektors, sollten Sie sich unschlüssig sein orientieren Sie sich an der Beschriftung des Detektors.

Manuelle Z-Achse

Aktivieren Sie diese Option, wenn die z-Position der Messebene über eine externe z-Achse verfahren wird. Geben Sie in diesem Fall die z-Werte für jede Ebene manuell im Menü **Messeinstellungen >> Einzelmessung** ein, die Software führt auf Basis der ermittelten Strahlradien und der z-Werte eine Kaustikauswertung durch. So kann z. B. auch der Strahlpropagationsfaktor aus den Messdaten des unfokussierten Strahls in verschiedenen Abständen von der Strahlquelle bestimmt werden.

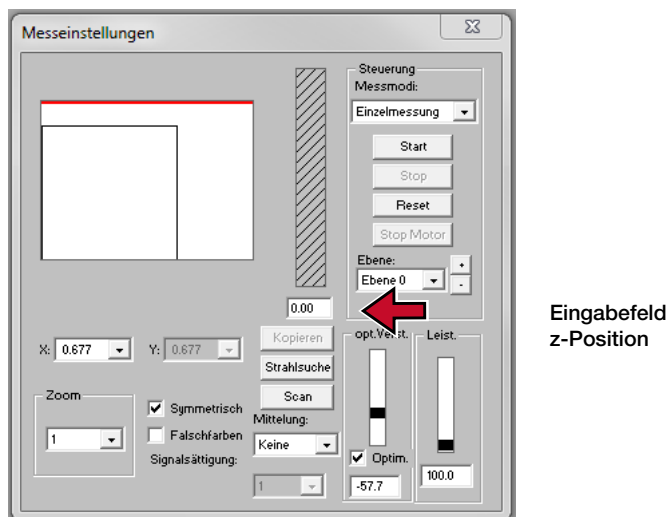


Abb. 11.2: Numerische Eingabe der z-Position

Gedrehte Messspitze

Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant, diese Funktion darf beim BeamMonitor BM+ nicht aktiviert werden.

Radiuskorrektur

Schalten Sie die Radiuskorrektur ein beim Vermessen von rechteckigen oder linienförmigen Laserstrahlen. Diese Option kompensiert die Krümmung der Abtastspuren.

11.1.1 Messumgebung (Menü *Messung*>>*Umgebung*)

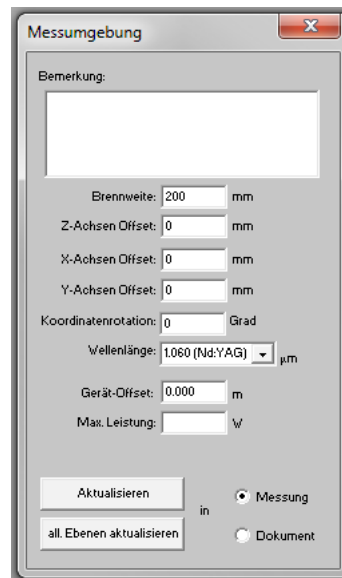


Abb. 11.3: Dialogfenster *Messumgebung*

Im Dialogfenster *Messumgebung* können Sie Daten wie den Lasertyp, Informationen über die Fokussieroptik usw. speichern (das Eingabefeld *Gerätoffset* ist für den BeamMonitor BM+ nicht relevant). Diese Daten können unter *Darstellung*>>*Übersicht* gelesen werden.



In das Kommentarfeld dürfen Sie das Zeichen '#' nicht eingeben. Dieses Zeichen wird in der Software als Trennzeichen verwendet. Wird es im Kommentarfeld eingesetzt, können Probleme beim Speichern und Wiederlesen von Messdaten auftreten.

Einen Zeilenwechsel im Kommentarfeld erzwingen Sie mit der Tastenkombination:

<Strg> + <Eingabe>

Die Eingabe der Leistung ist ein Bezugswert für die relative Leistungsstellung im Menüpunkt *Einzelmessung* oder *Kaustikmessung*. Die Angabe der Brennweite ist relevant für die Auswertung von Kaustikmessungen. Aus dem Kaustikverlauf und der eingetragenen Brennweite wird auf den Rohstrahldurchmesser auf der Fokussieroptik zurückgerechnet.

Weiterhin können Sie einen z-Achsen-Offset sowie Koordinatendrehwinkel eingeben.

Die Wellenlänge bildet die Basis für die korrekte Bestimmung der Beugungsmaßzahl. Wählbar sind

- 10,6 µm für die CO₂ - Laserstrahlung
- 1,06 µm für Nd:YAG - Laserstrahlung
- 0,632 µm für HeNe - Laserstrahlung.

Sie können einen µm-Wert auch numerisch eingeben.

Die Einträge können Sie auch nach einer Messung mit der Schaltfläche *Aktualisieren* noch verändern. Mit *In allen Ebenen aktualisieren* werden die eingegebenen Werte in allen Ebenen eingefügt und verrechnet, während bei *Aktualisieren* die Werte nur in der aktuellen Ebene verarbeitet werden.

11.1.1 Strahlsuche (Menü *Messung*>>*Einstellung:Strahlsuche*)

Hier werden die Parameter für die automatische Strahlsuche festgelegt. Die Voreinstellung ist für die üblichen Anwendungen geeignet.



Abb. 11.4: Dialogfenster *Einstellungen*

Die Strahlsucheparameter stellen Sie ein über:

Punkt X, Punkt Y

Die Auswahl der räumlichen Auflösung. Bei sehr kleinen Strahlen kann es mit 64 x 64 Bildpunkten im 8 mm x 8 mm Fenster zu Suchproblemen kommen, da der Pixelabstand dabei etwa 120 µm beträgt. In diesem Fall empfehlen wir, die Auflösung zu vergrößern.

Trigger

Die Schwellenschwelle (Trigger) ist abhängig vom Nullniveau des Messsystems.

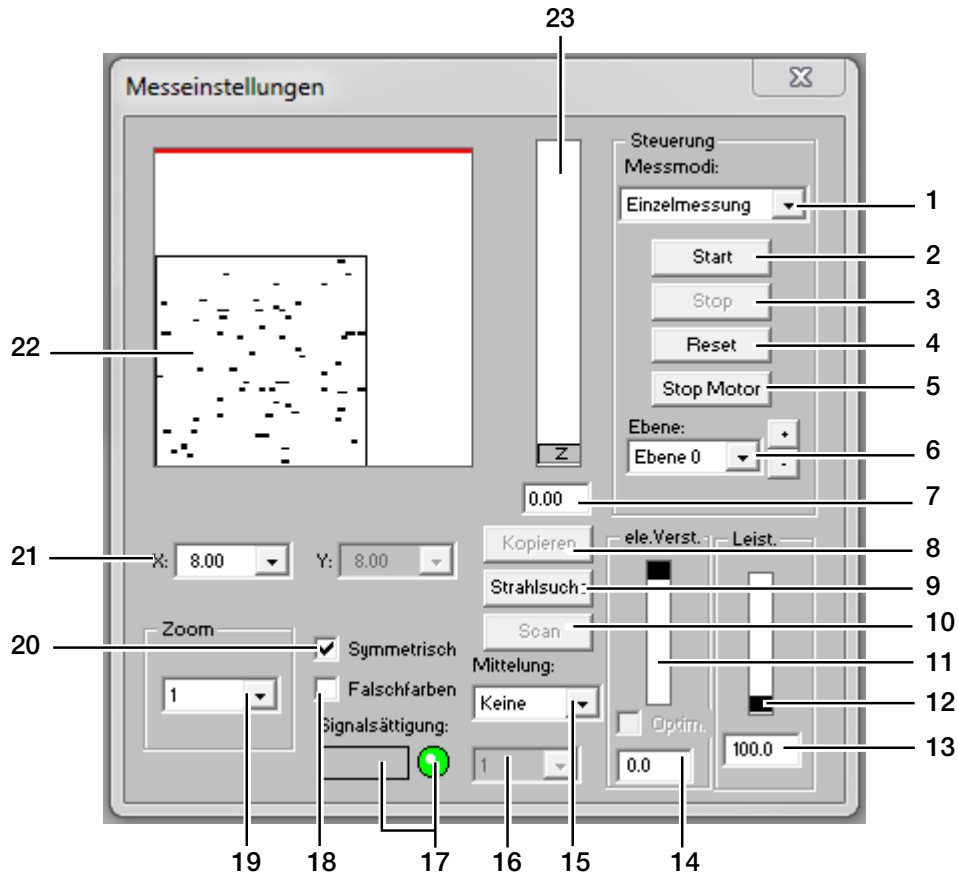
Prozent

Der Prozentwert gibt an, um wieviel das Signal das Nullniveau überschreiten muss, um als Strahl erkannt zu werden. Diese Größe wird durch das Signal/Rauschverhältnis des Detektors bestimmt.

Messfenster Faktor

Der Messfenster-Faktor bestimmt die Größe des Messfensters bei der Strahlsuche. Der Faktor gibt an, um wievielfach größer das Messfenster im Verhältnis zum Strahldurchmesser gewählt wird.

11.1.1 Einzelmessung (Menü *Messung*>>*Einzelmessung*)



1	Einzelmessung Monitor LineScan (Option)	Einzelmessung in der ausgewählten Ebene Wiederholende Messungen in der ausgewählten Ebene Messen einer Einzelspur bei fester y-Achse
2	Start	Startet eine Messung in der aktuell ausgewählte Ebene
3	Stop	Beendet die Messung in der aktuell ausgewählte Ebene
4	Reset	Das Messgerät wird zurückgesetzt
5	Stop Motor	Stoppt die rotierende Messspitze, nachdem die Messung beendet ist.
6	Ebene	Auswahl der Messebene (0-49) explizit oder über die Schaltflächen (+/-)
7	Eingabefeld z	Numerische Eingabe der z-Position (für den BeamMonitor BM+ nicht relevant)
8	Kopieren	Kopiert alle Einstellungen (Fenstergröße und -position; x, y, z; usw.) von vorheriger Ebene in die aktuelle Ebene (z. B. 1>>2)
9	Strahlsuche	Startet automatische Strahlsuche in aktueller Messebene
10	Scan	Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant
11	ele. Verst.	Schieberegler zum Einstellen der elektrischen Verstärkung
12	Leist.	Schieberegler zum Einstellen der Laserleistung
13	Eingabefeld Leist.	Numerische Eingabe der Laserleistung
14	Eingabefeld Verst.	Numerische Eingabe der elektrischen Verstärkung
15	Mittelung	Analyse von Serienmessungen. Mittelungsalgorithmen: Mittelwert, Werte des maximalen Pixels und Wert der maximalen Spur
16	Mittelung	Wählbare Anzahl (1-50) von Einzelmessungen für die Mittelung
17	LED-Symbol und Balkenanzeige	Anzeige für den Grad der Signalsättigung (LED grün=10, rot=100)
18	Falschfarben	Aktiviert die Option Falschfarbendarstellung
19	Zoom	Vergrößerungseinstellung für das Messfenster
20	Symmetrisch	Diese Option erzwingt die Verwendung quadratischer Messfenster, deren Größe allein über x einstellbar ist
21	X/Y	Einstellen der Messfenstergröße, insbesondere für nicht quadratische Fenster.
22	Anzeigefeld	Messfenster zeigt das aktuelle Messergebnis
23	Z	Schieberegler zum Einstellen der z-Position

Mit diesem Dialogfenster können Sie Einzelmessungen oder wiederholende Messungen durchführen. Der Messmodus **Monitor** startet eine fortlaufend wiederholende Messung mit aktuellen Einstellungen. Die Wiederholrate ist abhängig von der räumlichen Auflösung und der Drehzahl. Die Messzeit liegt bei 64 x 64 bei etwa 10 Sekunden. Den Monitorbetrieb beenden Sie mit einem Klick auf die Schaltfläche **Abbrechen** im Statusfenster (am rechten unteren Bildschirmrand).



Abb. 11.5: Statusfenster

Die Messfensterposition können Sie manuell oder automatisch einstellen.

Mit der Schaltfläche **Strahlsuche** wird beim BeamMonitor BM+ das Messfenster automatisch eingestellt. Das System sucht dabei nur im Gebiet des aktuell eingestellten Fensters auf der eingestellten z-Position. Danach erscheint das Fenster **Strahlsuche**.

Wird die Strahlsuche erfolgreich abgeschlossen, so wird ein Messfenster mit dem gefundenen Strahl im Messfeld des Einzelmessungsfensters eingeblendet. Die Fenstergröße ist dabei noch nicht optimiert. Mit der Schaltfläche **Start** können Sie dann den Strahl aufnehmen.

Bei der manuellen Strahlsuche können Sie die Lage und die Größe des Messfensters innerhalb der mechanischen Grenzen selbst festlegen. Die Auswahl wird in einem PopUp-Menü getroffen, wo [x] für quadratische bzw. [x] und [y] für rechteckige Messfenster festzulegen ist. Die maximale Größe des Messfensters beträgt beim BeamMonitor BM+ 60 (60 mm x 60 mm) und beim BeamMonitor BM+ 100 (100 mm x 100 mm). Die Lage des Messfensters wird durch Anklicken und Verschieben des Rahmens mit der Maus verändert. Die Zoom-Funktion ermöglicht eine Detailvergrößerung im Messfenster.

Größe des Messfensters

Um die Messfehler zu minimieren, empfehlen wir, die Messfenstergröße so zu wählen, dass der Strahldurchmesser 30 % bis 70 % der Grundseitenlänge des Messfensters entspricht. In jedem Fall muss ein Beschnitt der Verteilung durch den Rand des Messfensters vermieden werden.

Elektrische Verstärkung

Die Leistungsdichteverteilung wird von einem Detektor gemessen. Dessen analoges Ausgangssignal wird verstärkt und anschließend digitalisiert. Es stehen verschiedene Detektoren zur Verfügung (siehe Tab. 15.1 auf Seite 69).

Falls der Detektor übersteuert (rotes LED-Symbol in der Anzeige zur Signalsättigung bzw. ein ADC-Wert von 4095 in der Darstellung **Variable Schnitte**), reduzieren Sie die Verstärkung mit dem Schieberegler „Verst.“ (oder durch numerische Eingabe) und wiederholen Sie die Messung.

Sowohl eine Übersteuerung als auch zu niedrige Verstärkung können zu unsicheren oder falschen Resultaten führen. Wir empfehlen eine Nachregelung der Verstärkung, um korrekte Ergebnisse zu erhalten.

Laserleistung

Die Laserleistung können Sie mit dem Schieberegler einstellen oder numerisch eingeben. Den Referenzwert für die Leistung geben Sie im Dialogfenster **Messung>>Messumgebung** ein. Die Berechnung der Leistungsdichten bezieht sich auf die hier eingestellten Leistungswerte.

Klicken sie auf die Schaltfläche **Start**, um die Messung zu starten.

In eine Messdatei können bis zu 50 Messebenen aufgenommen werden. Das ist relevant für Vermessungen der Strahlkaustik sowie für Zeit- oder Leistungsreihen. Sie können für die Darstellung zwischen den einzelnen Messebenen hin- und herschalten.

Mit der Schaltfläche **Kopieren** können Sie Messeinstellungen (Fenstergröße und -position, Leistung und Verstärkung) aus der jeweils vorhergehenden Messebene übernehmen.

Mit der Option **Mittelung** werden die Ergebnisse von bis zu 50 Einzelmessungen pro Ebene gemittelt. Es stehen verschiedene Analysealgorithmen bereit:

Auswahl	Funktion
Mittelwert	bildet den Mittelwert der gemessenen Verteilungen
Max. Pixel	ermittelt die punktweisen Maxima der gemessenen Verteilungen
Max. Spur	ermittelt die maximalen Spuren der gemessenen Verteilungen

Die Auswahl **Max. Pixel** und **Max. Spur** sind vor allem bei der Untersuchung gepulster Strahlung hilfreich. Die bei **Max. Pixel** bestimmten Radien sind wegen Nullpunktunsicherheiten nicht immer zuverlässig.

Während einer Messung wird ständig der Status des Messsystems angezeigt. Im Einzelnen sind dies:

- die aktuelle Messebene
- der Durchlauf des Referenzzyklus
- das Positionieren des Messkopfes
- die Messung
- die Datenübertragung - der Fortschritt wird über die Balkendarstellung angezeigt

Mit der Schaltfläche **Stop** können Sie eine laufende Messung abbrechen, dies beendet auch den Monitorbetrieb.

Mit der Schaltfläche **Stop Motor** stoppen Sie die Rotation der Messspitze nach Ablauf der aktuellen Messung. Klicken Sie anschließend auf die Schaltfläche **Reset**.



VORSICHT

Verletzungsgefahr durch rotierende Bauteile

Die Messspitze des BeamMonitor BM+ rotiert auch nach dem Abschalten der Spannung zunächst noch weiter.

- ▶ **Nicht in den Strahleneingang des Messgerätes fassen oder Gegenstände hineinhalten, solange die Messspitze noch rotiert.**

Optionen

In diesem Menü sollten nur erfahrene Anwender Einstellungen vornehmen. Viele der Einstellungen sind für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.

Relevant ist die Umschaltmöglichkeit für die Strahlmessungen zur Anzeige vom Durchmesser statt Radius (siehe Abb. 11.6).

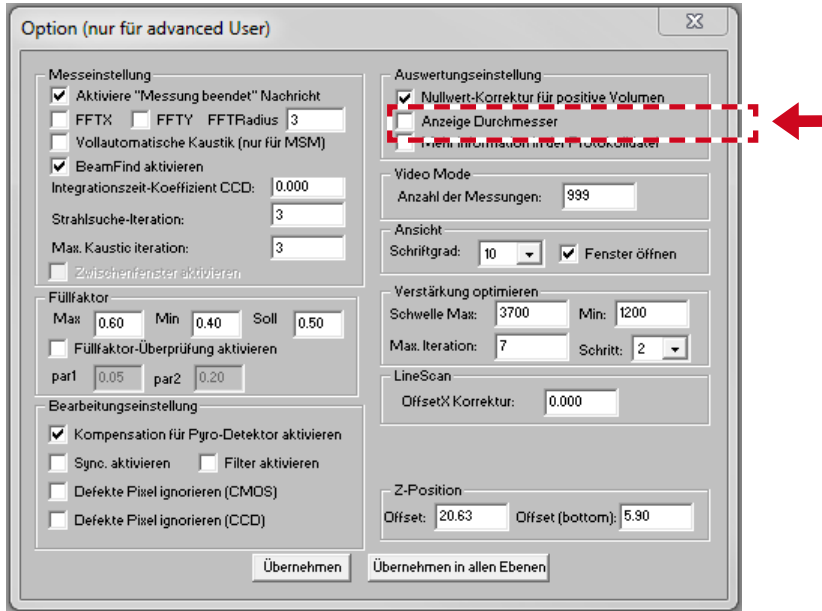


Abb. 11.6: Einstellung für die Anzeige des Durchmessers

11.1.2 Justiermode

Dieses Mess- und Darstellungsmenü ist für die speziellen Erfordernisse bei der Justage von Laserresonatoren mit dem BeamMonitor BM+ ausgelegt. Dargestellt wird die Strahlsymmetrie der zuletzt gemessenen Leistungsdichteverteilungen.

Typischer Messablauf

Automatische Strahlsuche mit der Schaltfläche **Suche Strahl**, danach wird mit der Schaltfläche **Fortlaufend** ein Monitorbetrieb gestartet, bei dem die aufeinanderfolgende Messungen jeweils zyklisch in die Ebenen 0 bis 19 geschrieben werden (wobei auf 19 wieder 0 folgt).

Sie können mit den Schaltflächen **Justiermenü** und **Messmenü** zwischen 2 Darstellungsarten umschalten. Im Messmenü des Justiermode wird eine Falschfarbendarstellung der letzten zwei Messungen zusammen mit den Zahlenwerten für die Strahlage und den Strahlradius angezeigt.

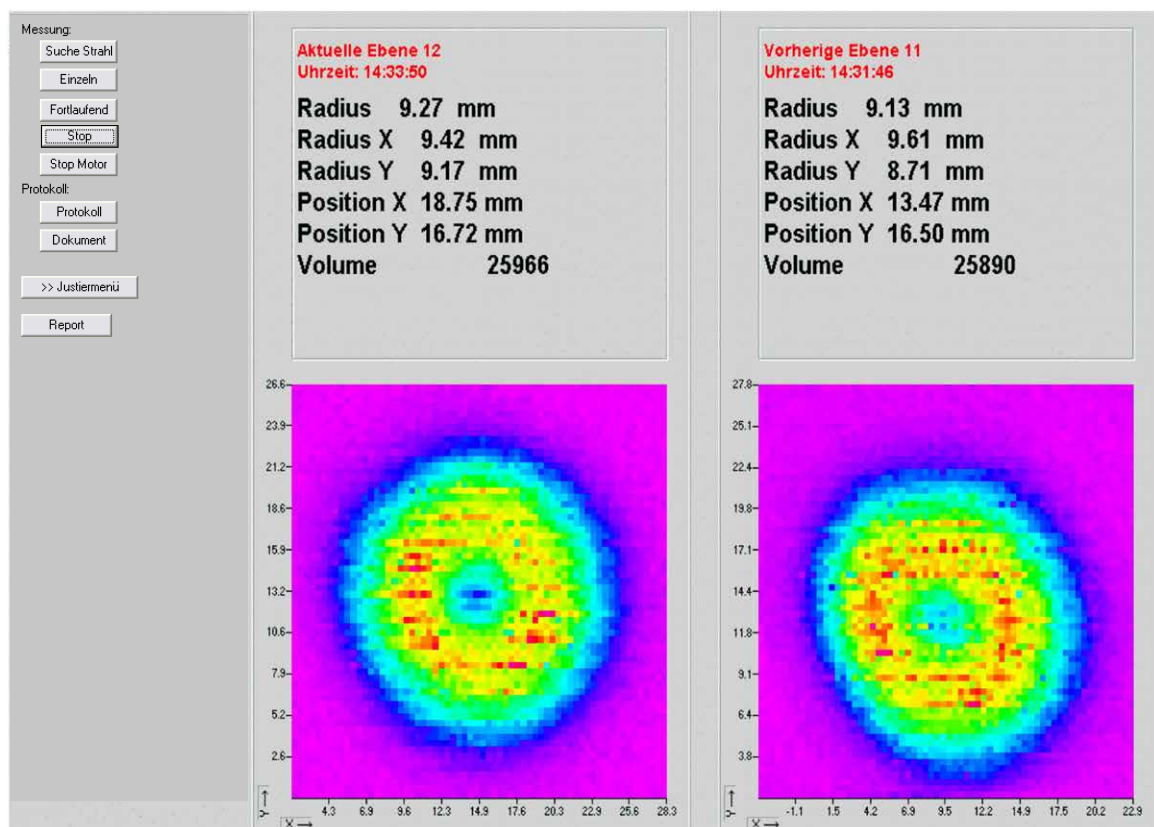


Abb. 11.7: Das Messmenü des Justiermodes

Die zweite Darstellungsart ist das **Symmetriemenü**.

Das **Symmetriemenü** vergleicht Ergebnisse der letzten drei Messungen hinsichtlich der Strahlsymmetrie in verschiedenen Leistungsbereichen.

Darüber hinaus werden angezeigt: das Radiusverhältnis R_x zu R_y (berechnet nach der 2. Momente-Methode) und das Volumen der Leistungsdichteverteilung (als relatives Maß für die Laserleistung).

Die Ergebnisse werden numerisch angezeigt und visuell durch farbige Quadrate hervorgehoben. Grün steht für die minimale Abweichung von der Kreissymmetrie und rot für die maximale Abweichung. Gelb gibt den Zwischenwert an.

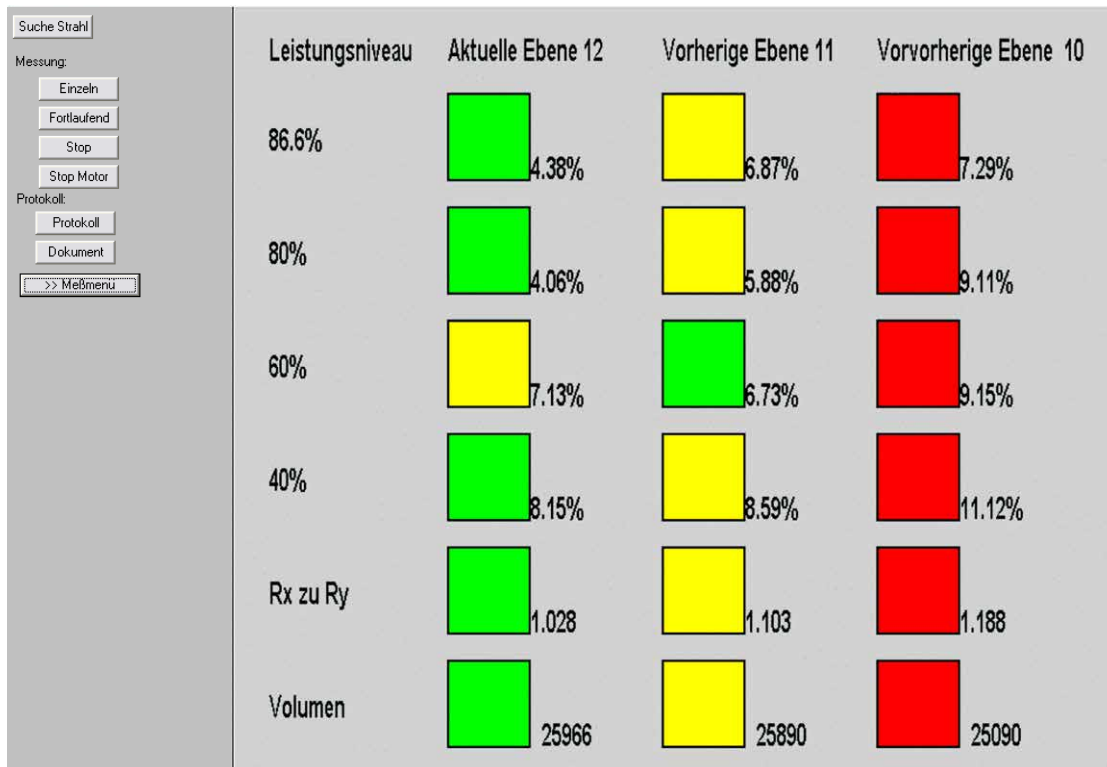


Abb. 11.8: Symmetriemenü des Justiermodes


Die Messergebnisse können automatisch dokumentiert werden. Entweder über das Schreiben der gemessenen Strahlradien und Strahlpositionen in eine Protokolldatei mit der Schaltfläche **Protokoll** oder durch Speichern der gesamten Messdaten mit der Schaltfläche **Dokument**. Im Menüpunkt **Dokument** kann bei Bedarf der zeitliche Abstand zweier Messungen (Delay) eingestellt werden.

Mit dem Menüpunkt **Report** können exemplarische Ergebnisse, z. B. als Servicebericht (Abb. 11.10 auf Seite 41) gespeichert und später ausgedruckt werden.



Abb. 11.9: Dokumentfenster

Mit der Schaltfläche **In Datei übernehmen** wird die Reportseite im Datensatz mitgespeichert. Der Name des Servicetechnikers oder der Firmenname können bei Bedarf in der Einstellungsdatei „laserds.ini“ dauerhaft hinterlegt werden.



Ergebnisse der Laservermessung:

Kundenname:

Adresse:

Servicetechniker:

Lasertyp:

Kommentar:

Ebene:

Ebene:

Ebene:

Ebene:	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2
Radius [mm]	9.008	7.451	6.262
Radius X [mm]	8.718	7.224	6.121
Radius Y [mm]	9.288	7.671	6.400
Winkel [°]	26.281	36.046	-41.246
Position X [mm]	18.043	17.740	17.709
Position Y [mm]	16.768	16.695	16.551
Leistung [kW]	0.500	1.000	1.500
Radius inten. [kW/cm²]	0.072	0.205	0.489
Peak inten. [kW/cm²]	0.332	0.920	1.855
Datum:	8.12.97	8.12.97	8.12.97
Uhrzeit:	12: 9:40	12:10:27	12:11:50
Y-Achsen Offset			
Koordinatenrotation [dg.]			

Abb. 11.10: Beispiel einer Reportseite

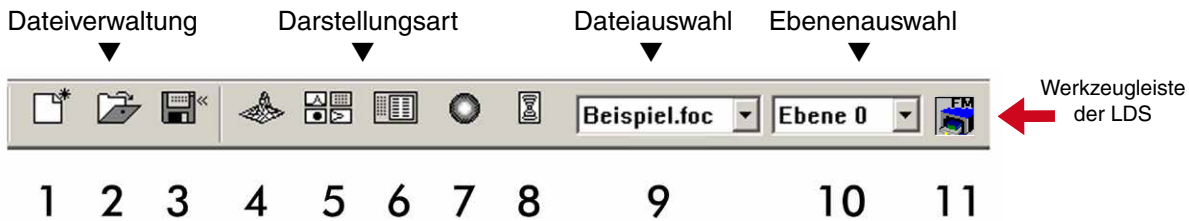
11.2 Darstellung und Dokumentation der Messergebnisse

Dieses Kapitel beschreibt die Darstellung, Analyse und Speicherung der Messergebnisse.

Um Vergleiche zwischen verschiedenen Messungen durchzuführen, kann das Programm mehrere Messdatensätze gleichzeitig verwalten. Die geöffneten Datensätze werden in der Werkzeugleiste angezeigt. Um eine Darstellung zu öffnen, wird die zu untersuchende Datei in der Liste der Dateiauswahl selektiert, und danach die gewünschte Präsentationsart ausgewählt.

Durch Anklicken der Symbole auf der Werkzeugleiste sind die folgenden Programmmenüs unmittelbar zu erreichen.

11.2.1 Die Werkzeugleiste



- 1 - Neuen Datensatz anlegen
- 2 - Existierenden Datensatz öffnen
- 3 - Datensatz speichern
- 4 - Isometriedarstellung des ausgewählten Datensatzes öffnen
- 5 - Variable Schnitte-Darstellung öffnen
- 6 - Übersicht (2. Momente) öffnen
- 7 - Falschfarbendarstellung öffnen
- 8 - Kaustikpräsentation
- 9 - Liste mit allen geöffneten Datensätzen
- 10 - Anzeige der ausgewählten Messebene
- 11 - Anzeige der am Bus verfügbaren Messgeräte über grafische Symbole

In den Menüs für die Darstellungsart der Einzelmessungen (**Variable Schnittlinien**, **Isometrie** und **Falschfarbendarstellung**) bewirkt die Option **Autom. Skalierung** eine Ausnutzung der gesamten Darstellungsbandbreite für die Messwerte.

Darüber hinaus können Sie mit der Ebenenauswahl zwischen verschiedenen Bildspeichern der Messreihe hin- und herschalten. Eine Weiterschaltung ist auch mit den Cursortasten hoch/runter möglich, wenn die Ebenenauswahl selektiert ist. Wird die Ebenenauswahl in den Darstellungsmenüs auf **Global** gesetzt, ist ein simultanes Umschalten zwischen den Ebenen über die Anwahl in der Werkzeugleiste möglich. Der Titel eines Dialogfensters gibt den Namen des dargestellten Datensatzes an.

Zur parallelen Auswertung mehrerer Messungen besitzt das Programm 50 Bildspeicher, die jeweils eine Messung aufnehmen können. Diese Bildspeicher (Messebenen) können Sie auch nutzen, um bei einer Parametervariation die geänderten Messwerte aufzunehmen. Durch eine Veränderung der Laserleistung lässt sich z. B. das thermische Einlaufverhalten des Systems simulieren. Analog dazu sind auch Zeitreihen möglich. Entsprechende Darstellungen ermöglicht unter anderem der Menüpunkt **Grafische Übersicht**.

11.2.2 Falschfarben

Hier wird eine Falschfarbendarstellung der gemessenen Leistungsdichteverteilung erzeugt.

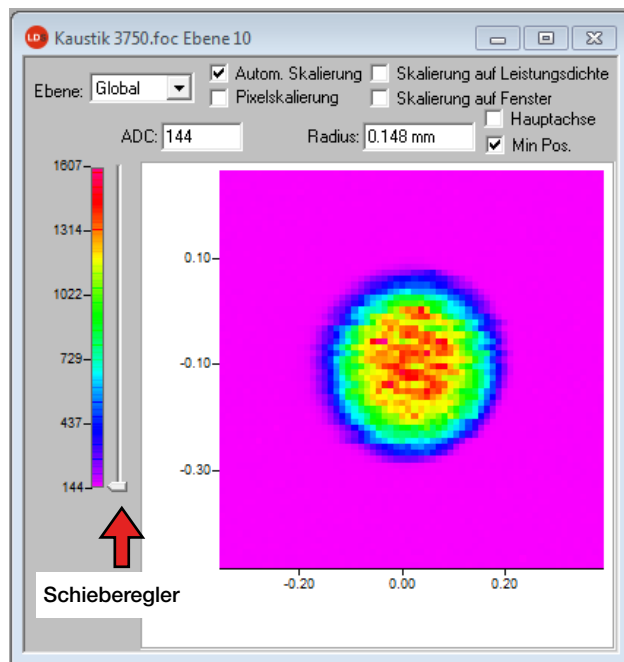


Abb. 11.11: Dialogfenster **Falschfarben**

Die verwendete Farbskala ist links eingeblendet. Für eine erhöhte Sensitivität, zum Beispiel zur Analyse von Beugungsfiguren, ist es möglich, die verwendeten Farbskalen im Menü **Darstellung>>Farbtafeln** umzuschalten.

Über den Schieberegler rechts neben der Farbskala können Sie Schnitte zu verschiedenen ADC-Werten mit den zugehörigen Radien anzeigen.

Neben der automatischen Skalierung gibt es noch drei weitere Skalierungsarten.

Skalierung auf Leistungsdichte

Alle Ebenen einer Kaustikmessung werden auf die maximal gemessene Leistungsdichte skaliert. Dies soll helfen, die verschiedenen Ebenen besser miteinander vergleichen zu können. Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.

Pixelskalierung

Diese Skalierung ist nur bei der Verwendung von unsymmetrischen Messfenstern von Interesse. Die Achsen der Fenster sind dann nicht länger eine Funktion der Messfenstergröße, sondern der Anzahl der gemessenen Pixel.

Skalierung auf Fenster

Bei dieser Funktion werden alle Messfenster einer Kaustikmessung auf die Größe des maximalen Messfensters vergrößert. Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.

Hauptachse

Die Strahlachsen können eingeblendet werden.

11.2.3 Falschfarben (gefiltert)

Die dem Filter zugrunde liegende Funktion ist eine Spline-Funktion. Sie ist unter anderem dadurch charakterisiert, dass die Lage der Maxima erhalten bleibt. Dabei werden in einer Matrix die einzelnen Pixel mit einem 1-2-1 Filter gewichtet, so dass das Rauschen verringert wird. Dieser Filter kann auch mehrfach angewendet werden, ohne dass sich die Lage der Maxima verschiebt.

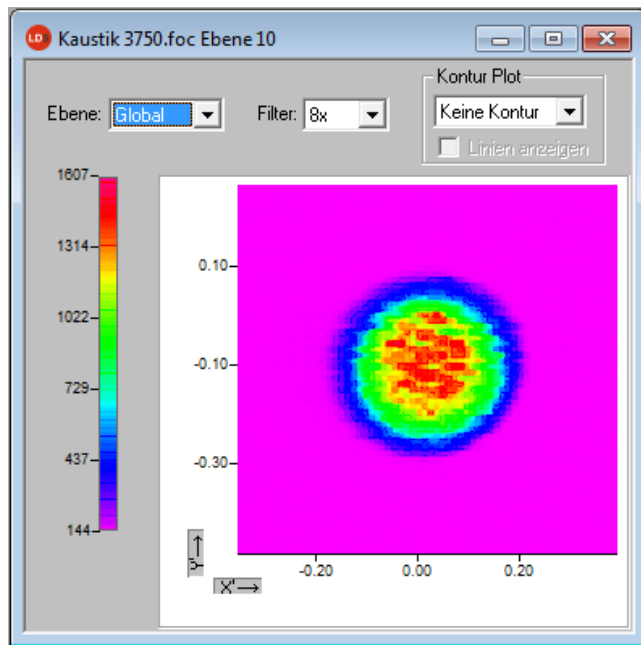


Abb. 11.12: Dialogfenster **Falschfarben (gefiltert)**

11.2.4 Isometrie

Dieser Menüpunkt erzeugt eine räumliche Darstellung der gemessenen Leistungsdichteverteilung einer Ebene. Die Farbdarstellung lässt sich deaktivieren.

Eine Drehung der Verteilung um jeweils 90°, 180° und 270° ist möglich.

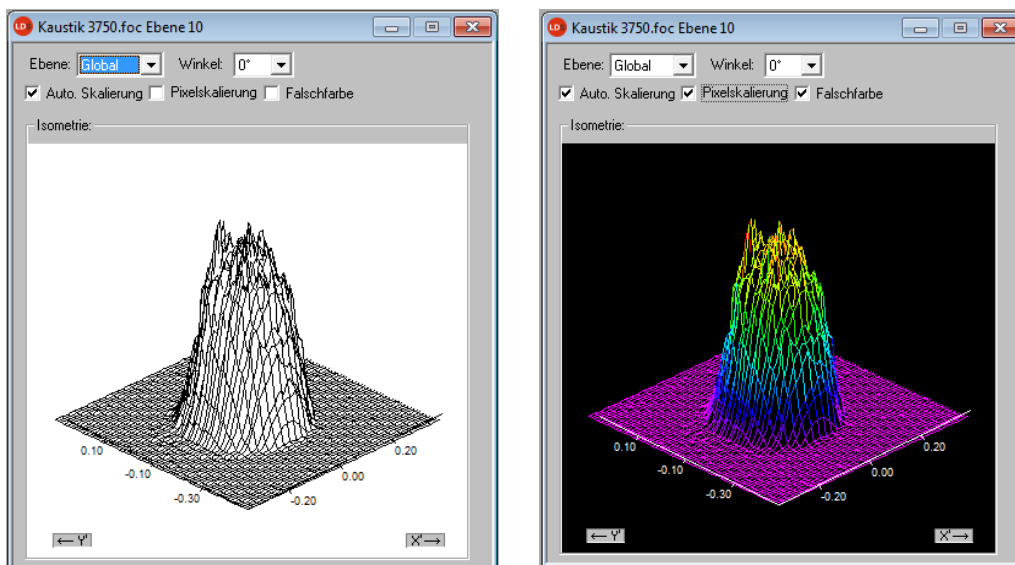


Abb. 11.13: Dialogfenster **Darstellung>>Isometrie** (links mit deaktivierter Farbdarstellung)

11.2.5 Kaustikdarstellung (2D-Darstellung)

Die Ergebnisse der Kaustikmessung können Sie mit dem Menüpunkt **Darstellung>> Kaustik** anzeigen. Die Abb. 11.14 zeigt auf der linken Seite die berechneten Strahlparameter wahlweise auf Basis der 86 %-Radien oder die Momentenauswertung nach ISO 11146. In der Bildmitte zeigt die Grafik den Kaustikverlauf an; dabei sind die Strahlradien über der Strahlausbreitungsrichtung aufgetragen. Rechts ist schließlich die Falschfarbendarstellung jeweils einer - u. a. mit der Maus wählbaren - Messebene samt numerischer Ergebnisse eingeblendet, die für diese Ebene berechnet wurden.

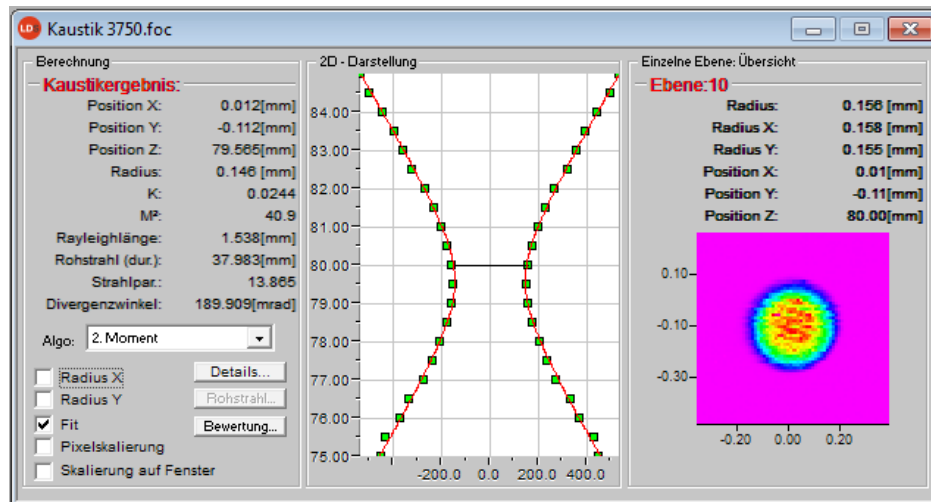


Abb. 11.14: Dialogfenster **Darstellung>>Kaustik**

Die rote Linie stellt die Ausgleichskurve entsprechend des berechneten Fits dar, sie kann über das Kontrollkästchen **Fit** in der 2D-Darstellung eingeblendet werden.

Ausgleichskurve

Zur Auswertung der Kaustik wird eine hyperbolische Ausgleichskurve (ISO11146) an die Messwerte angepasst. Diese Ausgleichskurve beschreibt mathematisch die Propagation eines idealen Laserstrahls. Der Verlauf der Ausgleichskurve wird theoretisch bestimmt durch die folgenden Parameter:

- Normierte Beugungsmaßzahl M^2 bzw. Strahlpropagationsfaktor
- Z-Position
- Fokusradius
- Rayleighlänge

Normierte Beugungsmaßzahl M^2

Die normierte Beugungsmaßzahl beschreibt, wie gut sich der betreffende Laserstrahl im Verhältnis zum Grundmode fokussieren lässt. Der Grundmode ist der theoretisch bestmögliche Strahl und hat eine Beugungsmaßzahl von 1. Alle anderen Strahlen haben größere Werte. Für Schweißlaser (CO_2) liegen sie bei 2 bis 5. Bei Schneidlasern (CO_2) sind Werte von 1,1 bis 2,5 üblich. Bei Strahlquellen mit höherer Laserleistung sind die Beugungsmaßzahlen im Allgemeinen kleiner als bei Quellen mit geringer Leistung.

Z-Position

Dieser Wert gibt die Lage der Fokuspunkte in der z-Richtung an. Da die Ausgleichskurve alle Messpunkte berücksichtigt, ist die berechnete z-Position nicht zwingend am Ort des kleinsten gemessenen Strahlradius. Angegeben werden die Gerätekoordinaten. Hinweise zur absoluten Lage im Raum finden Sie im Kapitel Abb. 23.2 auf Seite 80. Unter Umständen auch auf Basis einer TCP-Kalibrierung (Option).

Fokusradius

Der Fokusradius ist der kleinste Strahlradius in der Kaustik. In der Regel ist dieser Wert dem kleinsten gemessenen Wert ähnlich.

Aus verschiedenen Gründen kann es vorkommen, dass keine Anpassung an die Messwerte durchgeführt wurde. Dies ist dadurch zu erkennen, dass die Ausgleichskurve grob neben den Messwerten liegt. In diesem Fall sind die Parameter der angepassten Ausgleichskurve zu verwerfen.

Die Bewertungsfunktion (siehe Seite 47) gibt Ihnen hierzu nähere Informationen.

Rayleighlänge

Die Rayleighlänge ist ein abgeleiteter Parameter und beschreibt den Abstand vom Fokus in z-Richtung, bei dem der Strahlradius um den Faktor $\sqrt{2}$ (=1,41) zugenommen und die Strahlfläche um den Faktor 2 zugenommen hat. Die Rayleighlänge wächst mit dem Strahlpropagationsfaktor und der Brennweite der Fokussieroptik (siehe Kapitel 23.1 auf Seite 79). Die doppelte Rayleighlänge ist ein ungefährer Anhaltspunkt, bis zu welcher Materialdicke (Metall) eine Bearbeitung mit der eingesetzten Optik möglich ist.

Damit die angepassten Werte eine möglichst hohe Aussagekraft besitzen, ist die Messung über einen z-Bereich von mindestens zwei Rayleighlängen durchzuführen. Besser ist ein Bereich der vierfachen Rayleighlänge - wie er auch in der ISO 11146 gefordert wird, ideal sind 5 bis 6 Rayleighlängen. Dieser Forderung steht jedoch die manchmal schnell sinkende Leistungsdichte des zu vermessenden Laserstrahls gegenüber. Bei einem Abstand von zwei Rayleighlängen vom Fokus ist die Leistungsdichte auf ein Viertel abgesunken.

Die Kaustikmessung besteht in diesem Fall aus einem Kompromiss zwischen dem gewünschten Messbereich in der z-Richtung und der zu einer einwandfreien Messung notwendigen Leistungsdichte (Signal/Rausch-Verhältnis).

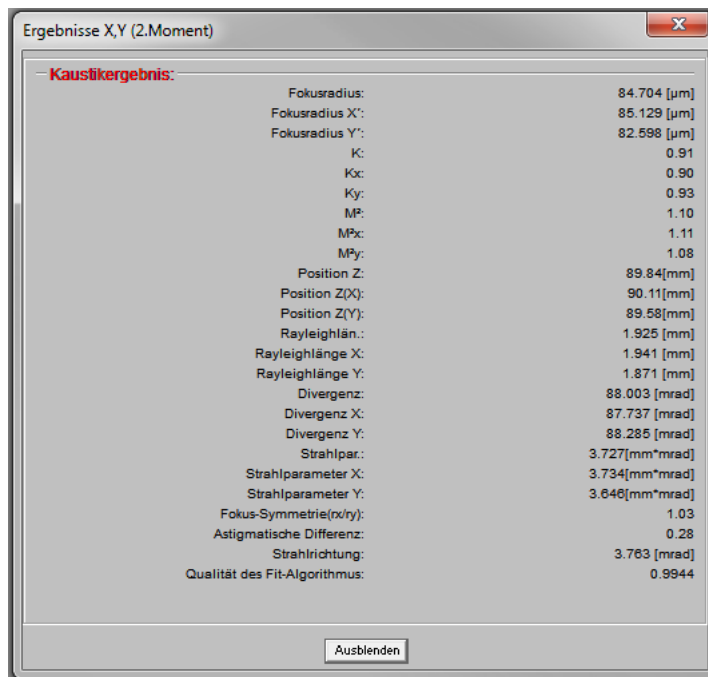


Abb. 11.15: Ergebnisfenster **Kaustik>>Details**

Zur Untersuchung asymmetrischer Strahlen können die Abmessungen der Hauptachsen der Strahlen bestimmt werden. Ausgehend von diesen Werten berechnet das Programm auch richtungsabhängige Strahlpropagationsfaktoren und Strahlagewerte. Die zugehörigen Kurven werden über die beiden Kontrollkästchen Radius X, Y eingeblendet, die Zahlenwerte stellt das Detailmenü bereit.

Bewertung

Diese Funktion prüft, ob die Ergebnisse und Einstellungen der Kaustikmessung im zuverlässigen Bereich liegen.

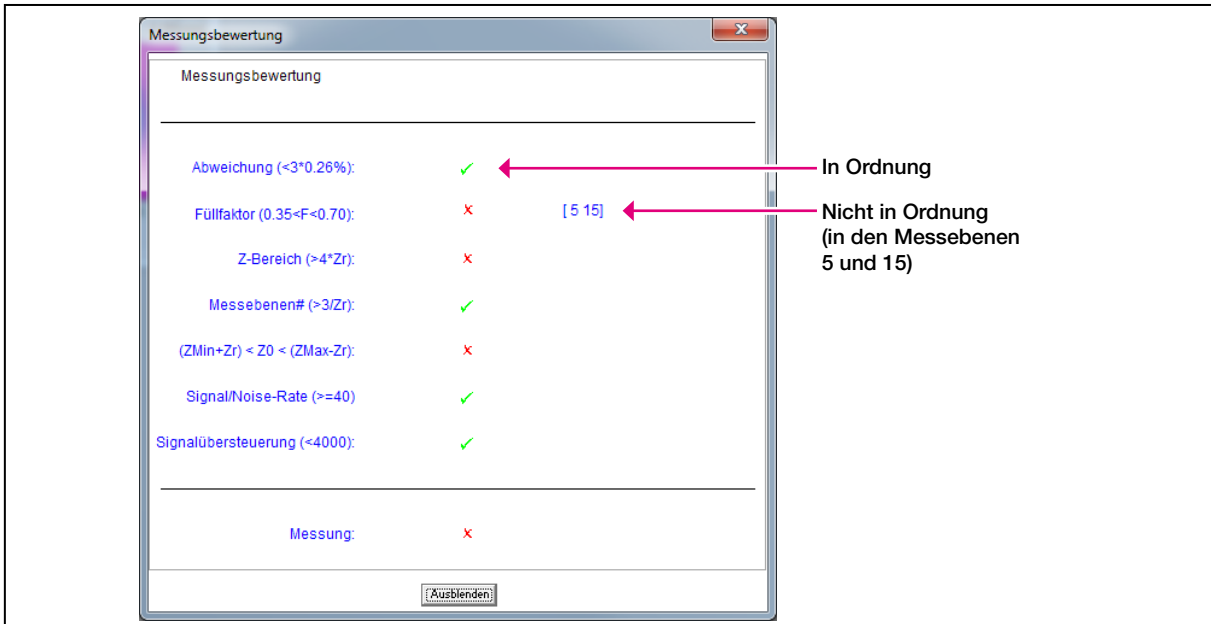


Abb. 11.16: Ergebnisfenster der Bewertungsfunktion

Unter „Abweichung“ wird die mittlere relative Standardabweichung des Kaustikfits von den Radien nach der 2. Momente-Methode aufgeführt. Ein „Häkchen“ (✓) wird gesetzt, wenn die Standardabweichung kleiner 3,5 % ist und wenn keiner der Messwerte außerhalb eines Bereiches von $\pm 3 \cdot$ Standardabweichung liegt.

Bewertete Funktionen	Prüfkriterium	Positive Bewertung ✓
Abweichung	Mittlere relative Standardabweichung des Kaustikfits nach der 2. Momente-Methode	Standardabweichung < 3,5 %, kein Messwert außerhalb eines Bereiches von $\pm 3 \cdot$ Standardabweichung
Füllfaktor	Bezeichnet das Verhältnis Strahldurchmesser zu Messfenstergröße	Im Bereich 0,3 - 0,6
Z-Bereich	Messbereich in z-Richtung	Mindestens 4 Rayleighlängen
Messebenen	Anzahl der Messebenen pro Rayleighlänge	Mindestens 3 Messebenen pro Rayleighlänge
$(Z_{Min}+Z_r) < Z_0 < (Z_{Max}-Z_r)$	Mindestmessbereich oberhalb und unterhalb der Fokusebene	Der Fokus liegt innerhalb des Mindestmessbereiches und dieser Bereich beträgt mindestens eine Rayleighlänge in jede z-Richtung.
Signal/Noise-Rate	Untersucht das Signal/Rausch-Verhältnis	BeamMonitor BM+: S/N > 40
Signalübersteuerung	Untersucht den max. Leistungsdichtewert	Unterhalb von 4000 Counts

Tab. 11.2: Kriterien für die Bewertung

Sind alle Kriterien erfüllt, haben die Messergebnisse eine hohe Zuverlässigkeit. Die absolute Genauigkeit lässt sich aus der Standardabweichung des Fits nicht angeben, da zusätzlich sämtliche systematischen Messfehler sowie die Genauigkeit der Kalibrierung in den Absolutfehler eingehen.

Beim BeamMonitor BM+ können verschiedene Detektoren eingesetzt werden. Daher wird nicht direkt die Amplitude, sondern das Signal/Rausch-Verhältnis (S/N-Verhältnis) bewertet, da unterschiedliche Detektoren ein unterschiedliches Rauschen haben können.

Für die Bewertung wird der im Menü **Messung>>Sensorparameter** eingestellte Detektor herangezogen. Liegt das S/N-Verhältnis über 40:1, so wird ein grünes Häkchen (✓) angezeigt. Ein rotes Kreuz (✗) zeigt ein S/N-Verhältnis von unter 25:1 an; dabei können Rauschanteile die Messunsicherheit für den Strahldurchmesser und abgeleitete Größen erhöhen.

Zeigt nur die letzte, äußerste Ebene einer Kaustik ein schlechteres Signal/Rausch-Verhältnis, so kann man in solchen Fälle oft trotzdem noch belastbare Ergebnisse erhalten.

Sind mehrere Ebenen betroffen, so kann eine genauer auf die Anwendung zugeschnittene Messspitzen-Detektor-Kombination ein höheres S/N-Verhältnis liefern.

11.2.6 Isometrie 3D

Diese Funktion erzeugt die dreidimensionalen Darstellungen der Leistungsdichteverteilung einer Ebene und aller Ebenen in Falschfarben.

Das Darstellungsfenster ist zweigeteilt. Links wird die Kaustik, rechts die Leistungsdichteverteilung in einer Ebene dargestellt. Die horizontale Größe der Einzelfenster können Sie durch Ziehen des Trennbalkens mit der Maus verändern.

Die Grafiken können Sie mit der linken Maustaste um alle drei Achsen stufenlos drehen, mit der rechten Maustaste im Fenster frei positionieren.

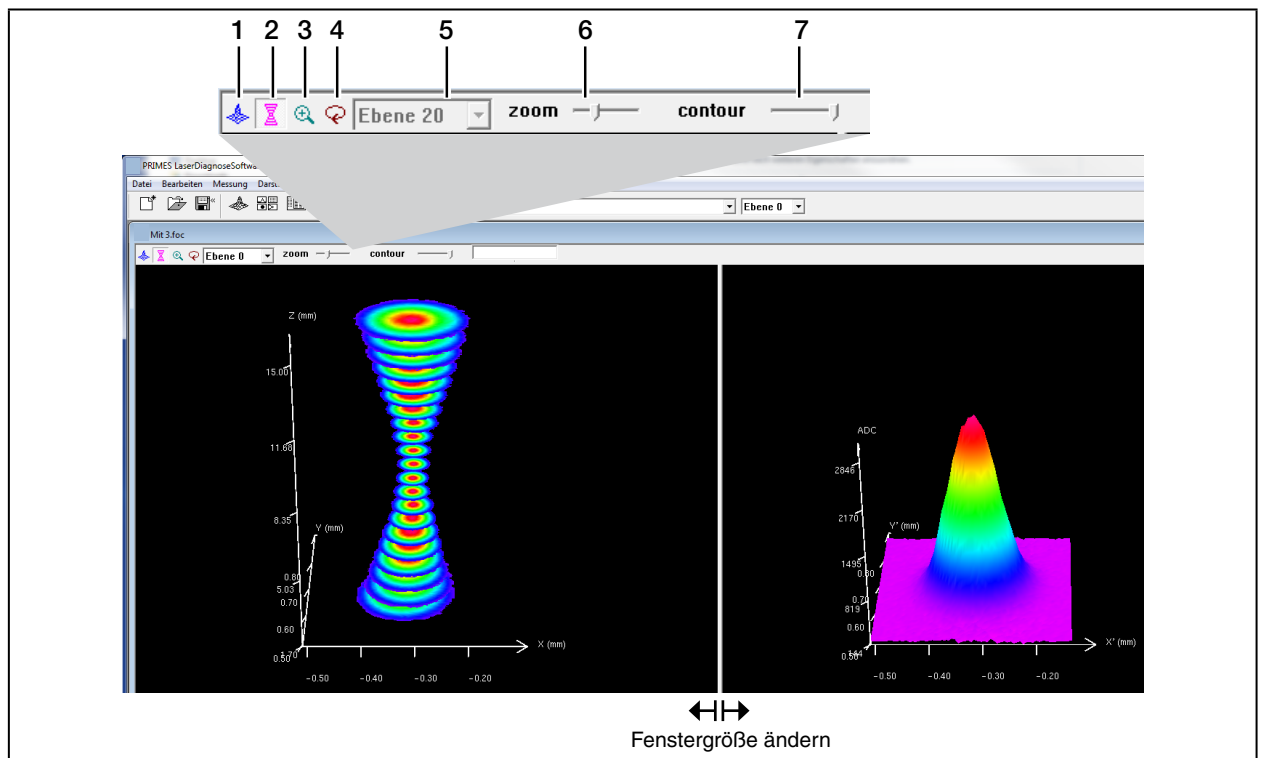


Abb. 11.17: Darstellung in 3D

1	3D-Darstellung der Ebene	Blendet die 3D-Darstellung der Leistungsdichteverteilung in der Ebene vollflächig in das Darstellungsfenster ein.
2	3D-Darstellung der Kaustik	Blendet die 3D-Darstellung der Kaustik zusätzlich in das Darstellungsfenster ein. Für den BeamMonitor BM+ nicht relevant.
3	Vergrößerung in der Ebene	Im linken Teil des Darstellungsfensters wird eine Vergrößerung der rechts abgebildeten Ebene eingeblendet (den gewünschten Bereich können Sie mit der linken Maustaste im rechten Fenster anklicken).
4	Rotation	Löst eine Rotation beider Grafiken um die z-Achse aus.
5	Ebenenauswahl	Wählen Sie hier die darzustellende Ebene ein (Sie können die gewünschte Ebene auch einfach in der 3D-Kaustik mit der linken Maustaste auswählen).
6	Zoom	Schieberegler für eine stufenlose Vergrößerung der Darstellung.
7	Kontur	Schieberegler für einen Konturbeschnitt entlang der Leistungsdichte.

11.2.7 Übersicht 86 % bzw. 2. Momente-Methode

Für die Radiusdefinition gibt es zwei wesentliche Bestimmungsmöglichkeiten:

- Bestimmung der Strahlradien nach der 86% -Leistungsdefinition (Kap. 23.2.4 auf Seite 83)
- Bestimmung der Strahlradien nach der 2. Momente-Methode (ISO 11146) (Kap. 23.2.3 auf Seite 82)

Weitere Möglichkeiten stellt die Software optional zur Verfügung (siehe Kapitel 23.2.5 auf Seite 84).

LD Kaustik 3750.foc- 86% Übersicht					
Ebene:	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Ebene 4
Radius [mm]	0.431	0.398	0.352	0.313	0.269
Position X [mm]	-0.010	-0.023	0.007	0.002	0.005
Position Y [mm]	-0.106	-0.109	-0.098	-0.102	-0.100
Position Z [mm]	75.000	75.500	76.000	76.500	77.000
Nullwert [A/D-Cnts]	149.750	149.500	149.250	149.250	149.750
Leistung [kW]	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
Radius inten. [kW/cm ²]	47.404	51.489	65.831	82.461	119.463
Peak inten. [kW/cm ²]	280.498	435.540	547.987	586.358	769.836
Datum:	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010
Uhrzeit:	14:54:26	14:54:34	14:54:48	14:54:56	14:55:10
Brennweite [mm]	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Z-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Koordinatenrotation [dg.]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Wellenlänge [µm]	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064
Füllfaktor	0.431	0.398	0.470	0.418	0.538
Bemerkung:					

Abb. 11.18: Ergebnissenster **Darstellung>>Übersicht (86%)**

LD Kaustik 3750.foc- 2. Moment Übersicht					
Ebene:	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Ebene 4
Radius [mm]	0.451	0.430	0.368	0.332	0.272
Radius X [mm]	0.449	0.428	0.369	0.331	0.273
Radius Y [mm]	0.453	0.432	0.367	0.332	0.272
Winkel [°] (x/y-Richtung)	-20.8	10.1	33.5	17.1	37.2
Position X [mm]	-0.006	-0.020	0.006	0.001	0.003
Position Y [mm]	-0.103	-0.113	-0.098	-0.104	-0.104
Position Z [mm]	75.000	75.500	76.000	76.500	77.000
Nullwert [A/D-Cnts]	149.750	149.500	149.250	149.250	149.750
Leistung [kW]	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
Peak inten. [kW/cm ²]	280.498	435.540	547.987	586.358	769.836
Datum:	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010	20.12.2010
Uhrzeit:	14:54:26	14:54:34	14:54:48	14:54:56	14:55:10
Brennweite [mm]	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Z-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Koordinatenrotation [dg.]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Wellenlänge [µm]	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064
Radius X' [mm]	0.449	0.429	0.369	0.331	0.272
Radius Y' [mm]	0.452	0.432	0.368	0.332	0.272
Füllfaktor	0.451	0.430	0.491	0.442	0.545
Elliptizität (Rmin/Rmax)	0.991	0.992	0.994	0.996	0.997
RadiusX'/RadiusX'	0.999	1.000	1.002	1.000	1.001
RadiusY'/RadiusY'	1.001	1.000	0.998	1.000	0.999
3*RadiusX'/WindowsizeX	0.674	0.643	0.738	0.662	0.817
3*RadiusY'/WindowsizeY	0.679	0.648	0.738	0.665	0.817
Bemerkung:					

Abb. 11.19: Ergebnissenster **Darstellung>>2. Moment**

Wenn das Messsignal das Nullniveau nur wenig überschreitet, werden die Messergebnisse nicht schwarz sondern grau dargestellt. In solchem Fall prüfen Sie, ob die Messwerte vertrauenswürdig sind oder verworfen werden müssen und die Messung eventuell mit anderen Einstellungen wiederholt wird.

Die Einträge Leistung, Brennweite und Wellenlänge, insbesondere in den Kommentarzeilen können auch nach einer Messung noch verändert werden. Dazu dient im Menüpunkt **Messung>>Umgebung** die Schaltfläche **Aktualisieren**.

11.2.8 Symmetrieprüfung

Dieses Darstellungsmenü prüft die Rotationssymmetrie der Leistungsdichteverteilung eines Laserstrahls. Es kann z. B. in Verbindung mit dem Monitorbetrieb zur Justierung von Laserresonatoren benutzt werden. Im Folgenden werden in den Abbildungen Abb. 11.21 und Abb. 11.22 zwei Beispiele für die möglichen Resultate der Symmetrieprüfung an einem elliptischen Strahl gezeigt.

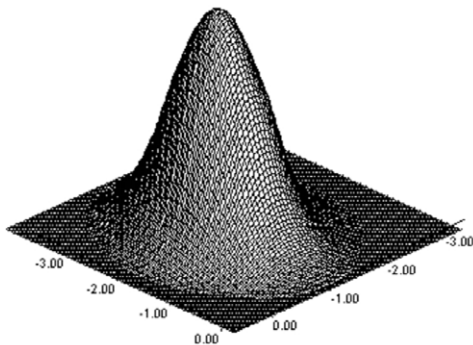


Abb. 11.20: Leistungsdichteverteilung eines elliptischen Strahls

Die in Abb. 11.20 dargestellte Leistungsdichteverteilung eines elliptischen Strahls ergibt mit der **Symmetrieprüfung** folgende Resultate.

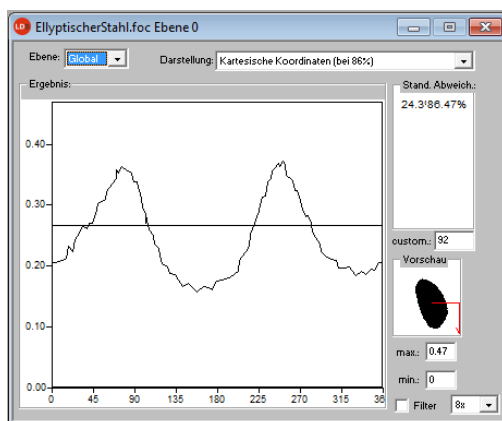


Abb. 11.21: Darstellung in kartesischen Koordinaten.

Die Abszisse in Abb. 11.21 zeigt den Winkel und die Ordinate den Strahlradius mit den Schnittlinien bei verschiedenen Leistungen zwischen 86 % und 10 % der Gesamtleistung. Auf dem Bildschirm erscheinen die Kurven in unterschiedlichen Farben. Der Radius ist in Pixel-Koordinaten angegeben. Das Minimum und das Maximum der Radiuswerte kann ausgewählt werden. Auf der rechten Seite ist die Standardabweichung der verschiedenen Radiuswerte angezeigt. Diese Werte geben eine genaue Information über die Symmetrie der Strahlverteilung.

Gut justierte Resonatoren erreichen Standardabweichungen im Bereich von 3 % bis 5 %. Teilweise sind sogar Werte im 1 % bis 2 %-Bereich möglich.

Eine Darstellung in Polarkoordinaten ist ebenfalls möglich (Abb. 11.22). Die eingezeichneten Linien enthalten 86 % bis 10 % der detektierten Leistung. Auf dem Bildschirm haben die Graphen verschiedene Farben. x- und y-Achse skalieren in Pixelwerten.

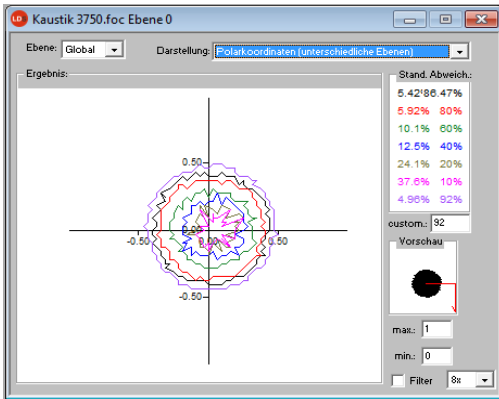


Abb. 11.22: Symmetrieprüfung in Polarkoordinaten

11.2.9 Feste Schnitte

Angezeigt werden die Schnittlinien bei verschiedenen Leistungsniveaus. Ausgewählt sind Schnittlinien bei: 86 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 % und 10 % der Gesamtleistung. In dieser Darstellung ist es auch möglich Abstände auszumessen, in dem man mit der Maus die Start- und Endpunkte der gewünschten Strecke anklickt.

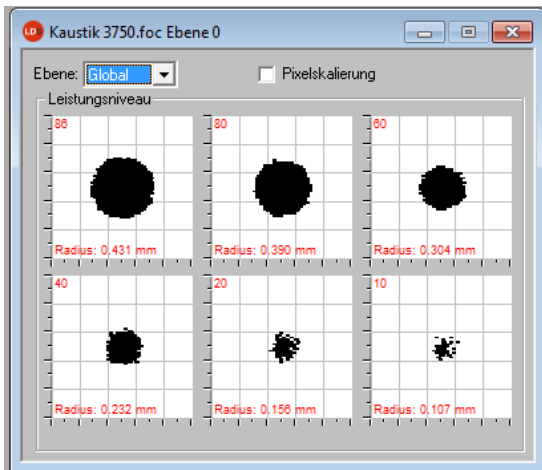


Abb. 11.23: Darstellungsfenster **Feste Schnitte**

11.2.10 Variable Schnitte

Hier wird die räumliche Leistungsdichteverteilung anhand frei wählbarer Schnitte dargestellt. Es können Schnitte in x- und y-Richtung sowie in Leistungsdichte-Koordinaten (A/D-Wandler-Counts) durchgeführt werden. Die Lage der Schnitte ist durch Schieberegler oder per Tastatur einstellbar.

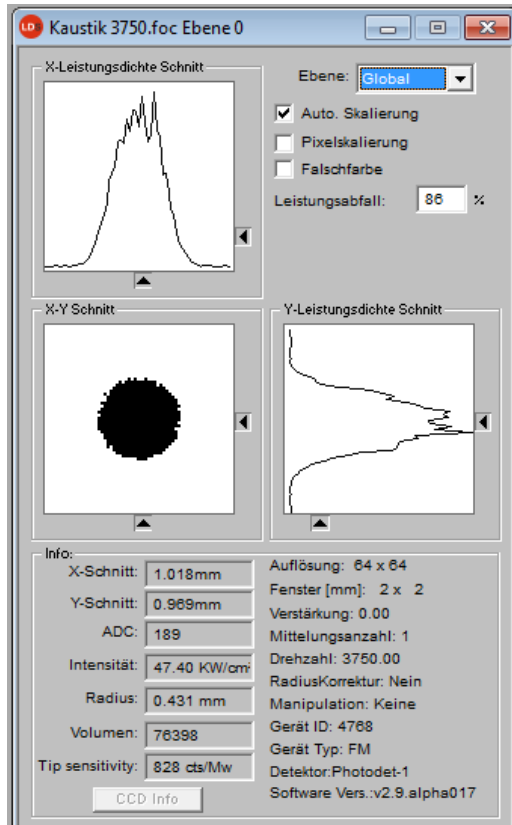


Abb. 11.24: Darstellungsfenster **Variable Schnitte**

Einstellen per Tastatur:

- für die x-Richtung über die Taste x, um den Wert zu vergrößern und <shift>x, um ihn zu verkleinern.
- für die y-Richtung über die Taste y, um den Wert zu vergrößern und <shift>y, um ihn zu verkleinern.
- für die Leistungsdichte (Intensität) über die Taste i um den Wert zu vergrößern und <shift>i, um ihn zu verkleinern.

Im Bereich links unten werden die aktuellen Schnittkoordinaten, Leistungsdichten, der durch den Schnitt erzeugte Radius und das relative Volumen angezeigt. In der untersten Zeile wird die Messspitzenempfindlichkeit angezeigt. Die Werte werden berechnet basierend auf der korrekt eingegebenen Laserleistung.

Rechts oben kann man auf die aus Kapitel 11.2.2 bekannten Skalierungen umschalten. Darunter befindet sich ein Eingabefeld, in dem Sie den zur Radiusbestimmung erwünschten Leistungsabfall (-einschluss) eintragen können. Neben diesen Funktionen bietet dieses Fenster noch eine Menge weitere Informationen über die Bedingungen, unter denen gemessen wurde.

Ebenso werden die Verstärkung, die Zahl der Mittelungen sowie die Rotationsgeschwindigkeit während der Messung angezeigt.

11.2.11 Graphische Übersicht

Das Darstellungsfenster **Graphische Übersicht** bietet viele Möglichkeiten, die Messwerte aus den einzelnen Messebenen darzustellen.

Über der x-Achse können die Leistung, die Zeit, die Ebenen oder die z-Position aufgetragen werden. Für die y-Achse stehen die Daten des Radius, der x bzw. y- Position, der Winkel und der Elliptizität zur Verfügung. Insgesamt kann dieses Fenster 16 verschiedenen Graphen darstellen.

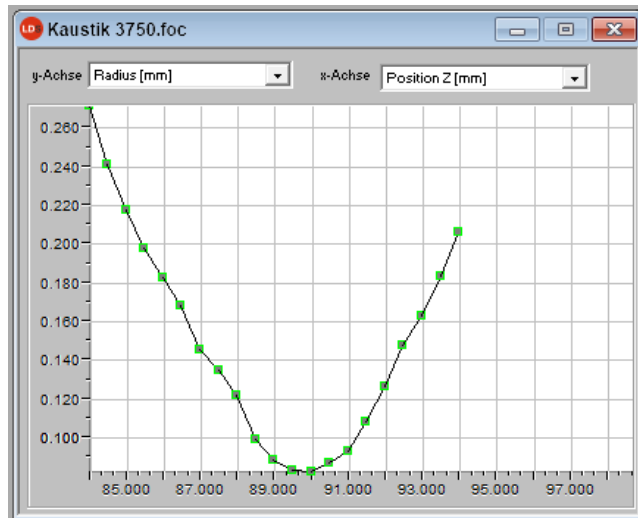


Abb. 11.25: Grafische Übersicht

11.2.12 Farbtafeln

Es sind verschiedene Farbtabelle verfügbar. Sie können zwischen den Farbtabelle hin- und herschalten. So kann die Zuordnung von A/D-Wandlerwerten und den verschiedenen Farbskalen variiert werden. Dies ist wichtig für jede Falschfarbendarstellung.

Drei Einstellungen sind möglich:

- lineare Farbtabelle (Grundeinstellung)
- Farbtabelle analog der Wurzelfunktion
- Farbtabelle analog der vierten Wurzelfunktion

Diese Funktionen können besonders bei der Analyse geringer Variationen in der Nähe des Nullniveaus hilfreich sein; z. B. zur Analyse von Beugungsphänomenen.

11.2.13 Evaluation (Option)

Mit dieser Bewertungsfunktion können Sie verschiedene Parameter einer gemessenen Kaustik (.foc-Datei) mit vorgegebenen Grenzwerten (.pro-Datei) vergleichen und bewerten. Das Bewertungsergebnis wird optisch mit einem LED-Symbol dargestellt (rot=schlecht, grün=gut). Das Gesamtergebnis (Feld **Ergebnis**) wird nur dann als gut bewertet, wenn die Grenzen aller kritischen Parameter (★) eingehalten sind.

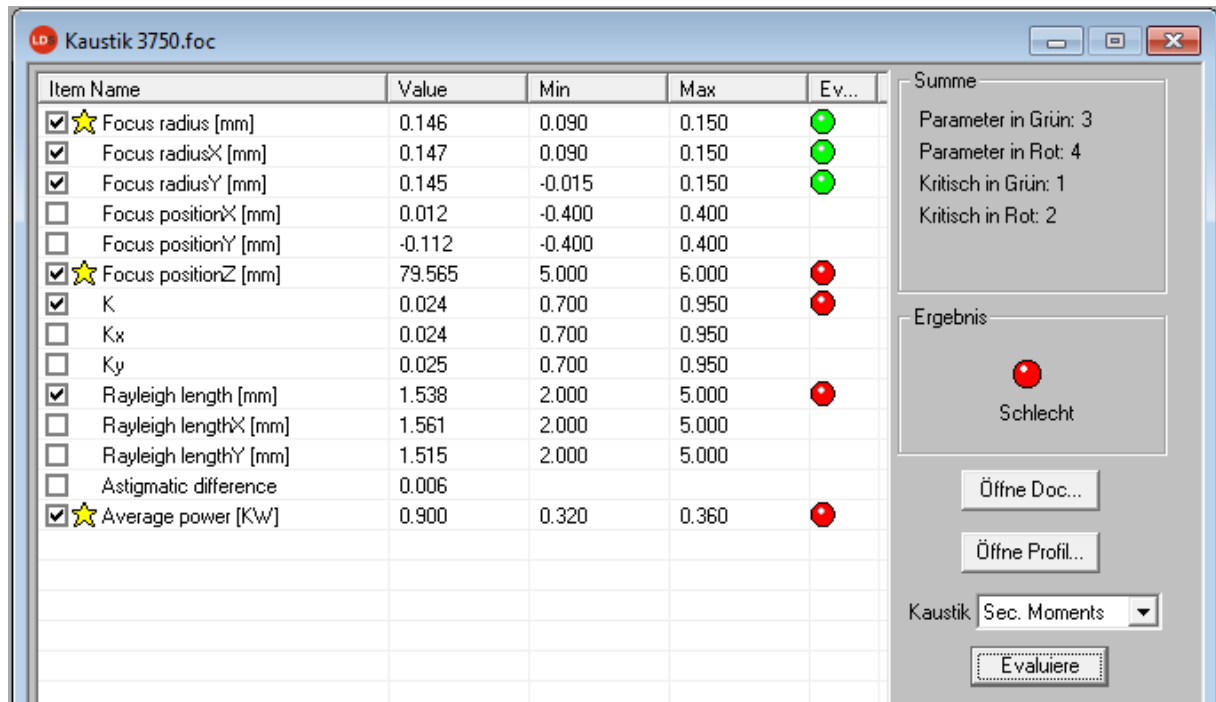


Abb. 11.26: Dialogfenster **Evaluation**

Die Parameter, die Grenzwerte und die Kennzeichnung als kritischer Wert werden in einer Profildatei vorgegeben (Textdatei, siehe Beispieldatei in Abb. 11.27).

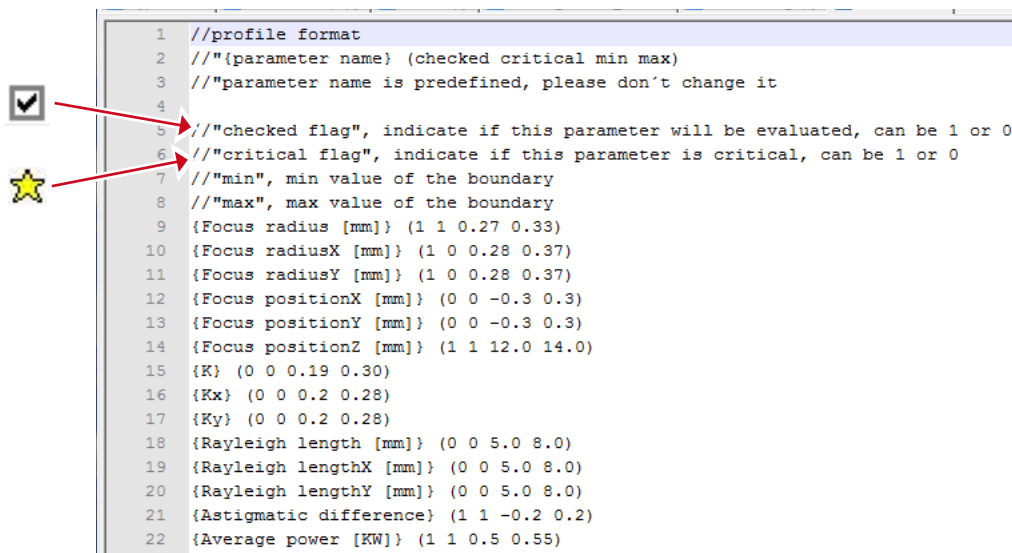


Abb. 11.27: Beispiel für eine Profildatei

So führen Sie eine Bewertung durch:

1. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Öffne Doc...** und wählen Sie Ihre Messdatei aus (.foc-Datei).
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Öffne Profil...** und wählen Sie Ihre Profildatei aus (.pro-Datei).
3. Wählen Sie in der Auswahl **Kaustik** die gewünschte Radiusdefinition.
4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Evaluieren**.

11.3 Datei

Dieses Menü umfasst unter anderem die Verwaltung von Mess- und Einstellungsdaten.

11.3.1 Neu

Mit **Neu** erstellen Sie eine neue Datei.

11.3.2 Öffnen

Mit **Öffnen** öffnen Sie eine ausgewählte Datei.

11.3.3 Speichern

Die aktuell geöffnete Datei wird gespeichert. Der Standard-Dateityp ist ein binäres Datenformat mit minimalem Speicherbedarf. Die Dateierweiterung für eine Messdatei dieses Typs ist **'foc'**. Alternativ dazu ist es möglich, die Daten in ein ASCII-Format zu speichern mit der Erweiterung **'mdf'**. Informationen zum Dateiformat **'mdf'** finden Sie im Anhang (Kap. 22.2 auf Seite 77). Nur Dateien mit diesen Formaten können vom Programm geöffnet werden.

11.3.4 Speichern unter

Sie müssen einen Dateinamen vergeben, den Speicherort und das Dateiformat wählen.



Speichern Sie Messdaten nur mit den Erweiterungen „foc“ oder „mdf“. Sie können Messdaten nur betrachten, wenn Sie die entsprechende Datei explizit in der Werkzeuggestreife ausgewählt haben.

11.3.5 Export

Schreibt die Pixelinformation der Leistungsdichteverteilung in eine Excel-Tabelle (*.xls). Alternativ können die numerischen Ergebnisse aus einer „foc“-Datei in eine Tab-separierte Textdatei (*.pkl) gespeichert werden, die in Microsoft Excel importiert werden kann.

11.3.6 Messeinstellungen laden

Bereits gespeicherte Einstellungen können Sie mit **Messeinstellungen laden** wieder zu aktuellen Einstellungen machen. Die standardmäßige Erweiterung für eine Einstellungsdatei des BeamMonitor BM+ ist **'ptx'**.

11.3.7 Messeinstellungen speichern

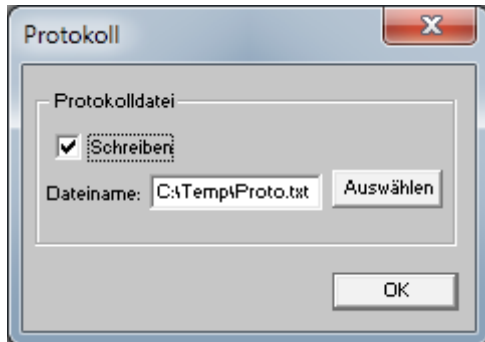
Sie speichern die aktuellen Messeinstellungen (.ptx-Datei).

11.3.8 Protokoll

Sie können die berechneten Messresultate aus einer einzelnen Ebene direkt in eine Textdatei schreiben. Dabei werden gespeichert:

- Datum und Zeit der Messung
- Strahlänge und Strahlradius (nach 86 %- und 2. Momente-Methode)

Dazu aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Schreiben**. Dann können Sie in das Feld **Dateiname** direkt den Namen eingeben oder mit der Schaltfläche **Auswählen** das Standardauswahlmenü nutzen.



11.3.9 Drucken

Sie können direkt aus dem Programm heraus einen Drucker ansprechen. Das aktuelle Fenster kann mit dem Menüpunkt **Drucken** im Menü **Datei** gedruckt werden. Dabei sind auch Einstellungen von Formaten usw. mit dem Menüpunkt **Eigenschaften** möglich.

11.3.10 Vorschau Drucken

Zeigt in einer Vorschau wie der Druck auf Papier aussehen wird.

11.3.11 Zuletzt geöffnete Datei

Auswahl der zuletzt bearbeiteten Dateien.

11.3.12 Ende

Beendet das Programm.

11.4 Bearbeiten

11.4.1 Kopieren

Mit Hilfe der Kopierfunktion ist ein direkter Export von Grafiken in andere Programme möglich. Der Inhalt des aktuellen Fensters wird dabei in die Windows-Zwischenablage übertragen.

11.4.2 Ebene löschen

Der Inhalt der aktuell angezeigten Messebene des Messdatensatzes, der in der Werkzeugleiste ausgewählt ist, wird gelöscht.

11.4.3 Alle Ebenen löschen

Der Inhalt aller Messebenen des Messdatensatzes, der in der Werkzeugleiste ausgewählt ist, wird gelöscht.

11.5 Kommunikation

11.5.1 Freie Kommunikation

Mit Hilfe dieses Menüs können Sie die Kommunikation über den PRIMES-Bus überwachen. Außerdem werden hier die Einstellungen zur Kommunikation vorgenommen (siehe auch „10.1 Ethernetverbindung einrichten“ auf Seite 28).

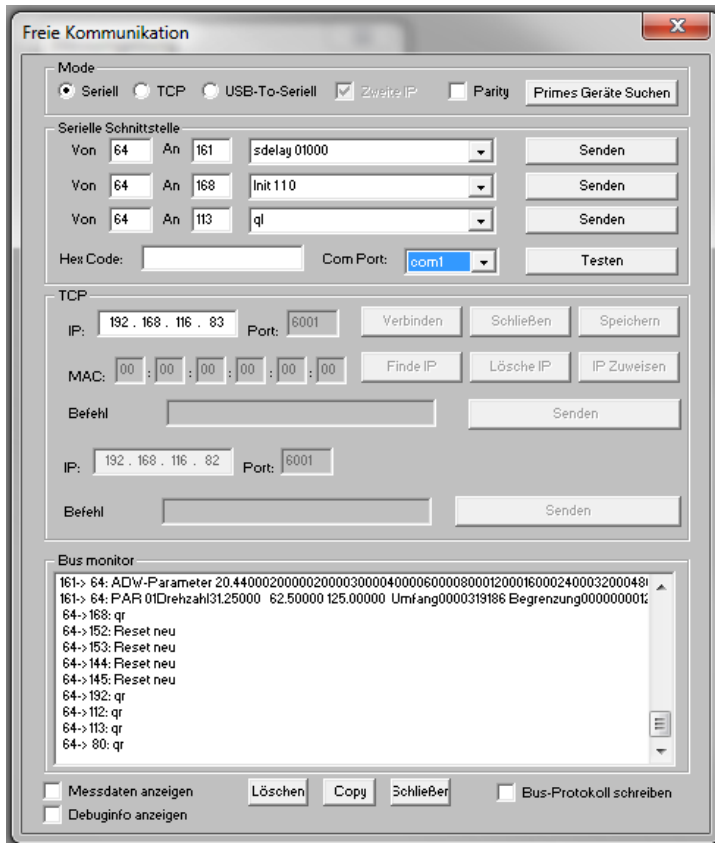


Abb. 11.28: Dialogfenster **Kommunikation**>>**Freie Kommunikation**

11.5.2 Liste gesuchter Geräte

Jedes Gerät von PRIMES hat eine bestimmte Bus-Adresse. Soll mit der LaserDiagnostics Software ein Gerät bedient werden, muss diese Adresse hier eingetragen sein. Hier können Sie auch Adressen hinzufügen oder entfernen.




11.6 Skript

Mit Hilfe von Skripten lassen sich komplexe Messabläufe automatisch steuern.

Skripte sind Programme, die in diversen Skriptsprachen geschrieben sind. Skripte werden fast ausschließlich in Form von Quelltextdateien ausgeliefert, um so ein einfaches Bearbeiten und Anpassen des Programms zu ermöglichen.

11.6.1 Editor

Mit dem Skripteditor können Sie Skripte erstellen, die z. B. komplexe Messabläufe automatisch steuern. Ein Beispiel ist in Abb. 11.29 gezeigt - die Prozedur zur Strahlsuche mit dem BeamMonitor BM+.

Zum Öffnen eines Skripts muss das Öffnen-Symbol angeklickt werden, danach kann eine Datei ausgewählt und per  - Schaltfläche abgespielt werden. Die Schaltfläche  stoppt und  beendet das Skript.

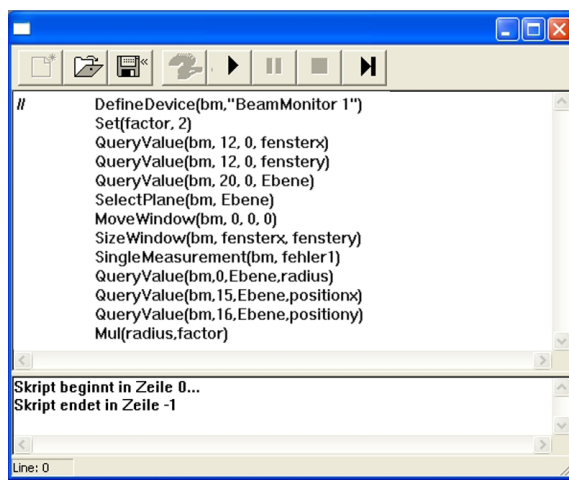


Abb. 11.29: Skript für die Strahlsuche-Prozedur des BeamMonitor BM+

11.6.2 Auflisten

Hier werden alle vorhandenen Skripte aufgelistet



Abb. 11.30: Liste der vorhandenen Skripte

11.6.3 Python

Startet den Python-Editor. Die Grafische Benutzeroberfläche ist identisch mit der in Abb. 11.29 dargestellten. Python ist eine Programmiersprache mit effizienten abstrakten Datenstrukturen und einem einfachen, aber effektiven Ansatz zur objektorientierten Programmierung. Python ist sowohl für Skripte als auch für schnelle Anwendungsentwicklung sehr gut geeignet.

Detaillierte Informationen zur Skriptsteuerung gibt die separate Beschreibung „Dokumentation zur Python-Skript-Steuerung der PRIMES LaserDiagnosticsSoftware“.

12 Messen

Dieses Kapitel beschreibt die manuelle Bedienung des PRIMES-Laser-Diagnosesystems und erklärt, wie die besten Resultate zu erzielen sind.

Eine automatische Messung mit dem BeamMonitor BM+ kann über das PRIMES-SPS-Interface von der Anlagensteuerung aus gestartet werden. In diesem Fall übernimmt eine Ablaufsteuerung, z. B. über ein Skript, den gesamten Messbetrieb. Die Arbeit mit der Skriptsteuerung ist in der zugehörigen Dokumentation beschrieben.



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Im Messbetrieb entsteht Streustrahlung.

- ▶ **Tragen Sie Laserschutzbrillen (OD 6), die an die verwendete Leistung, Leistungsdichte, Laserwellenlänge und Betriebsart der Laserstrahlquelle angepasst sind und entsprechende Schutzkleidung.**
 - ▶ **Sorgen Sie für eine ausreichende Abschirmung der Streustrahlung und die vollständige und sichere Absorption der Strahlung, die das Gerät passiert.**
 - ▶ **Sorgen Sie für den senkrechten Einfall des Strahles in das Messgerät.**
-

12.1 Spezielle Sicherheitshinweise



VORSICHT

Verletzungsgefahr durch rotierende Bauteile

Die Messspitze des BeamMonitor BM+ rotiert im Messbetrieb mit hoher Drehgeschwindigkeit. Auch nach Abschalten des Motors rotiert die Messspitze noch eine gewisse Zeit nach.

- ▶ **Nicht in den Strahleneingang des Messgerätes fassen oder Gegenstände hineinhalten. Nach Abschalten des Motors den Stillstand der Messspitze abwarten.**
-

Auf dem Gerät sind mögliche Gefahrenstellen für Handverletzungen mit folgendem Piktogramm gekennzeichnet:



Warnung vor Handverletzungen

12.2 Voraussetzungen

Die nachfolgende Beschreibung setzt voraus, dass

- die in Kapitel „1 Grundlegende Sicherheitshinweise“ geforderten Schutzmaßnahmen getroffen worden sind
- das Messgerät gemäß Kapitel „7 Montage“ richtig ausgerichtet und stabil befestigt sind
- alle Komponenten des Messsystems gemäß Kapitel „8 Elektrischer Anschluss“ angeschlossen sind
- die Software (LDS) installiert ist

12.3 Mögliche Messarten

12.3.1 Einzelmessung

Es wird nur eine Messung in einer Ebene durchgeführt. Die Einzelmessung können Sie automatisch oder manuell einrichten. Die Position und die Größe des Messfensters können Sie relativ zum maximalen Messbereich einstellen. Die Verstärkung ist getrennt einstellbar. Eine Falschfarbendarstellung ist möglich.

12.3.2 Kaustikmessung

Es werden mehrere Messungen in verschiedenen Ebenen der z-Achse durchgeführt. Die Parameter können Sie manuell im Menüpunkt **Messung>>Messeinstellungen** einstellen. Die Messung ermöglicht die direkte Bestimmung der Beugungsmaßzahl M^2 (Strahlpropagationsfaktors K).



Beim Messen mit dem DBY-PS+ Detektor müssen Sie vor der Kaustikmessung eine manuelle Einzelmessung durchführen (siehe Kapitel 12.5 auf Seite 65).

12.4 Kurzanleitung für eine erste Einzelmessung



Schalten Sie zuerst die Versorgungsspannung des Gerätes ein und warten Sie ca. 20 Sekunden. Starten Sie dann erst die Software.

Beim Ein- oder Ausschalten der Versorgungsspannung wird ein geräteinterner Reset-Zyklus gestartet, während dieser Zeit sind keine Messungen möglich!

1. Schalten Sie die Versorgungsspannung ein. Warten Sie ca. 20 Sekunden bis der geräteinterne Bootvorgang beendet ist.
2. Starten Sie die LaserDiagnosticsSoftware. Die angeschlossenen Geräte werden innerhalb von 20 Sekunden erkannt und oben rechts in der Werkzeuggestreife die Gerätesymbole eingeblendet.



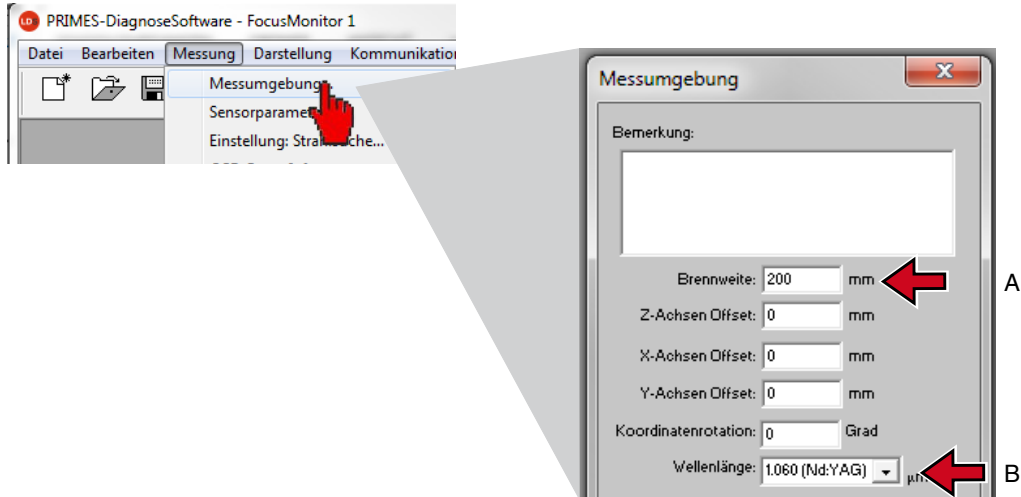
Wenn das Gerät **nicht** erkannt worden ist:

Öffnen Sie das Dialogfenster **Kommunikation>>Freie Kommunikation**:

- Wählen Sie den Mode "TCP" aus (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
- Geben Sie im Feld "TCP" die IP-Adresse Ihres Gerätes ein.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Verbinden" (im Busmonitor erscheint "Connected").
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Speichern" (die Konfiguration wird gespeichert und muss beim Neustart der Software nicht erneut eingegeben werden).

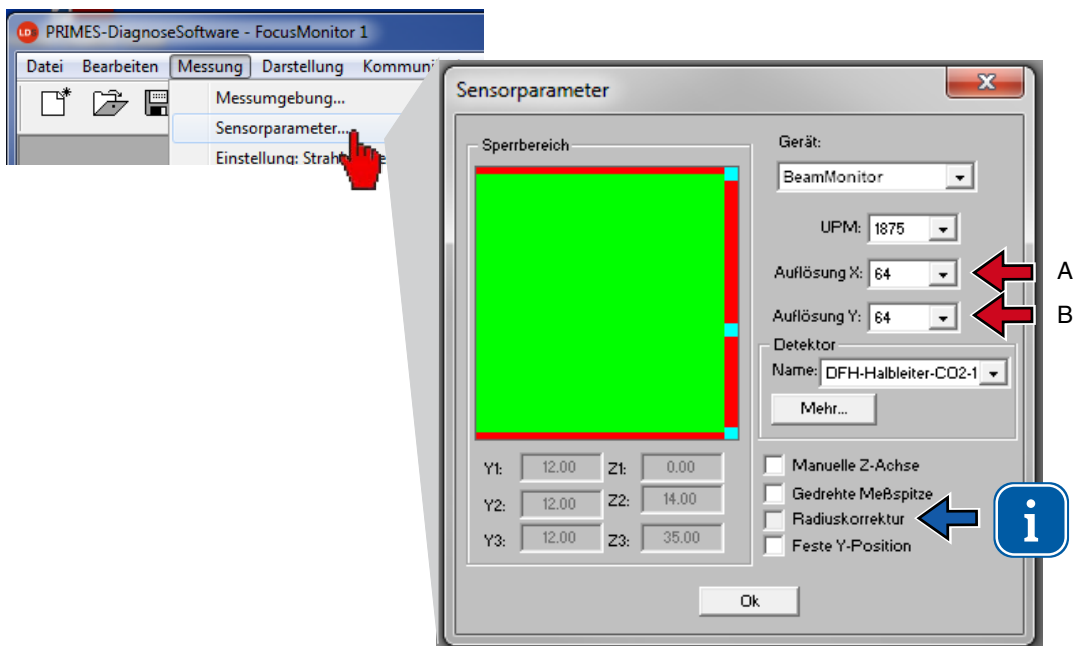
3. Öffnen Sie das Dialogfenster **Messung>>Umgebung** und geben Sie ein:

- A Die Brennweite
- B Wählen Sie die Wellenlänge aus



4. Öffnen Sie das Dialogfenster **Messung>>Sensorparameter** und wählen Sie:

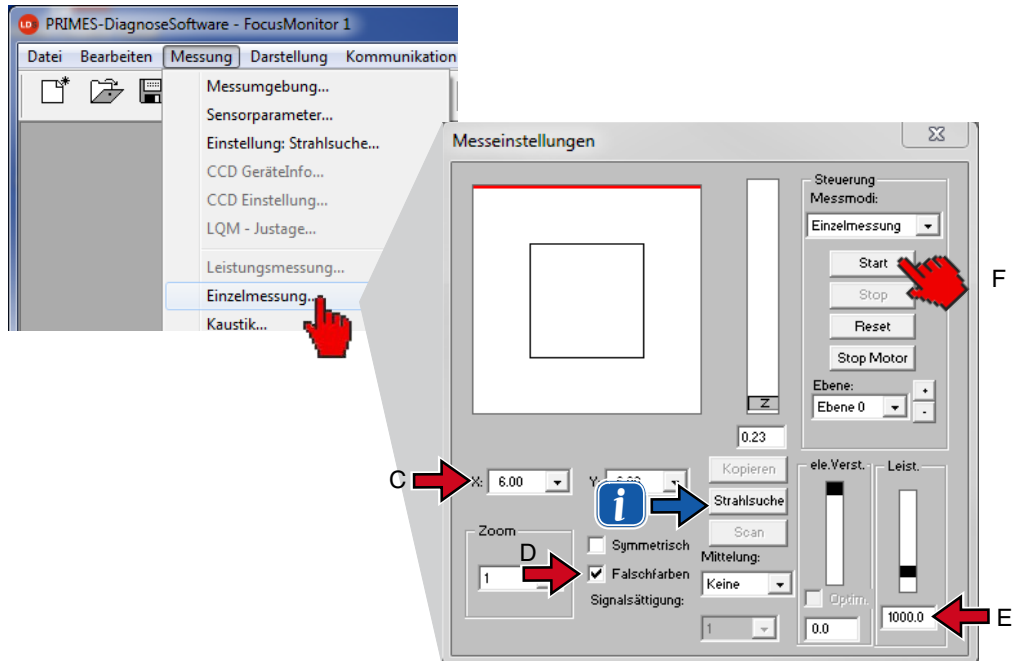
- A Die Auflösung X: 128 (empfohlen)
- B Die Auflösung Y: 128 (empfohlen)



Bei rechteckigen oder linienförmigen Laserstrahlen empfehlen wir, die Radiuskorrektur zu aktivieren.

Öffnen Sie das Dialogfenster **Messung>>Einzelmessung** und wählen Sie

- C Fenstergröße in x-Richtung: empfohlene Einstellung X=8.0 mm
Fenstergröße in y-Richtung: empfohlene Einstellung Y=8.0 mm
- D Falschfarben



- E Geben Sie im Bereich „Leist.“ die Laserleistung des zu messenden Strahls ein.
- F Schalten Sie den Laser ein und klicken Sie auf die Schaltfläche „Start“.



Die Schaltfläche **Strahlsuche** übernimmt beim BeamMonitor BM+ automatisch die Positionierung und die Auswahl des Messfensters. Dabei bleibt die z-Position jedoch unverändert und die Suche beschränkt sich auf den eingestellten Fensterbereich. War die Suche erfolgreich, wird das gefundene Messfenster eingeblendet. Es ist eine reine Suchfunktion. Die Messfenstergröße ist nicht optimiert.

Signalübersteuerung (bei Detektoren für NIR- und CO₂-Laser)

Ist das Signal zu groß, können Sie die Verstärkung reduzieren.

Detektortyp	Empfindlichkeit einstellbar
DBY-PS+	Ja (automatisch)
DBIG-PS+	Ja (automatisch)
DBC+	Nein

Die Messergebnisse können Sie z. B. durch den Menüpunkt **Darstellung>>Variable Schnitte** visualisieren (siehe Abb. 12.1). Hier werden die Konturlinien der räumlichen Leistungsdichteverteilung in x- und y-Richtung angezeigt.

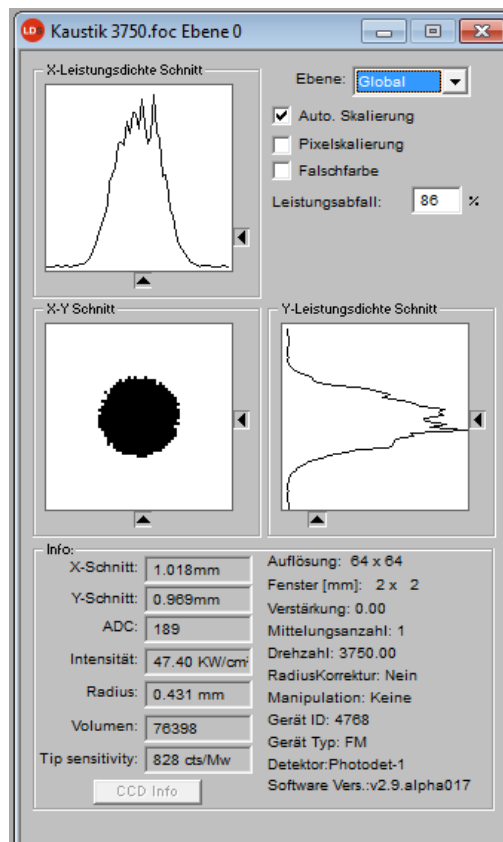


Abb. 12.1: Darstellung des Messergebnisses durch variable Schnitte

Unter **Messung>>Messumgebung>>Kommentar** können Sie spezifische Angaben über die Strahlquelle, die verwendete Fokussieroptik usw. eintragen.

Im Menüpunkt **Datei>>Speichern** können Sie die Messdaten speichern.

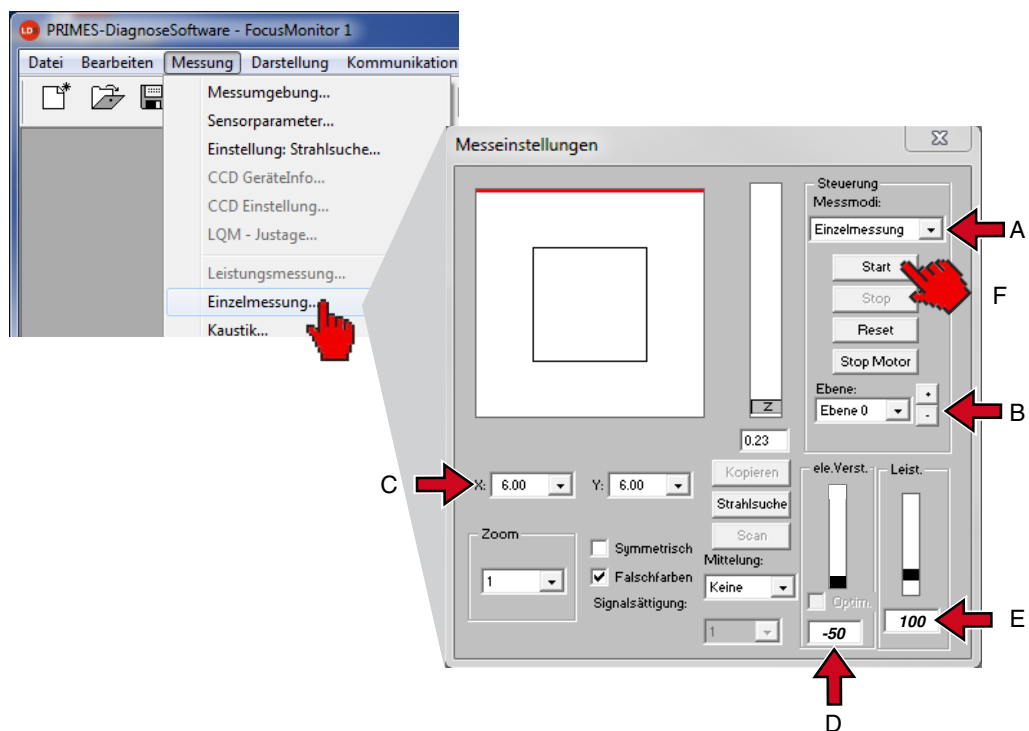
12.5 Messen mit dem Detektor DBY-PS+

Mit diesem neuen Detektor für das NIR ist ein großer Dynamikbereich auch ohne ein mechanisches Umschalten verfügbar.

Wegen seines großen Dynamikbereiches müssen Sie beim Messen mit dem Detektor DBY-PS+ vor der Kaustikmessung eine manuelle Einzelmessung durchführen.

Öffnen Sie das Dialogfenster **Messung->Einzelmessung** und wählen Sie

- A Den Messmode **Einzelmessung**
- B Die **Ebene 0**
- C Die Fenstergröße in x- und y-Richtung



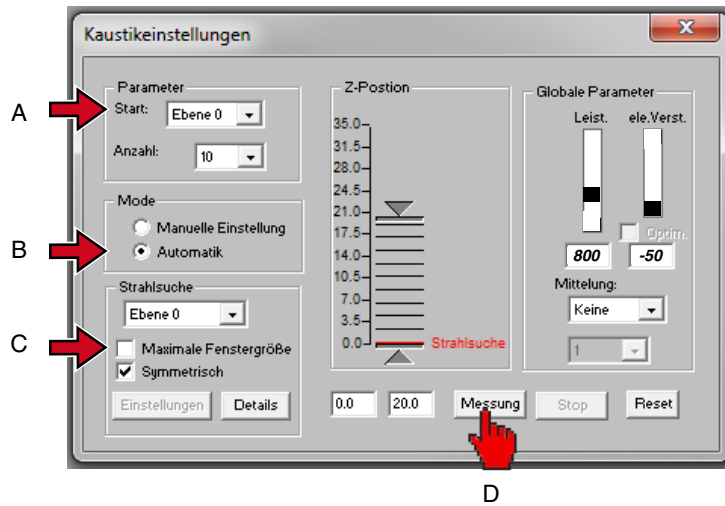
- D Geben Sie im Bereich **el. Verst.** die Verstärkung -50 dB ein.
- E Geben Sie im Bereich **Leist.** die Laserleistung ein.
- F Schalten Sie den Laser ein und klicken Sie auf die Schaltfläche **Start**.

Wurde der Strahl nicht gefunden, wiederholen Sie die Messung unter schrittweisem Erhöhen der Verstärkung (z. B. in 5 dB- oder 10 dB-Schritten) solange, bis der Strahl gefunden wird.

Nachdem der Laserstrahl gefunden wurde und in dieser Ebene vermessen worden ist, können Sie eine Kaustikmessung starten.

Öffnen Sie das Dialogfenster **Messung**>>**Kaustikmessung** und wählen Sie

- A Startebene **Ebene 0**.
- B Mode **Automatik**.
- C Falls aktiv, deaktivieren Sie die Option **Maximale Fenstergröße**.
- D Schalten Sie den Laser ein und klicken Sie auf die Schaltfläche **Messung**.



13 Diskussion der Messergebnisse und Fehleranalyse

Für die korrekte Interpretation der gemessenen Werte und die Beurteilung der errechneten Ergebnisse müssen die spezifischen Eigenschaften des BeamMonitor BM+ berücksichtigt werden.

Das Programm nutzt standardmäßig parallel zwei verschiedene Methoden zur Radiusbestimmung (weitere sind optional verfügbar).

86%-Definition

Der Strahlradius wird berechnet anhand des Strahlgebietes, in dem 86 % der gesamten Laserleistung eingestrahlt werden. Damit lässt sich der Radius eines Kreises bestimmen, der die selbe Fläche umschließt. Darauf basiert die hier verwendete Strahlradiusdefinition (siehe auch „22 Anhang“ auf Seite 77).

Diese Definition ist jedoch nur sinnvoll, wenn es sich um einen rotationssymmetrischen Laserstrahl ohne Modulationsgebiete (partiell sehr geringe Strahlungsintensität) im Strahlgebiet handelt.

2. Momente-Methode-Definition

Der Radius des Laserstrahls wird berechnet aus dem 2. Moment der Leistungsdichteverteilung des Strahls gemäß ISO 11146 (siehe auch „22 Anhang“ auf Seite 77).

Manchmal ist es hilfreich, den Strahlradius manuell durch die 10 – 90 % Leistungsdichte in der **Variable Schnitte**-Darstellung zu bestimmen.

Optionale Radiusdefinitionen (siehe auch Kapitel 23.2.5 auf Seite 84):

- Schneidenmethode nach ISO 11146
- Spaltmethode nach ISO 11146
- Gaußfit-Methode
- $1/e^2$ -Leistungsdichteabfall-Methode
- Leistungseinschluss-Methode mit frei definierbarem 1. Leistungseinschluss
- Leistungseinschluss-Methode mit frei definierbarem 2. Leistungseinschluss

Strahlage im Messfenster

Das Messfenster muss so positioniert werden, dass es den gesamten Strahl umschließt. Dies ist notwendig für eine korrekte Berechnung des Strahlradius und der Strahlage. Die maximale Größe des Messfensters beträgt beim BeamMonitor BM+ 60 (60 mm x 60 mm) und beim BeamMonitor BM+ 100 (100 mm x 100 mm).

Zeitliche Stabilität

Der BeamMonitor BM+ ist für die Vermessung kontinuierlicher Laserstrahlung konzipiert. Zeitliche Schwankungen der Laserleistung oder Veränderungen der räumlichen Leistungsdichteverteilung können möglicherweise nicht exakt vermessen werden, sobald die Zeitkonstante der Schwankungen kleiner als die Messzeit von ca. 3 Sekunden ist.

Geringes Signal/Rausch-Verhältnis

Wenn die gemessenen Signale das Nullniveau nur wenig überschreiten und das Signal zu Rauschverhältnis gering ist, werden die berechneten Strahlparameter in der Übersichtsdarstellung nur in grauer statt in schwarzer Schrift angezeigt. In diesem Fall ist es nicht sicher, ob die berechneten Werte für den Radius und die Position belastbar sind. Prüfen Sie in diesem Fall die Relevanz der Messwerte sorgfältig. Durch Mittelung kann im Allgemeinen das Signal/Rauschverhältnis verbessert werden.

Relaxationsprozesse des Lasers im Bereich von einigen 10 kHz kann der Detektor des BeamMonitor BM+ auflösen. Die Strahlverteilungen erscheinen deshalb manchmal unruhig. Eine zeitliche Mittelung hilft hier.

14 Fehlerbehebung

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Fehler während einer Messung.	<ul style="list-style-type: none"> Fehler in der Datenübertragung Prozessorabsturz im Messsystem Fehler in der Programmausführung 	<ol style="list-style-type: none"> Starten Sie das System neu (Schaltfläche Reset im Menü Messung>>Einzelmessung) Schalten Sie die Versorgungsspannung aus und wieder ein und lösen Sie erneut einen Reset-Zyklus aus. Starten Sie den PC neu.
Außer einem Grundrauschen und dem Nulloffset ¹⁾ ist kein Messsignal vorhanden.	Das Gerät ist nicht richtig ausgerichtet.	Prüfen Sie die Geräteausrichtung zum Laserstrahl.
	Die Leistungsdichte ist zu niedrig.	Erhöhen Sie die Laserleistung. Die absolute Leistungsdichte sollte typischerweise einige kW/cm ² (max. 10 kW/cm ²) betragen, um ein signifikantes Messsignal zu erreichen.
	Bei kleinen Strahldurchmessern (z. B. $r < 6$ mm) und maximalem Messfenster ist die Auflösung zu niedrig gewählt.	Erhöhen Sie die Auflösung (z. B. 256 x 256).
	Die Signalverstärkung ist zu niedrig.	Stellen Sie im Dialogfenster Messung>>Einzelmessung die maximale Verstärkung ein und wählen Sie den maximalen Messbereich. Aktivieren Sie bei der Darstellung die Option Autoscale .
Bei der Vermessung kleiner Strahlen wird ein Versatz der aufgenommenen Messspuren zueinander beobachtet.	Schwankungen im Gleichlauf der Rotationsscheibe sowie Verzögerungen beim Auslösen des Triggersignals.	Legen Sie die Strahlposition möglichst weit an den linken Rand des Messfensters. So wird der zeitliche Abstand zwischen dem Triggersignal und dem Messbeginn kleiner und Störungen können so reduziert werden. Oft ist hier auch eine Mittelung hilfreich.

¹⁾ Beim BeamMonitor BM+ etwa 800 counts, (die aktuelle Zahl der „Counts“ können Sie im Menüpunkt **Darstellung>>Variable Schnitte** ablesen).

15 Auswahl der Detektoren

Je nach Anwendung werden verschiedene Detektoren eingesetzt (siehe Tab. 15.1). Um das unterschiedliche Zeitverhalten der Systeme zu kompensieren, sind die verwendeten Detektoren explizit im Menü **Messung** >> **Sensorparameter** auszuwählen.

Detektortyp	Laser	Sensorart	Verstärkung	Wellenlängenbereich in μm
DBC+	CO ₂	Pyroelektrischer-Detektor	1	9 – 12
DBY-PS+	NIR/ VIS	Photodiode	Automatische Anpassung der Empfindlichkeit	0,4 – 1,1
DBIG-PS+	NIR	Photodiode	Automatische Anpassung der Empfindlichkeit	0,9 – 1,7

Tab. 15.1: Detektorauswahl

15.1 Detektor am BeamMonitor BM+ wechseln

Zum Detektorwechsel müssen Sie die Revisionsöffnung im Boden des Gehäuses öffnen. Diese ist mit vier Torx-Schrauben (T8) befestigt.

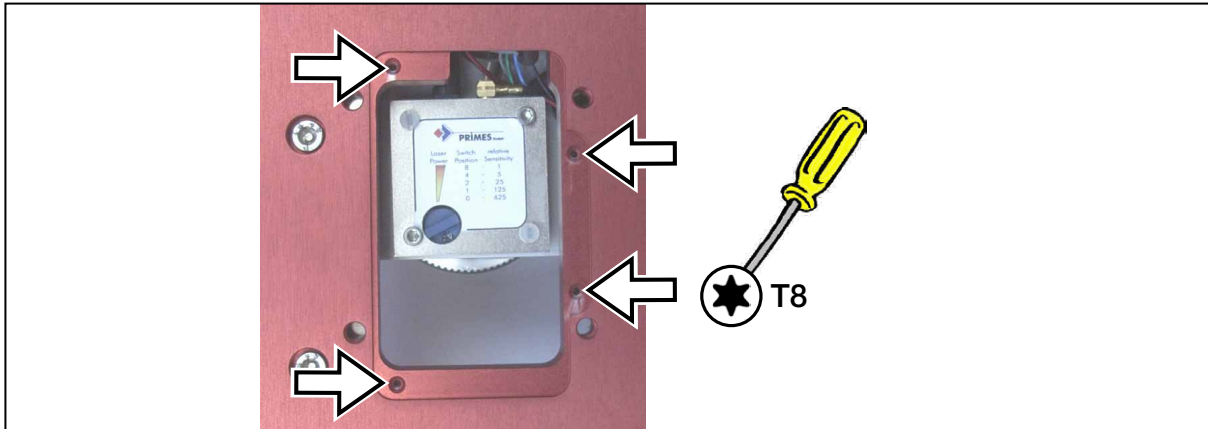


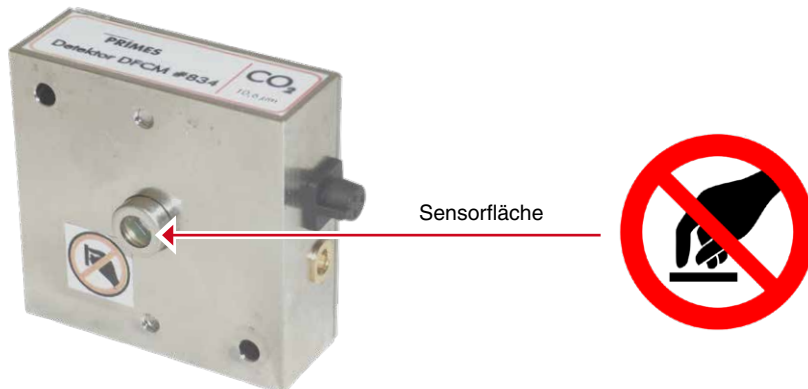
Abb. 15.1: Revisionsöffnung des BeamMonitor BM+

ACHTUNG

Beschädigungsgefahr des Detektorsensors

Der Detektorsensor darf nicht beschädigt werden und ist vor Verschmutzung zu schützen.

- ▶ Berühren Sie den Detektorsensor nicht mit den Fingern und legen Sie ihn nie auf der Sensorfläche ab.



Verwenden Sie ausschließlich die isolierenden Kunststoffschrauben zur Befestigung des Detektors. Damit wird vermieden, dass elektrische Rauschsignale eingestreut werden können. Vergessen Sie das Moosgummiplättchen beim Einbau nicht, sonst kann die Rotationsscheibe durch die Schrauben mechanisch blockiert werden. Das Moosgummiplättchen sorgt ebenfalls für eine mechanische Entkopplung des Detektors.

Montagefolge:

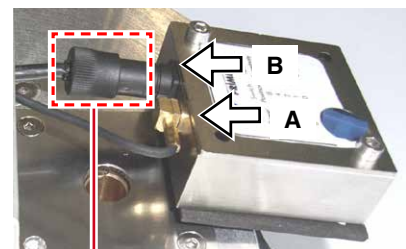
- ▶ Schalten Sie die Spannungsversorgung aus.
- ▶ Entfernen Sie die Kunststoffschrauben (D) am Detektor (Bild 1).

Bild 1



- ▶ Nehmen Sie vorsichtig den Detektor aus der Position und lösen Sie zuerst den goldfarbenen Winkelstecker (A), danach den schwarzen Stecker (B) an der Rückseite des Detektors.

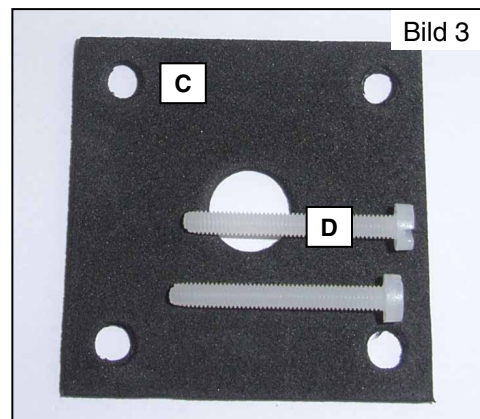
Bild 2



- ▶ Bitte ziehen Sie nicht an den Kabeln!

- ▶ Zur Montage des neuen Detektors legen Sie zuerst das Moosgummiplättchen (C) auf die Befestigungsfläche des Detektors (Bild 3). Schließen Sie dann die Kabel an.

Bild 3



- ▶ Schrauben Sie den Detektor mit den beiden Kunststoffschrauben (D) fest.

- ▶ Werden die Schrauben zu fest angezogen, können sie die Rotations-scheibe blockieren!

- ▶ Ziehen Sie die Schrauben nur **handfest** an.

- ▶ Das Moosgummiplättchen darf maximal auf die Hälfte seiner ursprünglichen Dicke zusammengedrückt werden!

16 **Wartung und Inspektion**

Für die Festlegung der Wartungsintervalle für das Messgerät ist der Betreiber verantwortlich. PRIMES empfiehlt ein Wartungsintervall von 12 Monaten für Inspektion und Validierung oder Kalibrierung. Bei sporadischem Gebrauch des Messgeräts kann das Wartungsintervall auch auf bis zu 24 Monate festgelegt werden.

17 **Transport**

Um Schäden zu vermeiden empfehlen wir, den BeamMonitor BM+ nur in der Originalverpackung oder im PRIMES-Transportkoffer zu befördern.

18 **Maßnahmen zur Produktentsorgung**

PRIMES ist im Rahmen des Elektro-Elektronik-Gesetzes (Elektro-G) verpflichtet, nach dem August 2005 gefertigte PRIMES-Messgeräte kostenlos zu entsorgen. PRIMES ist bei der Stiftung Elektro-Altgeräte-Register („EAR“) als Hersteller unter der Nummer WEEE-Reg.-Nr. DE65549202 registriert.

Sie können innerhalb der EU zu entsorgende PRIMES-Messgeräte zur kostenfreien Entsorgung (dieser Service beinhaltet nicht die Versandkosten) an unsere Adresse senden:

PRIMES GmbH
Max-Planck-Str. 2
D-64319 Pfungstadt
Deutschland

19 Konformitätserklärung

Original-EG-Konformitätserklärung

Der Hersteller: PRIMES GmbH, Max-Planck-Straße 2, 64319 Pfungstadt

erklärt hiermit, dass das Gerät mit der Bezeichnung:

BeamMonitor (BM)

Typen: **BM60; BM100; BM+60; BM+100; BMHQ**


die Bestimmungen der folgenden einschlägigen EG-Richtlinien erfüllt:

- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- EMV-Richtlinie 2014/30/EU
- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU
- RoHS-Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten
- Richtlinie 2004/22/EG über Messgeräte

Bevollmächtigter für die Dokumentation:
PRIMES GmbH, Max-Planck-Str. 2, 64319 Pfungstadt

Der Hersteller verpflichtet sich, die technischen Unterlagen der zuständigen nationalen Behörde auf begründetes Verlangen innerhalb einer angemessenen Zeit elektronisch zu übermitteln.

Pfungstadt, 12. Oktober 2018



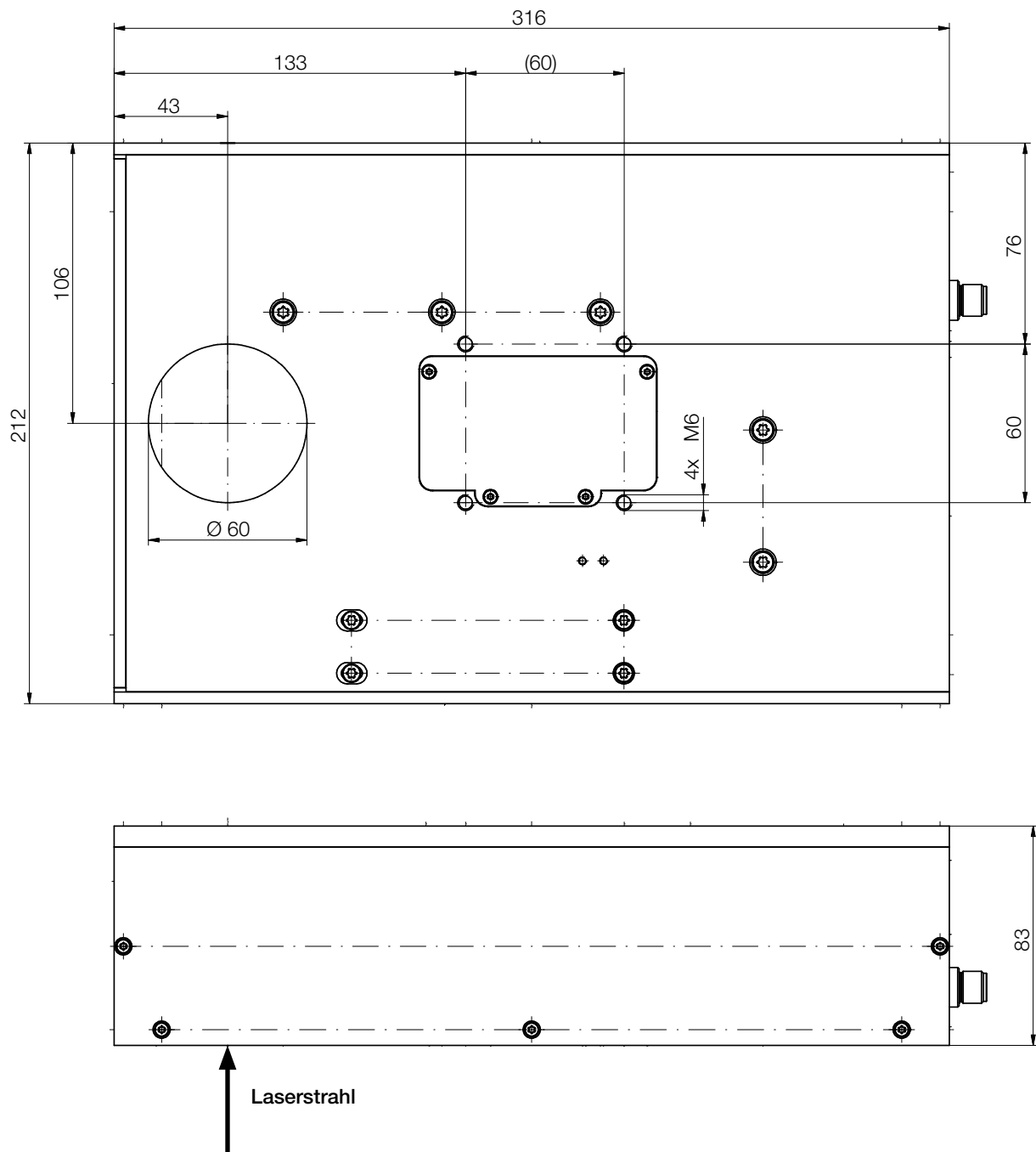
Dr. Reinhard Kramer, Geschäftsführer

20 Technische Daten

Versorgungsdaten			
Versorgungsspannung, DC	V	24 ± 10 %	
Maximale Stromaufnahme	A	1,8	
Max. Stromaufnahme im Standby-Betrieb	A	0,4	
Kenndaten Messung			
Dynamik A/D-Wandlung	bit	16	
Leistungsbereich	W	50 – 25 000	
Max. Leistungsdichte	kW/cm ²	10	
Wellenlängen	µm	10,6 oder 1,06	
Strahlabmessungen	mm	10 – 70	
Max. Strahldivergenz	mrاد	< 100	
Messgenauigkeit (Strahlabmessungen)	%	± 5	
Reproduzierbarkeit (Strahlabmessungen)	%	± 3	
Drehzahl	min ⁻¹	1 562	
Kommunikation			
Schnittstellen	–	Ethernet, RS485	
Maße und Gewichte		BM+ 60	BM+ 100
Abmessungen Länge x Breite x Höhe	mm	316 x 212 x 83	436 x 292 x 83
Gewicht, ca.	kg	9	10
Umgebungsbedingungen			
Gebrauchstemperaturbereich	°C	+10 ... +40	
Lagerungstemperaturbereich	°C	-10 ... +50	
Referenztemperatur	°C	+22	
Zulässige relative Luftfeuchte (nicht kondensierend)	%	0 ... 80	

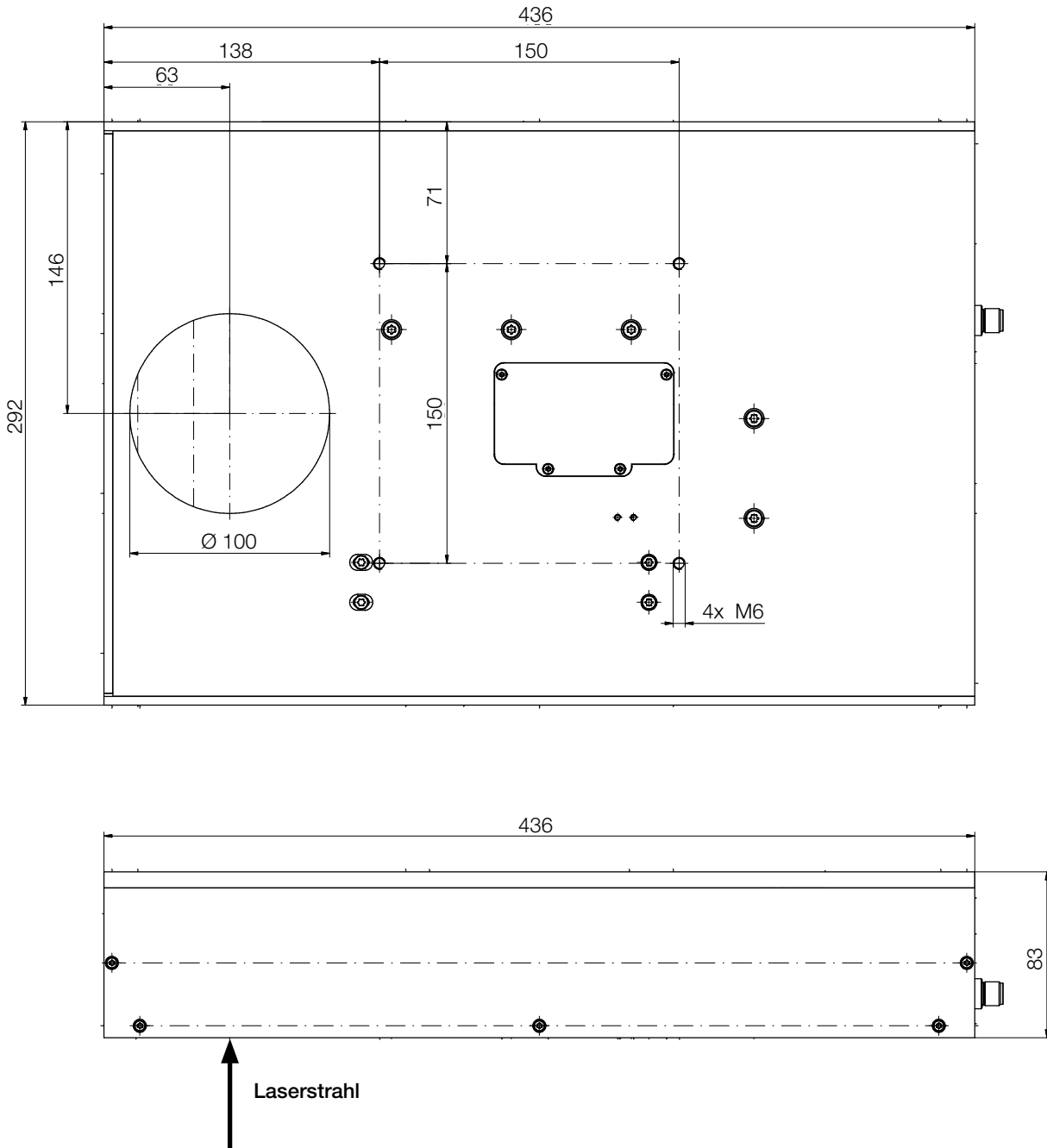
21 Abmessungen

21.1 BeamMonitor BM+ 60



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

21.2 BeamMonitor BM+ 100



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

22 Anhang

22.1 Anlagensteuerung (Option)

Eine Verbindung zur Anlagensteuerung ist optional möglich. Für Fragen wenden Sie sich bitte an Ihren PRIMES-Vertriebspartner.

22.2 Beschreibung des MDF-Dateiformates

Das MDF-Dateiformat ist ein einfaches ASCII-Format, das die wichtigsten Daten einer Strahlvermessung enthält. MDF steht für „Measurement Data Format“.

Durch dieses vereinheitlichte Format sollen Konversionsprobleme zwischen unterschiedlichen Auswerteprogrammen reduziert werden und auch eine sichere Datenübertragung auch z. B. durch E-Mail gewährleistet werden.

Ein wesentlicher Vorteil vom MD-Format ist die Möglichkeit, Messdaten speicherplatzsparend und schnell zu speichern. Außerdem kann auch der Lesezugriff auf die Daten in der Datei optimiert werden. Dazu muss die Datei einmalig, beispielsweise beim ersten Öffnen, umgewandelt („sortiert“) werden, wodurch ein indizierter und somit schneller Zugriff auf die Daten möglich wird.

MDF enthält sowohl die während einer Messung anfallenden Rohmessdaten, als auch Metadaten, die zur Interpretation der Rohdaten notwendig sind. Dazu gehören beispielsweise Informationen zur Umwandlung der Rohdaten in physikalische Werte.

Die MDF-Dateien sind wie folgt gegliedert:

Zeile	Inhalt
1	MDF100 (file identifier)
2	Zahl der Bildpunkte: in x-Richtung in y-Richtung
3	Größe des Messbereiches: Länge in x (mm) Länge in y (mm)
4	Position entlang der Strahlachse: z-Position (mm)
5	Position entlang der Strahlachse: z-Position (mm)
6	Verstärkung des Messsignals: Verstärkung (dB)
7	Zahl der Mittelungen: Zahl
8	Offset-Wert der vom Messgerät angezeigt wird: Offset - Wert
9	Wellenlänge-Wert
10	Leistung-Wert
11	Brennweite-Wert
12	Datum, Uhrzeit-Wert
x	In den folgenden Zeilen stehen die Daten (Es stehen nicht mehr als 80 Zeichen pro Zeile.)
x	
x	

Kommentare werden als zusätzliche Zeilen eingefügt, in der Zeile nach dem file identifier. Die Kommentarzeilen beginnen jeweils mit einem Semikolon.

Beispiel:

MDF100

;This is an example.

;These lines are comment.

64 64

2 2

11

...

...

1

10

10 10 10 10 10 10 10 10 10 10

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

20 20 20 20 20 18 16 14 12 10

....

....

23 Grundlagen der Strahldiagnose

23.1 Laserstrahlparameter

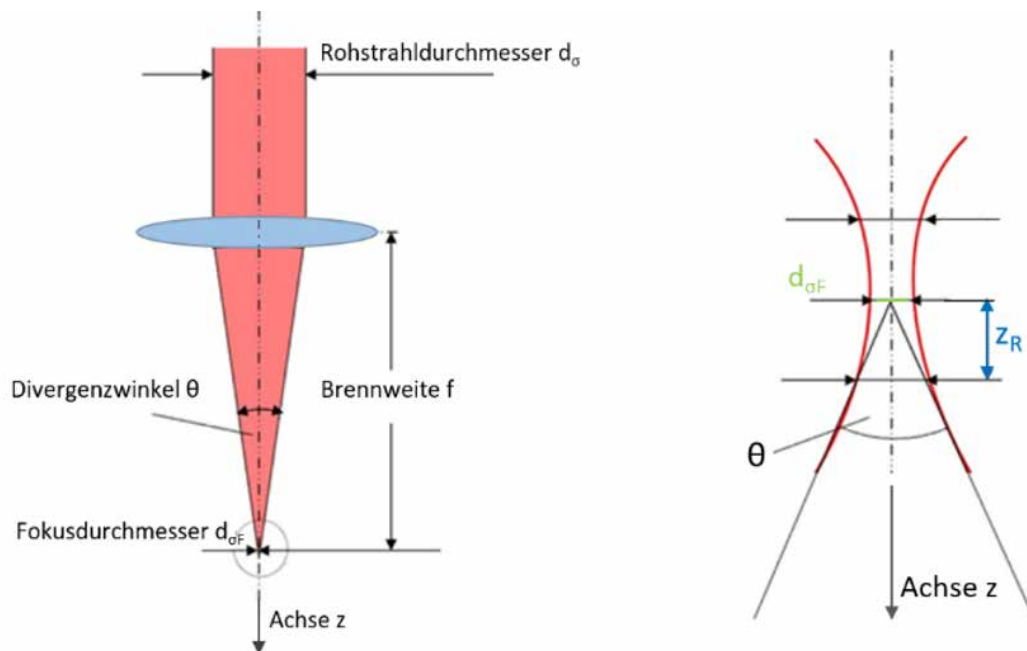


Abb. 23.1: Skizze zur Definition der Strahlparameter

23.1.1 Rotationssymmetrische Strahlen

Entsprechend ISO 11145 und ISO 11146 werden für die Charakterisierung eines rotationssymmetrischen Strahls drei Strahlparameter benötigt.

- die z-Position der Strahltaile (Fokus) z_0
- den Durchmesser der Strahltaile $d_{\sigma F}$
- den Fernfelddivergenzwinkel Θ

Mit Hilfe dieser drei Größen ist es möglich den Strahldurchmesser an jedem Ort entlang der Ausbreitungsrichtung zu bestimmen. Als Einschränkung gilt: Der Divergenzwinkel muss kleiner sein als 0,8 rad und Fokusbereich sowie Divergenzwinkel sind nach der 2. Momente-Methode berechnet worden.

Gleichung 1:
$$d_{\sigma}(z) = \sqrt{d_{\sigma 0}^2 + \frac{1}{4}(z - z_0)^2 \cdot \theta_{\sigma}^2}$$

Weiterhin wird die Strahlausbreitung durch den sogenannten Strahlpropagationsfaktor K beschrieben.

Gleichung 2:
$$K = \frac{1}{M^2} = \frac{4 \cdot \lambda}{\pi} \cdot \frac{1}{d_{\sigma 0} \cdot \theta_{\sigma}}$$

mit:

- K: = Strahlpropagationsfaktor
- M^2 : = Beugungsmaßzahl
- λ : = Wellenlänge in einem Medium mit der Brechzahl n
- Θ_{σ} : = Divergenzwinkel
- $d_{\sigma 0}$: = Strahltaillendurchmesser

Das sich hieraus ableitende Strahlparameterprodukt ist eine Erhaltungsgröße, solange abbildungsfehlerfrei und aperturfreie Komponenten verwendet werden.

Gleichung 3:
$$SPP = \frac{d_{\sigma 0} \cdot \theta}{4} = \frac{\lambda}{\pi \cdot k} = \frac{M^2 \cdot \lambda}{\pi}$$

Ein wichtiger Strahlparameter ist die Rayleighlänge:

Die Rayleighlänge ist die Strecke in Richtung der Ausbreitung, in der sich der Laserstrahl um $\sqrt{2}$ vergrößert hat. Sie berechnet sich nach folgender Formel:

Gleichung 4:
$$z_R = \frac{d_{\sigma 0}}{\theta} = \frac{\pi \cdot d_{\sigma 0}^2}{4\lambda \cdot M^2}$$

23.1.2 Nicht rotationssymmetrische Strahlen:

Um nichtrotationssymmetrische Strahlen beschreiben zu können, werden folgende Strahlparameter benötigt.

- die z-Positionen der Strahlteile (Fokus) z_x und z_y
- die Durchmesser der Strahlteile $d_{\sigma 0x}$ und $d_{\sigma 0y}$
- die Fernfelddivergenzwinkel $\theta_{\sigma x}$ und $\theta_{\sigma y}$
- den Winkel φ zwischen der x' - Achse des Messsystems und der x - Achse des Strahls (die x - Achse des Strahls ist jede, die am nächsten zur x - Achse des Messsystems liegt.)

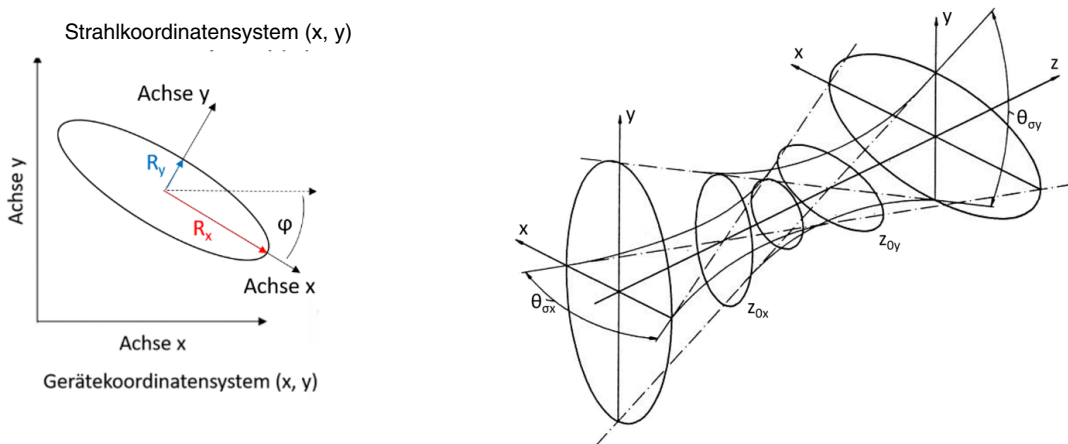


Abb. 23.2: Strahlparameter des nichtrotationssymmetrischen Strahls

Mit Hilfe der oben genannten Parametern lassen sich alle Strahlen, die sich durch zwei zueinander senkrecht stehenden Achsen charakterisieren lassen, beschreiben.

Die weiteren Strahlparameter, wie die K-Zahl oder die Beugungsmaßzahl, werden richtungsabhängig mit den selben Gleichungen berechnet, wie die der rotationssymmetrischen Strahlen. Es ergeben sich somit stets zwei Parameter wie z. B. K_x und K_y .

23.2 Berechnung der Strahldaten

Es sind - zur Berechnung der Strahldaten - sowohl die von dem ISO Standard 11146 geforderten Algorithmen zur 2. Momente-Methode implementiert, als auch die in der Industrie weit verbreitete 86 %-Methode. Für den Gauß'schen TEM00-Mode liefern beide Methoden sehr ähnliche Ergebnisse, wohingegen für die meisten anderen realen Laserstrahlen die 2. Moment-Methode größere Strahldurchmesser berechnet als die 86%-Methode.

Laserstrahlung ist oft eine Mischung aus verschiedenen Moden mit unterschiedlichen Frequenzen und Kohärenzeigenschaften.

Alle bekannten Messverfahren liefern nur einen kleinen Teil der Information über den Strahl. Deswegen hängen die berechneten Strahlparameter immer vom Messprinzip ab. Für die Interpretation der Messergebnisse ist es wichtig, sich dessen bewusst zu sein.

Die Berechnung des Strahlradius setzt drei vorbereitende Schritte voraus:

1. Messung der Leistungsdichteverteilung
2. Bestimmung des Nulllevels
3. Bestimmung der Strahlage

23.2.1 Bestimmung des Nulllevels

Der Nulllevel kann zum Beispiel mit einem Histogramm bestimmt werden, in dem die Häufigkeit der gemessenen Leistungsdichtewerte aufgetragen ist (siehe Abb. 23.3).

• Nulllevel des Signals

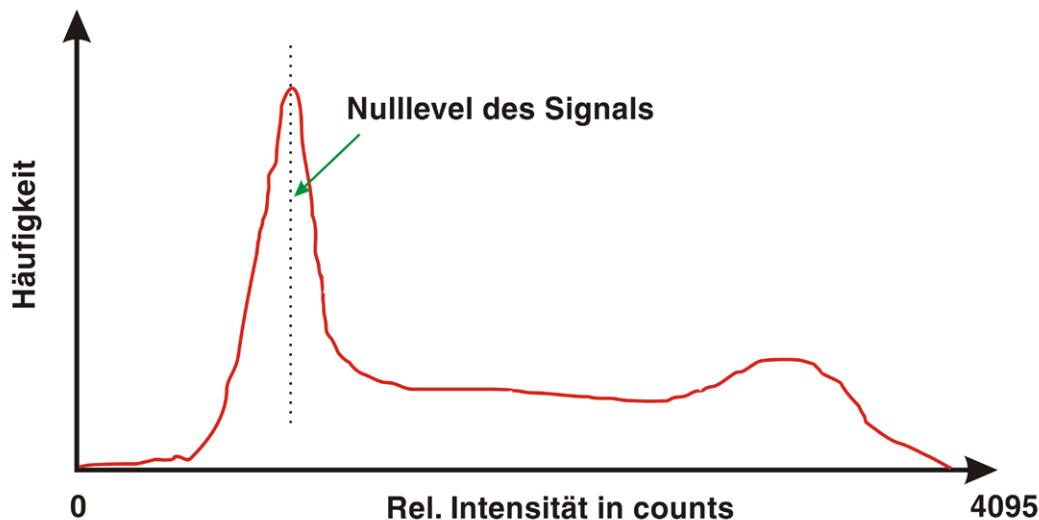


Abb. 23.3: Schematisches Histogramm der abgetasteten Messpunkte

Das Histogramm zeigt, wie häufig eine bestimmte Leistungsdichte gemessen wurde. Das Maximum dieser Kurve gibt die Leistungsdichte des Nulllevels an. Diese Leistungsdichte wird von allen gemessenen Werten der Leistungsdichteverteilung abgezogen.

Es ist wichtig den Nulllevel genau zu messen, weil schon ein kleiner Fehler zu einer drastischen Änderung des Berechnungsvolumen führt. Dies wiederum hat große Auswirkung auf den berechneten Strahlradius.

23.2.2 Bestimmung der Strahlage

Die Strahlage wird nach der 1. Momente-Methode bestimmt. Das heißt, es wird der Schwerpunkt der Leistungsdichteverteilung ($E(x,y,z)$) bestimmt.

Gleichung 5:
$$\bar{x} = \frac{\int \int x \cdot E(x, y, z) dx dy}{\int \int E(x, y, z) dx dy} \quad \bar{y} = \frac{\int \int y \cdot E(x, y, z) dx dy}{\int \int E(x, y, z) dx dy}$$

Nachdem die Strahlage bekannt ist, gibt es - wie eingangs des Kapitels erwähnt - zwei Möglichkeiten, den Strahlradius zu berechnen.

23.2.3 Radiusbestimmung mit dem 2. Moment der Leistungsdichteverteilung

Die Berechnung des Strahlradius nach dem 2. Moment der Leistungsdichteverteilung erfolgt nach Gleichung 6.

Gleichung 6:

$$\sigma_x^2(z) = \frac{\iint (x - \bar{x})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad \sigma_y^2(z) = \frac{\iint (y - \bar{y})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy}$$

Ausgehend von Gleichung 6 berechnet sich der Strahldurchmesser folgendermaßen:

$$d_{\sigma_x}(z) = 4 \cdot \sigma_x(z)$$

Gleichung 7:

$$d_{\sigma_y}(z) = 4 \cdot \sigma_y(z)$$

Dieser Algorithmus beinhaltet das Produkt aus der Leistungsdichte und dem Abstandsquadrat zum Schwerpunkt. Er funktioniert nur zuverlässig, wenn die Nullebene richtig bestimmt ist. Der Füllfaktor, der Quotient aus Strahldurchmesser durch Integrationsbereich/Messfenstergröße, ist eine weitere wichtige Größe. Er sollte stets einen Wert zwischen 0,3 und 0,6 haben.

23.2.4 Radiusbestimmung mit der Methode des 86%igen Leistungseinschlusses

Der erste Schritt ist die Bestimmung des Volumens der Leistungsdichteverteilung. Es ist proportional zur Gesamtleistung. Die Addition aller Leistungsdichtewerte und ihre Multiplikation mit den Pixelabmessungen ergibt das Volumen und somit die Gesamtleistung. Ein zuverlässiger Nulllevelabzug ist auch hier die wesentliche Basis.

Ausgehend von dieser Gesamtleistung wird der Bereich betrachtet, der 86 % der Gesamtstrahlleistung einschließt. Diese Strahlleistung muss innerhalb des Strahlradius liegen.

Typischerweise startet die Integration bei den Werten maximaler Leistungsdichte. Dann wird der Integrationsbereich solange vergrößert, bis 86 % der Gesamtleistung innerhalb liegen. Bei der Integration wird die Zahl der Bildpunkte gezählt. Daraus kann schließlich die 86 %-Fläche und somit der Strahldurchmesser bestimmt werden. Für zirkulare grundmodeähnliche Strahlen arbeitet das Verfahren gut.

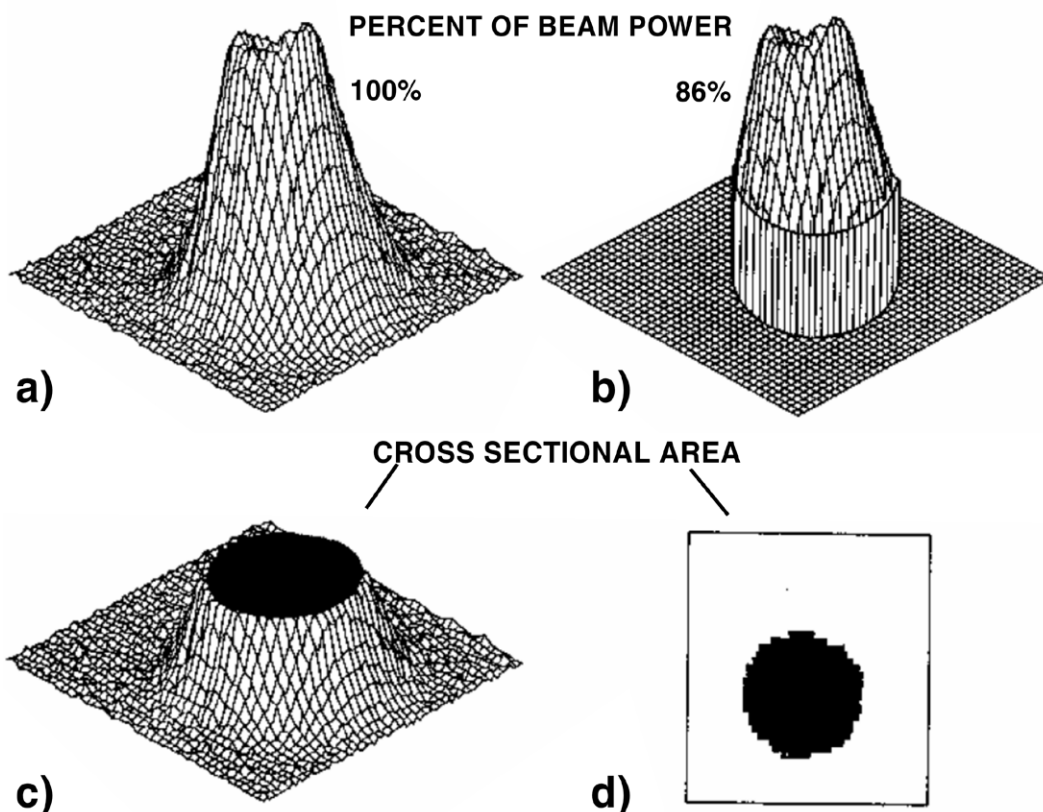


Abb. 23.4: Grafische Darstellung der Berechnung des 86%-Radius

- a) zeigt die Leistungsdichteverteilung
- b) zeigt nur die Bildpunkte, die zusammen 86 % der Leistung einschließen.
Die Bildpunkte mit niedriger Leistung sind zur Verdeutlichung auf Null gesetzt.
- c) zeigt einen Schnitt beim „86 %-Leistungseinschluss“.
Das Niveau liegt bei 14 % der maximalen Leistung
- d) zeigt den Schnitt durch die Verteilung bei 86 %.

23.2.5 Weitere Radiusdefinitionen (Option)

Nicht alle Messgeräte zur Laserstrahldiagnose zeigen das gleiche Messergebnis, wenn sie zu vergleichenden Messungen an ein und demselben Laserstrahl herangezogen werden. Neben einer unterschiedlichen Validierung der Messgeräte haben auch die Messverfahren und die verwendeten Auswertalgorithmen Einfluss auf die ermittelten Strahlabmessungen. Nicht alle verwendeten Verfahren sind normenkonform, werden aber, z. B. im wissenschaftlichen Bereich, bevorzugt verwendet. Aus praktischen Gründen, z. B. zur Auslegung von Blenden oder zur Korrelation mit Bearbeitungsergebnissen, kann es auch hilfreich sein, alternative Strahlradiusdefinitionen zu verwenden.

Optional bieten wir eine Erweiterung auf folgende alternative Radiusdefinitionen an:

1. Schneidenmethode nach ISO 11146-3
2. Schlitzmethode nach ISO 11146-3
3. Gaußfit-Methode
4. $1/e^2$ -Leistungsdichteabfall-Methode
5. Leistungseinschluss-Methode mit frei definierbarem 1. Leistungseinschluss
6. Leistungseinschluss-Methode mit frei definierbarem 2. Leistungseinschluss

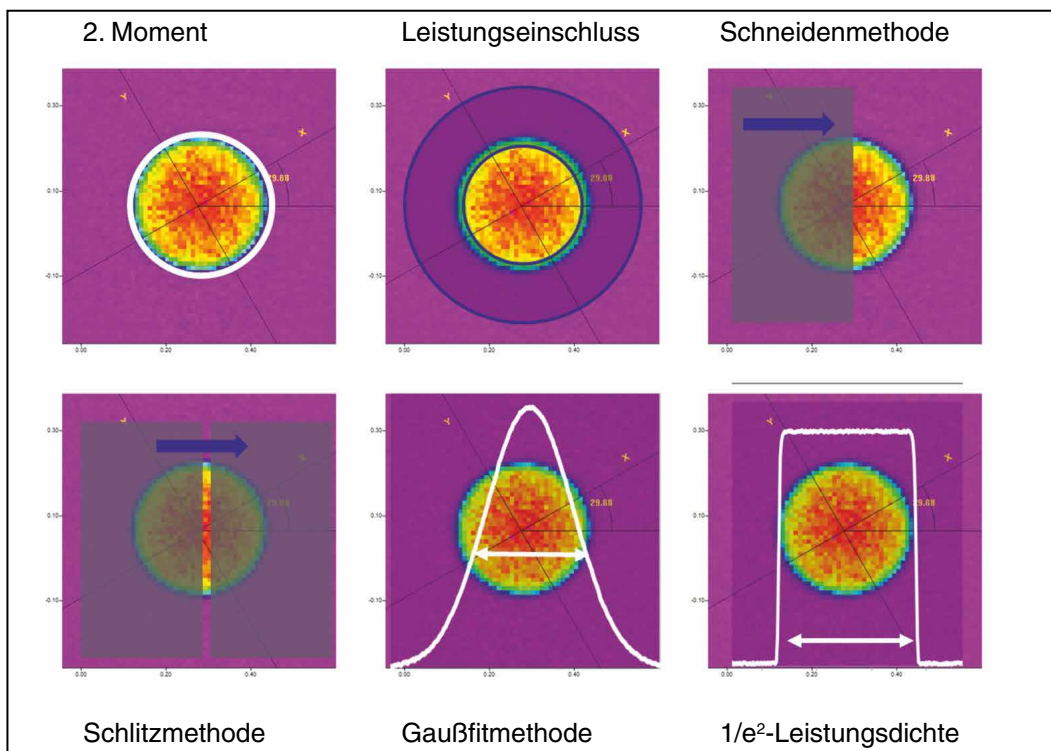


Abb. 23.5: Schematische Darstellung der optional für die PRIMES-LDS angebotenen Strahlradiusdefinitionen