

Originalbetriebsanleitung



FocusMonitor FMW+ R2

LaserDiagnosticsSoftware LDS

WICHTIG!

VOR DEM GEBRAUCH SORGFÄLTIG LESEN.

ZUR SPÄTEREN VERWENDUNG AUFBEWAHREN.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlegende Sicherheitshinweise	7
2	Symbole und Konventionen	10
3	Über diese Betriebsanleitung	11
4	Gerätebeschreibung	12
4.1	Funktionsbeschreibung	12
4.2	Messprinzip	13
4.3	Optische Anzeige	13
4.4	Erläuterung der Produktsicherheitslabel	14
4.5	Lieferumfang und optionales Zubehör	16
5	Transport und Lagerung	16
6	Installation und Einstellungen am PC	17
6.1	LaserDiagnosticsSoftware LDS installieren	17
6.2	IP-Adresse des PCs einstellen	17
7	Montage	18
7.1	Bedingungen am Einbauort	18
7.2	Einbau in die Laserlage	18
7.2.1	Montage vorbereiten	18
7.2.2	Mögliche Einbaulagen	19
7.2.3	Gerät ausrichten	19
7.2.4	Gerät montieren	20
7.3	Ausbau aus der Laseranlage	20
8	Anschlüsse	21
8.1	Übersicht Anschlüsse	21
8.2	Spannungsversorgung	22
8.3	Ethernet	22
9	Messen mit der LaserDiagnosticsSoftware LDS	23
9.1	Warnhinweise	23
9.2	Messbereitschaft herstellen	24
9.3	Gerät mit der LDS verbinden/trennen	25
9.3.1	Gerät einschalten und mit der LDS verbinden	25
9.3.2	IP-Adresse eines verbundenen Gerätes ändern	26
9.3.3	Gerät von der LDS trennen und ausschalten	26
9.4	Allgemeine Informationen zum Arbeiten mit der LDS	27
9.4.1	Benutzerdefinierten Gerätenamen eingeben	27
9.4.2	Das Menü „Gerätesteuerung“ öffnen	27
9.4.3	Messmodus öffnen	28
9.4.4	Parameter eingeben und aktivieren	29
9.4.5	Speichermöglichkeiten	30
9.5	Einstellungen die in den verschiedenen Messmodi gelten	31
9.5.1	Achse verfahren	31
9.5.2	Eingaben zur verwendeten Messspitze	32
9.6	Gerätesteuerung	33
9.6.1	Einstellungen	33
9.6.2	Erweitert	35

9.7	Linescan	37
9.7.1	Laserstrahl automatisch suchen.....	37
9.7.2	Messbahn manuell anpassen.....	38
9.7.3	Messung starten.....	39
9.7.4	Anzeige der Messergebnisse	39
9.8	Einzelebenen.....	40
9.8.1	Laserstrahl automatisch suchen.....	40
9.8.2	Messfenster manuell anpassen	41
9.8.3	Manuelle Kaustik mit dem Messmodus Einzelebene messen	42
9.8.4	Messung starten.....	44
9.8.5	Anzeige der Messergebnisse	44
9.9	Monitor	45
9.9.1	Laserstrahl automatisch suchen.....	45
9.9.2	Messfenster manuell anpassen	46
9.9.3	Messung starten.....	47
9.9.4	Anzeige der Messergebnisse	47
9.10	Tool Center Point (TCP) ermitteln.....	48
9.10.1	Abstand der Strahleintrittsöffnung zur Bezugsebene	48
10	Fehlerbehebung	49
10.1	Meldungen der LDS beim Messen	49
10.2	Verbindungsfehler mit der LDS	50
10.3	Sonstige Fehler	51
11	Wartung und Inspektion	52
11.1	Wartungsintervalle	52
11.2	Gerät reinigen.....	52
11.3	Messspitze prüfen/wechseln	52
11.4	Auswahl der Messspitzen.....	55
12	Maßnahmen zur Produktentsorgung	56
13	Konformitätserklärung	57
14	Technische Daten	58
15	Abmessungen	59
16	Anhang	61
A	GNU GPL Lizenzhinweis	61
B	Drehzahl der verwendeten Messspitze bestimmen	61
C	Grenzwerte für den Messbetrieb	62

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 und den Wellenlängenbereichen Infrarot bis nahes UV.

Ein großes Angebot von Messgeräten zur Bestimmung der folgenden Strahlparameter steht zur Verfügung:

- Laserleistung
- Strahlmessungen und die Strahlage des unfokussierten Strahls
- Strahlmessungen und die Strahlage des fokussierten Strahls
- 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
Deutschland

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

1 Grundlegende Sicherheitshinweise

Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Das Gerät wurde ausschließlich für Messungen im Strahl von Hochleistungslasern entwickelt.

Der Gebrauch zu irgendeinem anderen Zweck gilt als nicht bestimmungsgemäß und ist strikt untersagt.

Des Weiteren erfordert ein bestimmungsgemäßer Gebrauch zwingend, dass Sie alle Angaben, Anweisungen, Sicherheits- und Warnhinweise in dieser Betriebsanleitung beachten. Es gelten die in Kapitel 14, „Technische Daten“, auf Seite 58 angegebenen Spezifikationen. Halten Sie alle genannten Grenzwerte ein.

Bei einem nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch können das Gerät oder die Anlage, in der das Gerät verwendet wird, beschädigt oder zerstört werden. Außerdem bestehen erhöhte Gefahren für Gesundheit und Leben. Verwenden Sie das Gerät nur auf solche Art, dass dabei keine Verletzungsgefahr entsteht.

Diese Betriebsanleitung ist Bestandteil des Gerätes und sie ist in unmittelbarer Nähe des Einsatzortes, für das Personal jederzeit zugänglich, aufzubewahren.

Jede Person, die mit der Aufstellung, Inbetriebnahme oder Betrieb des Gerätes beauftragt ist, muss die Betriebsanleitung und insbesondere die Sicherheitshinweise gelesen und verstanden haben.

Sollten Sie nach dem Lesen dieser Betriebsanleitung noch Fragen haben, wenden Sie sich zu Ihrer eigenen Sicherheit an PRIMES oder Ihren Lieferanten.

Geltende Sicherheitsbestimmungen beachten

Beachten Sie die sicherheitsrelevanten Gesetze, Richtlinien, Normen und Bestimmungen in den aktuellen Ausgaben, die von staatlicher Seite, von Normungsorganisationen, Berufsgenossenschaften u. a. herausgegeben werden.

Beachten Sie insbesondere die Regelwerke zur Lasersicherheit und halten Sie deren Vorgaben ein.

Warnung vor Laserstrahlung

Während der Messung wird der Laserstrahl an der rotierenden Messspitze reflektiert.

Dabei entstehen gestreute oder gerichtete Reflexe des Laserstrahls (Laserklasse 4). Die reflektierte Strahlung ist in der Regel nicht sichtbar.

Um Verletzungen durch den reflektierten Laserstrahl zu vermeiden, sollte sich niemand im selben Raum, in der die Messung stattfindet, aufhalten.

Vor Einschalten des Lasers sicherstellen, dass die Messspitze nicht im Messbereich steht. Tragen Sie geeignete Handschuhe und bewegen Sie gegebenenfalls die Messspitze aus dem Messbereich.

Bei allen Arbeiten mit dem Gerät müssen sich Personen gemäß der folgenden Schutzmaßnahmen schützen.



Abb. 1.1: Verletzungsgefahr durch gestreute oder gerichtete Reflektionen des Laserstrahls

Erforderliche Schutzmaßnahmen



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Das Gerät misst direkte Laserstrahlung, emittiert selbst aber keine Strahlung. Bei der Messung wird der Laserstrahl jedoch auf die rotierende Messspitze gerichtet. Dabei entstehen gestreute oder gerichtete Reflexionen des Laserstrahls (Laserklasse 4). Die reflektierte Strahlung ist in der Regel nicht sichtbar.

- ▶ Im Messbetrieb ist auch mit Laserschutzbrille und Schutzkleidung ein Sicherheitsabstand von 1 Meter zum Gerät einzuhalten.
- ▶ Schützen Sie sich bei allen Arbeiten mit dem Gerät vor direkter und reflektierter Laserstrahlung durch folgende Maßnahmen:

- Lassen Sie das Gerät niemals unbeaufsichtigt Messungen durchführen.
- Tragen Sie **Laserschutzbrillen**, die an die verwendete Leistung, Leistungsdichte, Laserwellenlänge und Betriebsart der Laserstrahlquelle angepasst sind.
- Tragen Sie **Schutzkleidung** oder **Schutzhandschuhe**, falls erforderlich.
- Schützen Sie sich vor direkter Laserstrahlung und Streureflexen nach Möglichkeit auch durch trennende Schutzeinrichtungen, die die Strahlung blockieren oder abschwächen.
- Wird das Gerät aus der ausgerichteten Position bewegt, entsteht im Messbetrieb erhöhte gestreute oder gerichtete Reflexion des Laserstrahls. Befestigen Sie das Gerät so, dass es durch unbeabsichtigtes Anstoßen oder Zug an den Kabeln nicht bewegt werden kann.
- Installieren Sie Sicherheitsschalter oder Notfallsicherheitsmechanismen, die das sofortige Abschalten des Lasers ermöglichen.
- Verwenden Sie geeignete Strahlführungs- und Strahlabsorberelemente, die bei Bestrahlung keine gefährlichen Stoffe freisetzen und die dem Strahl hinreichend widerstehen können.

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 ausdrückliche Zustimmung des Herstellers weder konstruktiv noch sicherheitstechnisch verändert werden. Gleiches gilt für das nicht genehmigte Öffnen, Auseinandernehmen und Reparieren. Das Entfernen von Abdeckungen ist ausschließlich im Rahmen des bestimmungsgemäßen Gebrauchs gestattet.

Haftungsausschluss

Hersteller und Vertreiber schließen jegliche Haftung für Schäden und Verletzungen aus, die direkte oder indirekte Folgen eines nicht bestimmungsgemäßen Gebrauchs oder einer unerlaubten Veränderung des Geräts oder der zugehörigen Software sind.

2 Symbole und Konventionen

Warnhinweise

Folgende Symbole und Signalwörter weisen in Form von Warnhinweisen auf mögliche Restrisiken hin:



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.

Produktsicherheitslabel

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



Betriebsanleitung beachten!



Warnung vor Handverletzungen



Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor heißer Oberfläche



Kennzeichnung gemäß WEEE-Richtlinie:

Das Gerät darf nicht über den Hausmüll, sondern muss in einer getrennten Elektroaltgeräte-Sammlung umweltverträglich entsorgt werden.

Weitere Symbole und Konventionen in dieser Anleitung



Hier finden Sie nützliche Informationen und hilfreiche Tipps.



Kennzeichnet eine einzelne Handlungsanweisung.

Stehen mehrere solcher Anweisungen untereinander, ist die Reihenfolge ihrer Ausführung unerheblich oder sie stellen Handlungsalternativen dar.

1.

Eine nummerierte Liste kennzeichnet eine Folge von Handlungsanweisungen, die in der angegebenen

2.

Reihenfolge ausgeführt werden müssen.

...



Kennzeichnet ein Handlungsergebnis zur Erläuterung von Vorgängen, die im Hintergrund ablaufen.



Kennzeichnet eine Beobachtungsaufforderung, um die Aufmerksamkeit auf sichtbare Rückmeldungen vom Gerät oder der Software zu lenken.

Beobachtungsaufforderungen erleichtern die Kontrolle, ob eine Handlungsanweisung erfolgreich ausgeführt wurde. Häufig leiten sie auch zur nächsten Handlungsanweisung über.



Zeigt auf ein Bedienelement, welches gedrückt/angeklickt werden soll.



Zeigt auf ein im Text beschriebenes Element (z. B. ein Eingabefeld).

3 Über diese Betriebsanleitung

Diese Anleitung beschreibt die Installation und Bedienung des FocusMonitor FMW+ R2 und das Durchführen von Messungen mit der LaserDiagnosticsSoftware LDS ab der Version 1.4. In dieser Betriebsanleitung werden nachfolgend die Kurzbezeichnungen FMW+ R2 und LDS verwendet.

Für den Messbetrieb mit einem PC muss die LDS auf dem PC installiert sein. Die LDS in der Basisversion ist im Gerätelieferumfang enthalten. Gerne stellt PRIMES Ihnen auch einen aktuellen Downloadlink zur Verfügung. Kontaktieren Sie dazu Ihren Vertriebspartner oder wenden Sie sich per E-Mail an: **support@primes.de**

Bei der Beschreibung der Software wird eine kurze Einführung in die Nutzung für den Messbetrieb gegeben. Eine ausführliche Beschreibung der Softwareinstallation, der Dateiverwaltung und Auswertung der Messdaten entnehmen Sie bitte der gesonderten Betriebsanleitung zur LDS.



In dieser Betriebsanleitung wird die zum Zeitpunkt der Drucklegung gültige Softwareversion beschrieben. Da die Bediensoftware laufend weiterentwickelt wird, ist es möglich, dass eine neuere Version verfügbar ist.

4 Gerätebeschreibung

4.1 Funktionsbeschreibung

Der FMW+ R2 misst die Strahleigenschaften von fokussierten Laserstrahlen. Neben den geometrischen Abmessungen des fokussierten Laserstrahls werden die Fokusslage im Raum, das Strahlparameterprodukt und die Beugungsmaßzahl bestimmt.

Der Laserstrahl wird mit einer rotierenden Messspitze auf der x-Achse abgetastet. Mit dem integrierten Horizontalschlitten wird die Messspitze in der y-Achse verfahren, sodass die Strahleigenschaften des fokussierten Laserstrahls in der Ebene gemessen werden können.

Der FMW+ R2 besitzt keine eigene z-Achse. Für eine Kaustikmessung ist daher auf die z-Achse der Laseranlage zurückzugreifen.

Mit dem FMW+ R2 können NIR-Strahlen bis 1 000 W Laserleistung vermessen werden.

Das Gerät besitzt einen internen Absorber, der nicht gekühlt ist. Die maximale Kapazität beträgt 245 kJ.

Das maximal 8 x 8 mm große Messfenster kann mit einer Auflösung von bis zu 1 024 x 1 024 Bildpunkten abgetastet werden.

Der FMW+ R2 arbeitet mit der PRIMES LDS und ist mit einer Ethernet-Schnittstelle zum schnellen und sicheren Datenaustausch ausgestattet.

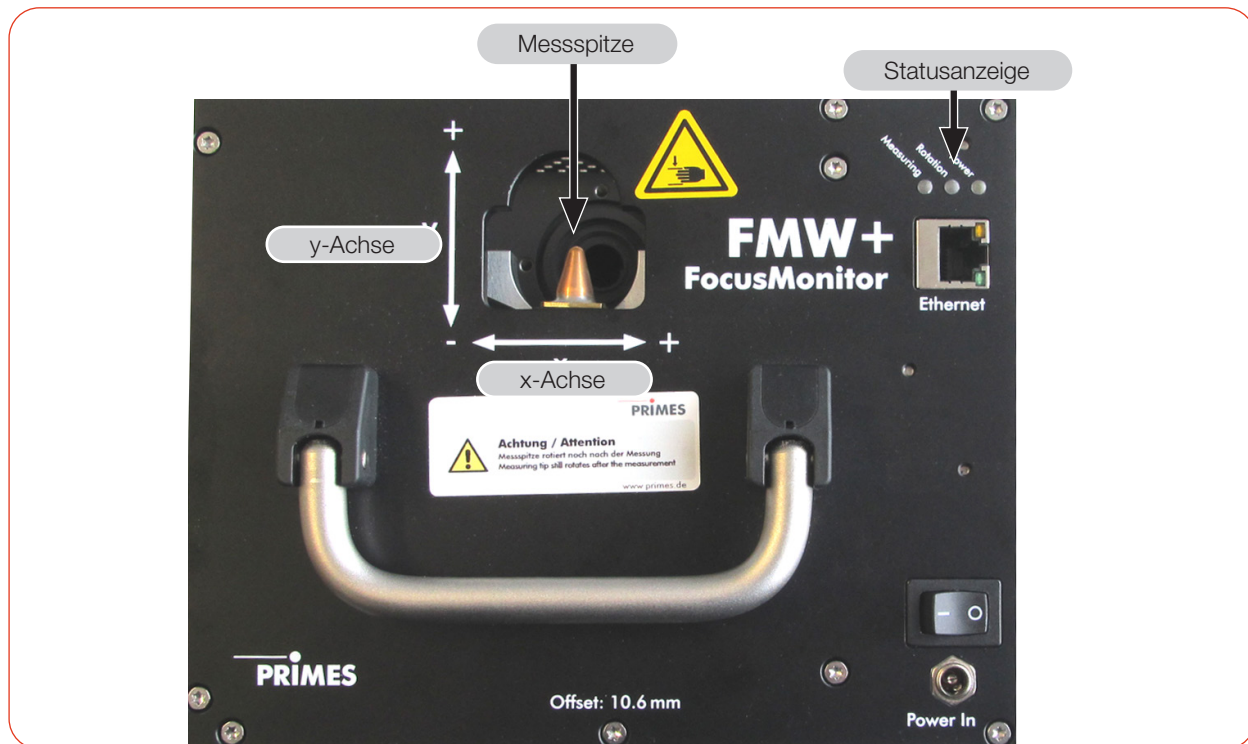


Abb. 4.1: Komponenten des FMW+ R2

4.2 Messprinzip

Der FMW+ R2 ist ein optomechanisch abtastendes Messsystem.

Der Laserstrahl wird mit einer speziellen Messspitze abgetastet. In dieser befindet sich eine kleine Strahleintrittsöffnung (typischer Durchmesser: 25 µm), durch die ein geringer Anteil der Laserstrahlung eintritt. Dieser Strahlungsanteil wird auf einen Detektor umgelenkt.

Der Detektor wird in Abhängigkeit der Wellenlänge der zu messenden Laserstrahlung ausgewählt. So können unterschiedliche Laserstrahlquellen und -systeme durch optimale Auswahl der Messspitze ermessen werden.

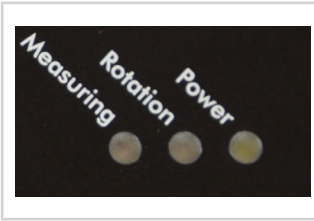
Die hohe Bahngeschwindigkeit der rotierenden Messspitze erlaubt die Analyse von hohen Leistungsdichten.

Durch die Dynamik der verwendeten Sensoren, Verstärker und Analog-Digital-Wandler wird ein sehr gutes Signal-Rausch-Verhältnis erzielt.

Sehr geringe Intensitäten werden neben hohen Spitzenintensitäten gleichermaßen präzise abgebildet.

4.3 Optische Anzeige

Die optische Anzeige besteht aus drei LEDs, welche durch unterschiedliche Farben verschiedene Zustände des FMW+ R2 anzeigen.

	Farbe	Bezeichnung	Bedeutung
	Weiß	Power	Versorgungsspannung liegt an.
	Orange	Rotation	Die Messspitze rotiert
	Rot	Measuring	Die Messspitze rotiert und die y-Achse wird verfahren. Die Messung läuft.

Tab. 4.1: Zustände der Statusanzeige

4.4 Erläuterung der Produktsicherheitslabel

Auf dem Gerät sind mögliche Gefahrenstellen für Handverletzungen mit einem Symbol „Warnung vor Handverletzungen“ gekennzeichnet.

Warnung vor Handverletzungen durch die rotierende Messspitze

Die Rotationsscheibe mit der montierten Messspitze rotiert im Messbetrieb mit hoher Drehgeschwindigkeit. Auch nach der Messung oder dem Ausschalten des Gerätes dreht sich die Rotationsscheibe noch eine gewisse Zeit weiter. Um eine Handverletzung zu vermeiden, darf bei rotierender Rotationsscheibe nicht in den Messbereich gegriffen werden.

Trifft die sich bewegende Messspitze auf ein Hindernis, wird die Messspitze beschädigt. Das Gerät muss in diesem Fall zum Service eingeschickt werden. Deshalb dürfen keine Gegenstände in den Messbereich des Gerätes gehalten werden.

Nach Abschalten der Rotation oder des Gerätes den Stillstand der Messspitze abwarten (Statusanzeige „Rotation“ beachten, siehe „4.3 Optische Anzeige“ auf Seite 13).

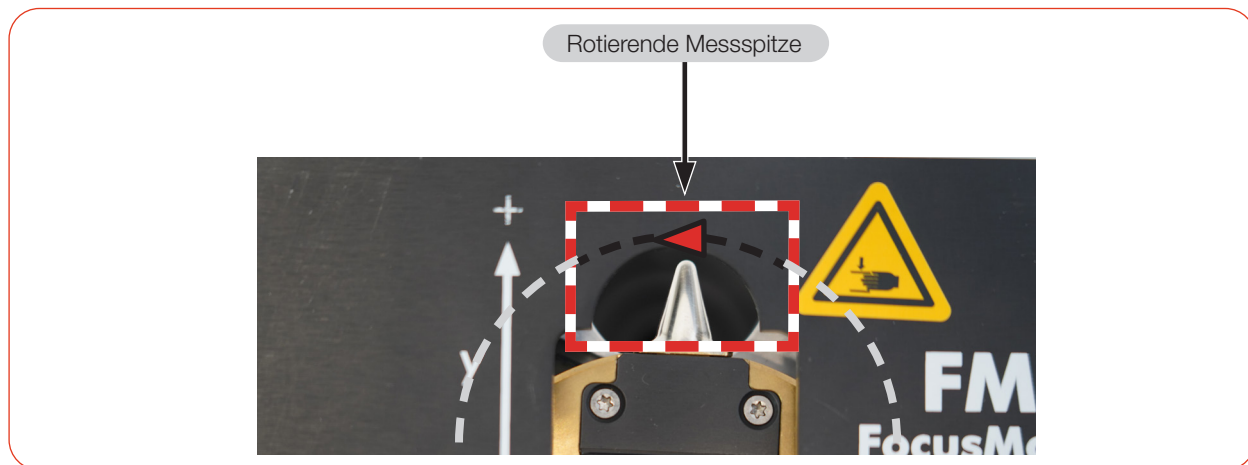


Abb. 4.2: Gefahr durch eine rotierende Messspitze

Warnung vor Handverletzungen in den Geräteöffnungen

In der Geräteöffnung befinden sich drehende Zahnräder und der Verfahrsschlitten des Gerätes.

Greifen Sie nicht in die Geräteöffnung.



Abb. 4.3: Gefahr durch rotierende Bauteile

4.5 Lieferumfang und optionales Zubehör

Folgende Teile sind im Lieferumfang enthalten:

- FMW+ R2
- PRIMES Netzteil
- Netzkabel
- Patch Kabel Cat.5e, Cross-Over, 5 m
- Patch Kabel Cat.5e, 5 m
- PRIMES USB-Stick (PDF der Betriebsanleitungen, Software, etc.)

Das folgende Zubehör ist optional erhältlich:

- Transport- und Aufbewahrungskoffer
- Messspitzen in Membranbox

5 Transport und Lagerung

ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Durch harte Stöße können die Achsen und Schlitten des Gerätes beschädigt werden.

- ▶ Handhaben Sie das Gerät bei Transport und Montage vorsichtig.

ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Unwucht der Rotationsscheibe kann zu Beschädigungen des Gerätes führen.

- ▶ Betreiben Sie das Gerät niemals ohne Messspitze.

Messspitze zur Vermeidung von Verunreinigung demontieren

- ▶ Demontieren Sie die Messspitze gemäß Kapitel 11.3, „Messspitze prüfen/wechseln“, auf Seite 52.

6 Installation und Einstellungen am PC

6.1 LaserDiagnosticsSoftware LDS installieren



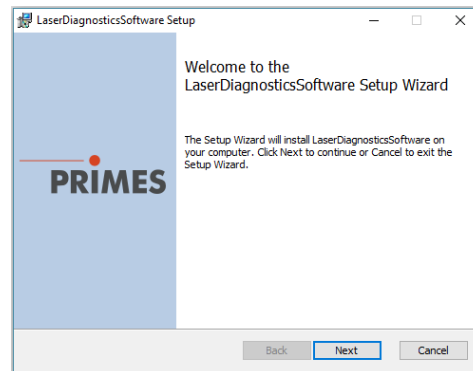
Die LDS in der Basisversion ist im Geräteeferumfang enthalten. Gerne stellt PRIMES Ihnen auch einen aktuellen Downloadlink zur Verfügung. Kontaktieren Sie dazu Ihren Vertriebspartner oder wenden Sie sich per E-Mail an: support@primes.de

1. Stellen Sie sicher:
 - Die Systemvoraussetzungen sind erfüllt
 - Sie haben Administratorrechte
2. Schließen Sie alle Programme auf Ihrem PC.
3. Stecken Sie den PRIMES USB-Stick in den PC und öffnen Sie das Verzeichnis. In der Standardkonfiguration öffnet Windows automatisch den Wechsel-datenträger.

Systemvoraussetzungen:

- Intel Pentium Core i3 oder besser
- Windows 10 (64-Bit-Version)
- Mindestens 4 GB RAM, empfohlen 8 GB RAM
- Bildschirmauflösung: Full HD (1 920 x 1 080)
- Eine USB- oder Ethernet-Schnittstelle für den Anschluss des Messgeräts

4. Doppelklicken Sie auf die LDS_Setup.exe-Datei um die Installation zu starten.
 5. Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.
- ➔ Wurde kein anderer Speicherort angegeben, dann wird das Hauptprogramm **LDS.exe** ins Verzeichnis **C:\Programme\Primes\LaserDiagnosticsSoftware** kopiert.



6.2 IP-Adresse des PCs einstellen



Der PC muss sich im selben IP-Adressbereich wie das PRIMES Gerät befinden.

Wählen Sie eine der folgenden Möglichkeiten, um eine Verbindung zwischen dem PRIMES Gerät und dem PC herzustellen. Erst wenn diese Verbindung besteht, kann die IP-Adresse des PRIMES Gerätes geändert werden (siehe Kapitel 9.3.2, „IP-Adresse eines verbundenen Gerätes ändern“, auf Seite 26).

Einbindung eines PRIMES Gerätes in ein Netzwerk

Im PRIMES Gerät ist die Option DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) per Voreinstellung aktiviert. Das Gerät bezieht seine IP-Adresse vom DHCP-Server.

Direkte Anbindung eines PRIMES Gerätes an einen PC

Weisen Sie in **Windows > Systemsteuerung > Netzwerk und Freigabecenter** Ihrem PC eine IP-Adresse zu, die im selben Adressbereich wie die des PRIMES Gerätes liegt (z. B. 192.168.116.xyz). Die ersten drei Ziffernblöcke müssen identisch sein, der letzte Ziffernblock ist frei wählbar. Die Eingabe der IP-Adresse sollte von einem System-Administrator durchgeführt werden.

Die IP-Adresse Ihres PRIMES Gerätes finden Sie auf dem Typenschild.

7 Montage

7.1 Bedingungen am Einbauort

- Das Gerät darf nicht in kondensierender Atmosphäre betrieben werden.
- Die Umgebungsluft muss frei von Gasen und Aerosolen sein, die die Laserstrahlung beeinträchtigen (z. B. organische Lösungsmittel, Rauch, Schwefelhexafluorid).
- Schützen Sie das Gerät vor Spritzwasser und Staub.
- Betreiben Sie das Gerät nur in geschlossenen Räumen.

7.2 Einbau in die Laserlage

7.2.1 Montage vorbereiten

Messspitze

- Die Messspitze gemäß Kapitel 11.3, „Messspitze prüfen/wechseln“, auf Seite 52 montieren.

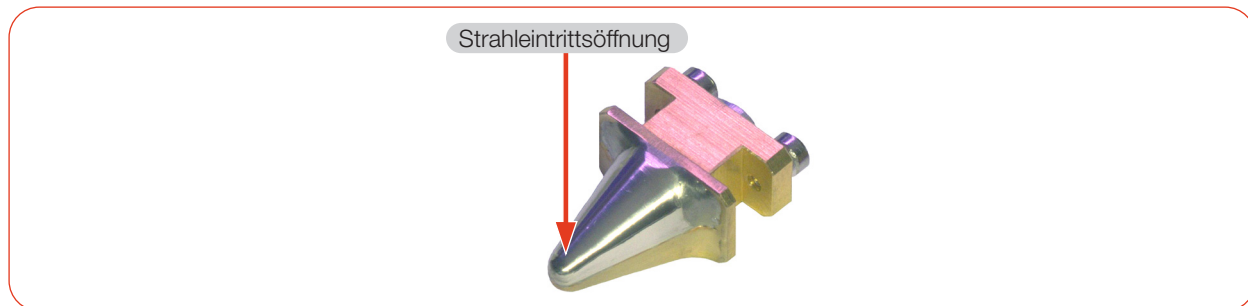


Abb. 7.1: Messspitze

1. Schalten Sie den Laserstrahl aus.
2. Stellen Sie sicher, dass alle beweglichen Teile, z. B. Roboterarme, etc. im Stillstand sind und dass diese nicht unbeabsichtigt in Bewegung gebracht werden können.
3. Prüfen Sie vor der Montage die Platzverhältnisse, insbesondere den benötigten Freiraum für die Anschlusskabel.

7.2.2 Mögliche Einbaulagen

Der FMW+ R2 ist für den senkrechten Strahleinfall von oben konzipiert.

7.2.3 Gerät ausrichten



Zum Ausrichten ausschließlich einen Pilotlaser verwenden.



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Trifft der Laserstrahl auf die im Messbereich stehende Messspitze, entsteht gestreute oder gerichtete Reflexion des Laserstrahls (Laserklasse 4).

- ▶ Tragen Sie geeignete Handschuhe und bewegen Sie die Messspitze aus dem Messbereich.



VORSICHT

Verletzungsgefahr durch rotierende oder sich bewegende Bauteile

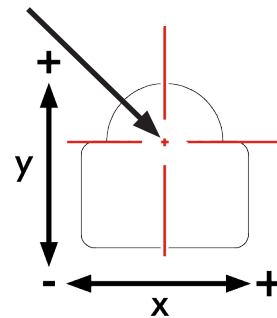
In den Geräteöffnungen können die Hand oder Finger durch rotierende Zahnräder und den Verfahr Schlitten gequetscht werden. Durch die rotierende Messspitze besteht Verletzungsgefahr.

- ▶ Fassen Sie nicht in die Geräteöffnungen.
- ▶ Nicht in den Messbereich des Gerätes fassen oder Gegenstände hineinhalten.
- ▶ Stillstand der Messspitze abwarten (Statusanzeige „Rotation“ beachten).

Für den FMW+ R2 muss ein senkrechter Strahleinfall bezüglich der x-y-Ebene sichergestellt sein.

1. Positionieren Sie das Gerät in x- und y-Richtung so, dass der Pilotlaserstrahl den geometrischen Mittelpunkt des Halbkreises in der Eintrittsöffnung trifft.
2. Verahren Sie die Anlage in die untere Messposition der z-Achse.

Position des Laserstrahls



7.2.4 Gerät montieren



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Wird das Gerät aus der eingemessenen Position bewegt, entstehen im Messbetrieb erhöht gestreute oder gerichtete Reflexionen des Laserstrahls (Laserklasse 4).

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

Zur Befestigung befinden sich an der Unterseite des Gehäuses drei Gewindebohrungen M5.

Befestigen Sie das Gerät mit 3 Schrauben. Die Gesamtlänge der Schrauben ist von der Stärke der Halterung abhängig.

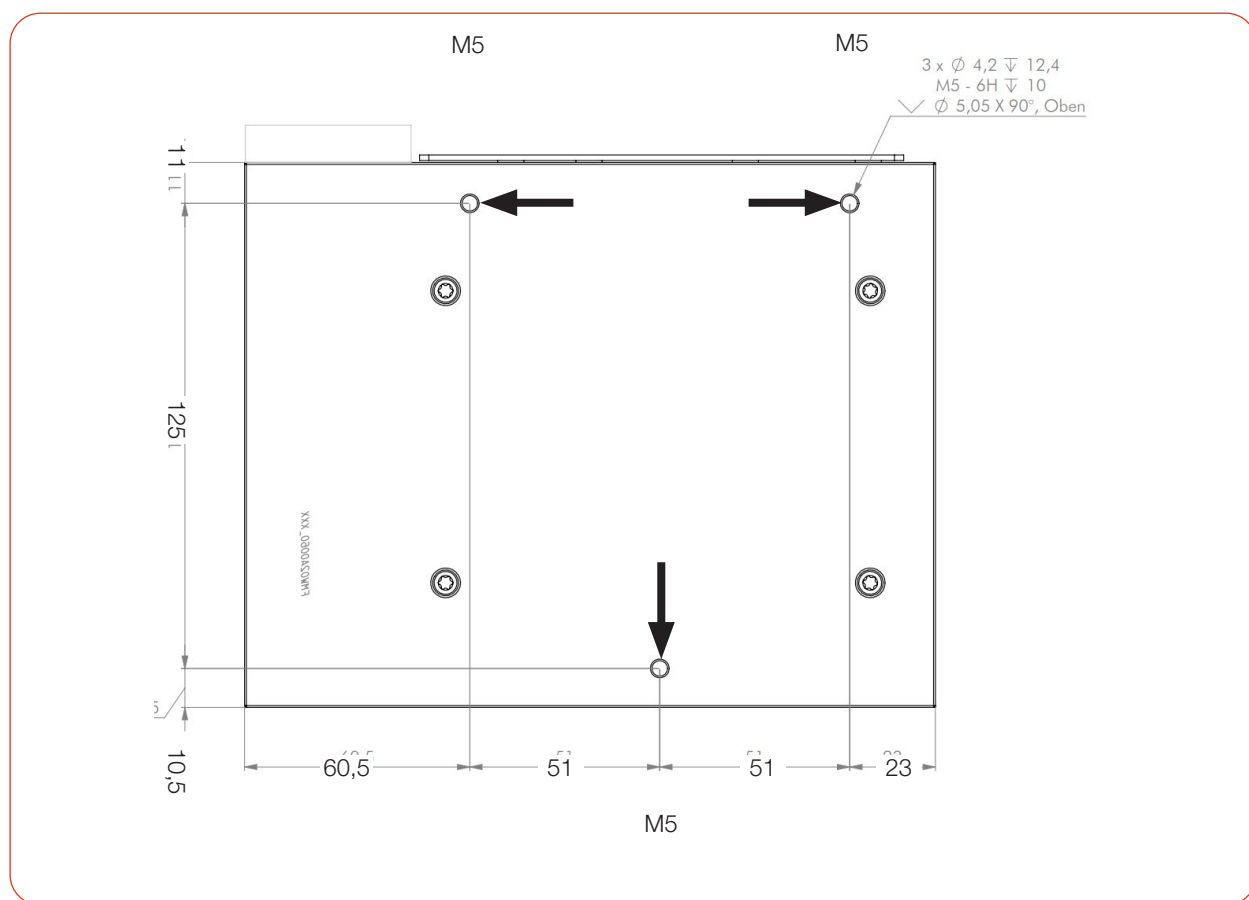


Abb. 7.2: Befestigungsgewinde an der Unterseite des FMW+ R2

7.3 Ausbau aus der Laseranlage

1. Schalten Sie den Laserstrahl aus.
2. Stellen Sie sicher, dass alle bewegliche Teile, z. B. Roboterarme, etc. im Stillstand sind und dass diese nicht unbeabsichtigt in Bewegung gebracht werden können.
3. Schalten Sie das Gerät aus.
4. Trennen Sie die elektrischen Verbindungen.
5. Schrauben Sie die Befestigungsschrauben heraus.
6. Nehmen Sie das Gerät aus der Laseranlage.

8 Anschlüsse

8.1 Übersicht Anschlüsse



Vor Ausführen der LDS, erst alle elektrischen Verbindungen herstellen und das Gerät einschalten.

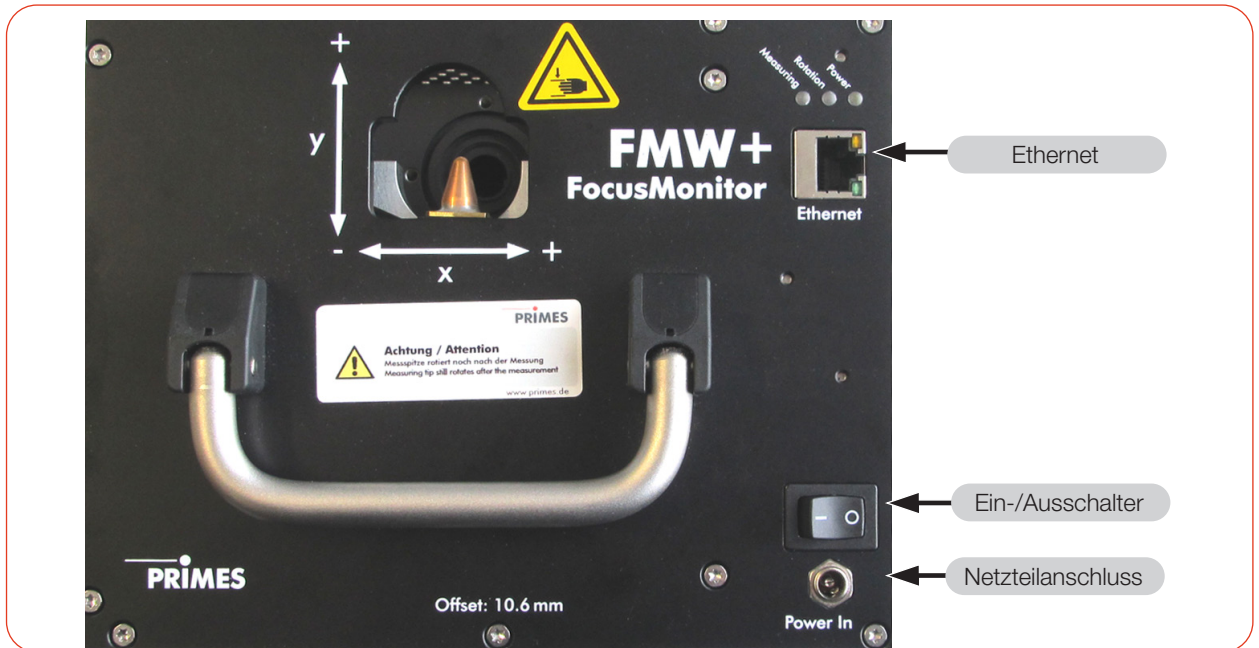


Abb. 8.1: Anschlüsse des FMW+ R2

8.2 Spannungsversorgung

Der FMW+ R2 benötigt für den Betrieb eine Versorgungsspannung von $24\text{ V} \pm 5\%$ (DC).

Ein passendes Netzteil wird mitgeliefert.



Verwenden Sie ausschließlich das original PRIMES Netzteil und die mitgelieferten Anschlussleitungen.

8.3 Ethernet

Die Daten werden zwischen FMW+ R2 und PC durch die Ethernet-Verbindung übertragen.

Verbinden Sie den FMW+ R2 über ein Crossover-Kabel mit dem PC oder über ein Patchkabel mit dem Netzwerk.

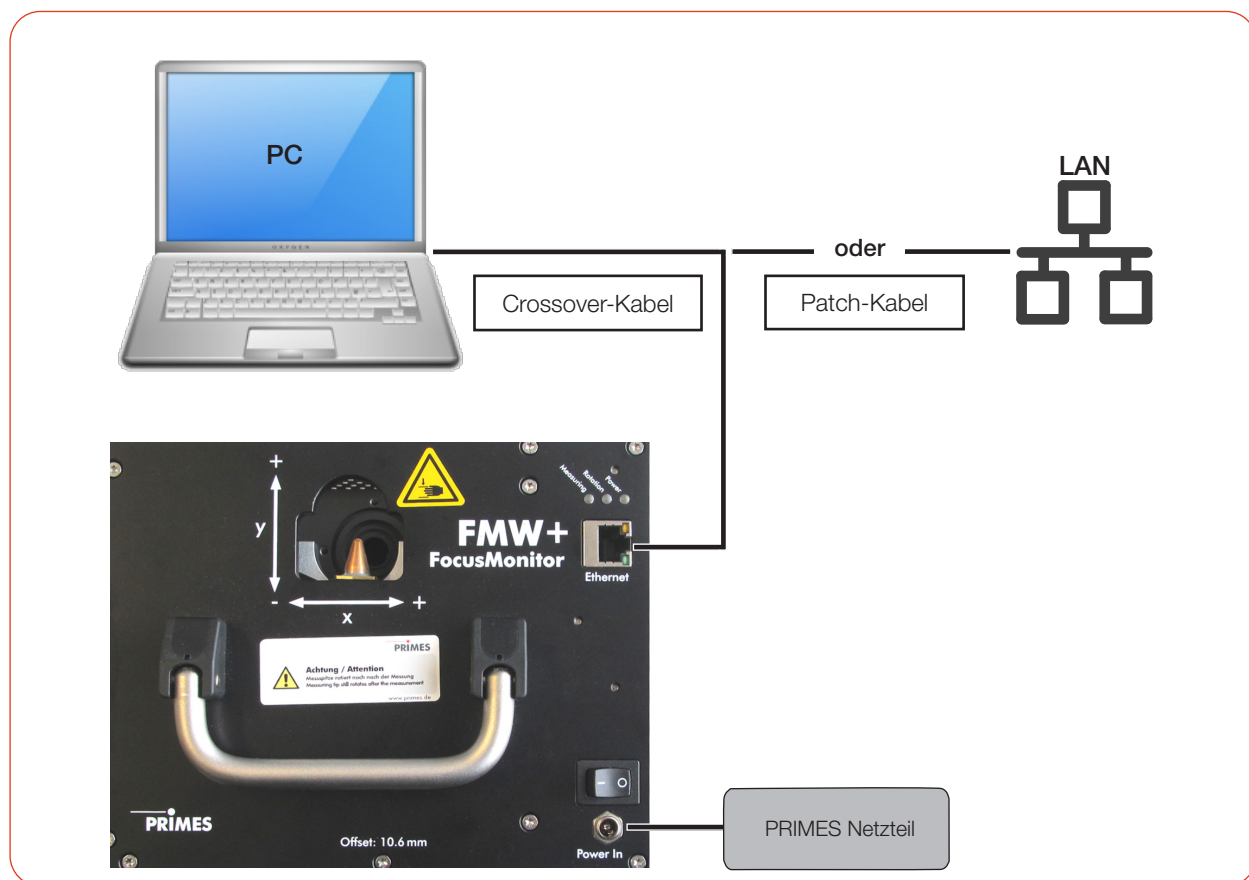


Abb. 8.2: Anschluss des FMW+ R2

9 Messen mit der LaserDiagnosticsSoftware LDS

Dieses Kapitel beschreibt Messungen mit der LDS. Eine ausführliche Beschreibung der Softwareinstallation, der Dateiverwaltung und Auswertung der Messdaten können der gesonderten Betriebsanleitung „LDS“ entnommen werden.

9.1 Warnhinweise



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Das Gerät misst direkte Laserstrahlung, emittiert selbst aber keine Strahlung. Bei der Messung wird der Laserstrahl jedoch auf die rotierende Messspitze gerichtet. Dabei entstehen gestreute oder gerichtete Reflexionen des Laserstrahls (Laserklasse 4). Die reflektierte Strahlung ist in der Regel nicht sichtbar.

- ▶ Tragen Sie Laserschutzbrillen OD 6, die an die verwendete Leistung, Leistungsdichte, Laserwellenlänge und Betriebsart der Laserstrahlquelle angepasst sind.
- ▶ Tragen Sie geeignete Schutzkleidung und Schutzhandschuhe.
- ▶ Schützen Sie sich vor Laserstrahlung durch trennende Vorrichtungen (z. B. durch geeignete Abschirmwände).
- ▶ Im Messbetrieb ist auch mit Schutzbrille und Schutzkleidung ein Sicherheitsabstand von 1 Meter zum FMW+ R2 einzuhalten.



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Wird das Gerät aus der ausgerichteten Position bewegt, entstehen im Messbetrieb erhöht gestreute oder gerichtete Reflexionen des Laserstrahls (Laserklasse 4).

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



VORSICHT

Verletzungsgefahr durch rotierende Messspitze

Die Messspitze des FMW+ R2 rotiert im Messbetrieb mit hoher Drehgeschwindigkeit. Auch nach der Messung oder dem Ausschalten des Gerätes dreht sich die Messspitze noch eine gewisse Zeit weiter.

Durch die rotierende Messspitze besteht Verletzungsgefahr.

Trifft die rotierende Messspitze auf ein Hindernis, so muss das Gerät zum Service eingeschickt werden um die Messspitze neu zu justieren.

- ▶ Nicht in den Messbereich des Gerätes fassen oder Gegenstände hineinhalten.
- ▶ Stillstand der Messspitze abwarten (Statusanzeige „Rotation“ beachten).

**VORSICHT****Verletzungsgefahr durch rotierende oder sich bewegende Bauteile**

In den Geräteöffnungen können die Hand oder Finger durch rotierende Zahnräder und den Verfahrsschlitten gequetscht werden.

- ▶ Fassen Sie nicht in die Geräteöffnungen.
- ▶ Nicht in den Messbereich des Gerätes fassen oder Gegenstände hineinhalten.

ACHTUNG**Beschädigung/Zerstörung des Absorbers**

Bei einer Temperatur des Absorbers von 60 °C wird ein akustisches Warnsignal ausgelöst.

- ▶ Im Alarmfall sofort den Laser ausschalten und den Absorber abkühlen lassen!

ACHTUNG**Beschädigung/Zerstörung der Messspitze**

Bei sehr großen Leistungsdichten ($\text{CO}_2 > 15 - 30 \text{ MW/cm}^2$; NIR $> 8 - 10 \text{ MW/cm}^2$) ist es möglich, dass auf der Oberfläche der Messspitze ein Plasma gezündet wird. Das kann zur Zerstörung der Messspitze führen.

- ▶ Erhöhen Sie die Drehzahl gemäß Anhang B auf Seite 61.

9.2 Messbereitschaft herstellen

1. Prüfen Sie, ob die montierte Messspitze und der montierte Detektor für Ihre Messaufgabe geeignet ist, siehe Kapitel 11.4, „Auswahl der Messspitzen“, auf Seite 55.
2. Ermitteln Sie die notwendige Drehzahl der Messspitze gemäß Anhang C auf Seite 62.
3. Vor Einschalten des Lasers sicherstellen, dass die Messspitze nicht im Messbereich steht. Tragen Sie geeignete Handschuhe und bewegen Sie gegebenenfalls die Messspitze aus dem Messbereich.

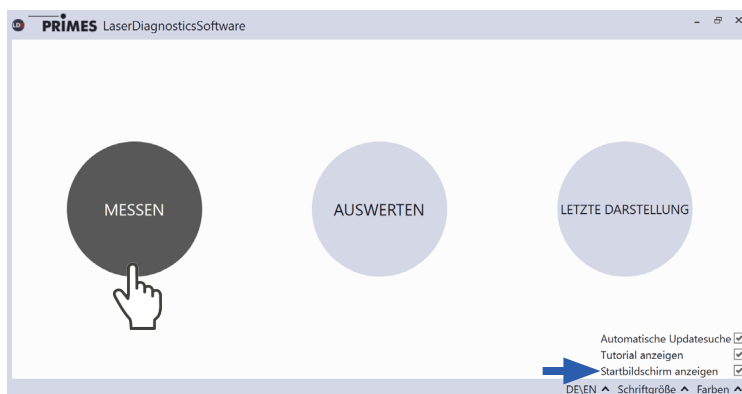
9.3 Gerät mit der LDS verbinden/trennen

9.3.1 Gerät einschalten und mit der LDS verbinden

1. Schalten Sie das Gerät ein.
2. Starten Sie die LDS mit einem Doppelklick auf das Programmsymbol **LDS** in der Startmenügruppe oder auf die Desktopverknüpfung.

👁 Der Startbildschirm erscheint.

3. Wählen Sie die Betriebsart **Messen**.



Nur wenn die Option **Startbildschirm anzeigen** deaktiviert ist:

- Klicken Sie auf den Reiter **Geräte** und anschließend auf die Schaltfläche **+ Gerät verbinden**.



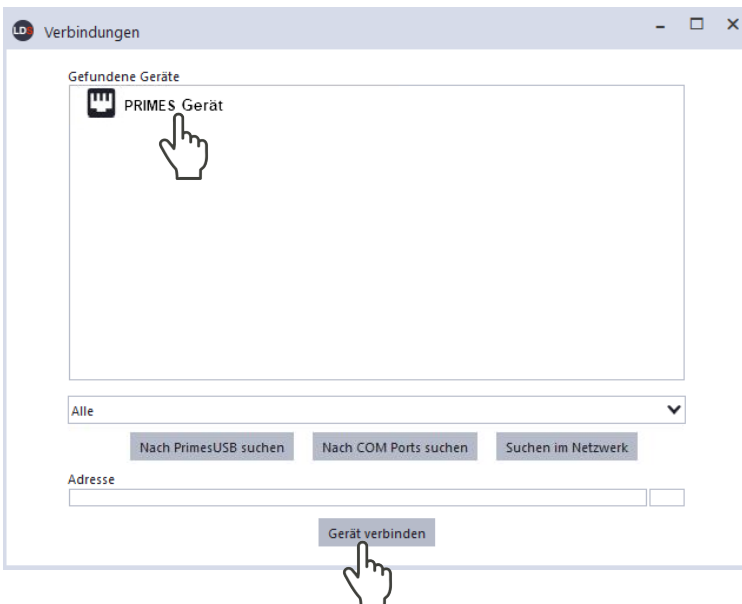
👁 Das Fenster **Verbindungen** wird eingeblendet.

4. Klicken Sie auf das gewünschte Gerät.
5. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Gerät verbinden**.

Falls das Gerät nicht erscheint:

- Klicken Sie auf die Schaltfläche **Suchen im Netzwerk**.

Erscheint das Gerät weiterhin nicht im Fenster **Verbindungen**, siehe Kapitel „10.2 Verbindungsfehler mit der LDS 50“, auf Seite 5.



9.3.2 IP-Adresse eines verbundenen Gerätes ändern

Im Gerät ist eine statische IP-Adresse hinterlegt und die Funktion **Benutze DHCP** ist aktiviert. Bei einem Verbindungsaufbau wartet das Gerät zunächst darauf über DHCP eine passende IP-Adresse zugewiesen zu bekommen. Führt dies nicht zum Erfolg greift es auf die hinterlegte statische IP-Adresse zurück.

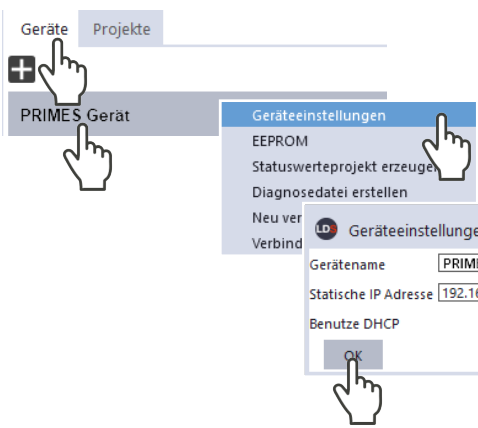
Wird **Benutze DHCP** deaktiviert greift das Gerät direkt auf die statische IP-Adresse zurück.

Der Verbindungsaufbau kann dadurch schneller erfolgen.

Bei einem verbundenen Gerät kann sowohl die IP-Adresse als auch die Aktivierung von DHCP geändert werden.

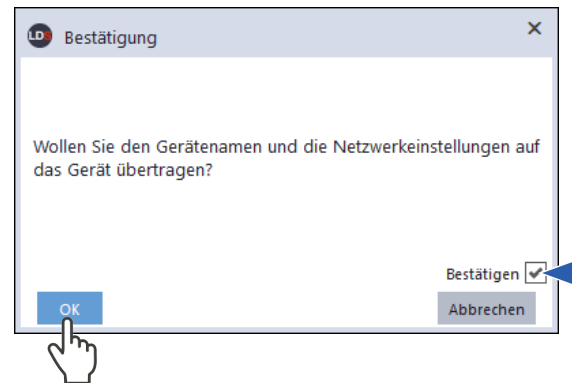
Die IP-Adresse eines Gerätes ändern Sie wie folgt:

1. Klicken Sie auf den Reiter **Geräte**.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Gerät und wählen Sie den Menüpunkt **Geräteeinstellungen** aus.
3. Geben Sie Im Eingabefeld **Statische IP-Adresse** die gewünschte IP-Adresse ein.
4. Deaktivieren Sie **Benutze DHCP**.
5. Bestätigen Sie die Eingabe mit **OK**.



Das Fenster **Bestätigung** wird eingeblendet.

6. Setzen Sie im Fenster **Bestätigung** bei **Bestätigen** ein Häkchen und klicken Sie auf **OK**.
7. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein.



9.3.3 Gerät von der LDS trennen und ausschalten

1. Klicken Sie auf den Reiter **Geräte**.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Gerät und wählen Sie den Menüpunkt **Verbindung trennen** aus.
3. Schalten Sie das Gerät aus.
4. Trennen Sie gegebenenfalls die elektrischen Verbindungen.



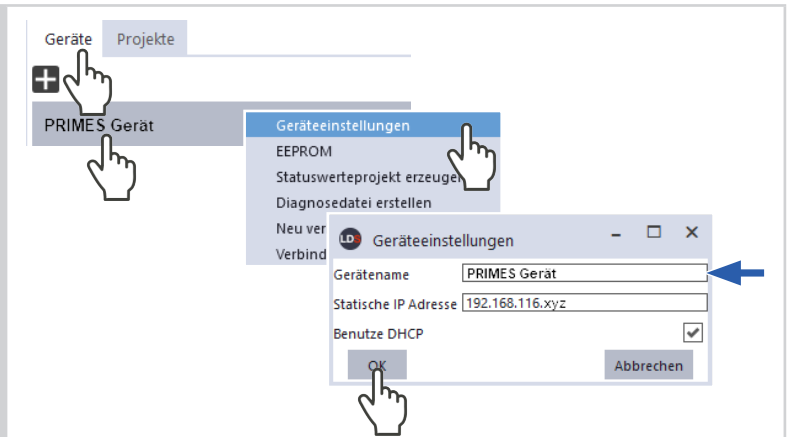
9.4 Allgemeine Informationen zum Arbeiten mit der LDS

Dieses Kapitel enthält allgemeine Informationen zur LDS. Lesen Sie diese allgemeinen Informationen, bevor Sie die Kapitel zu den verschiedenen Messmodi lesen.

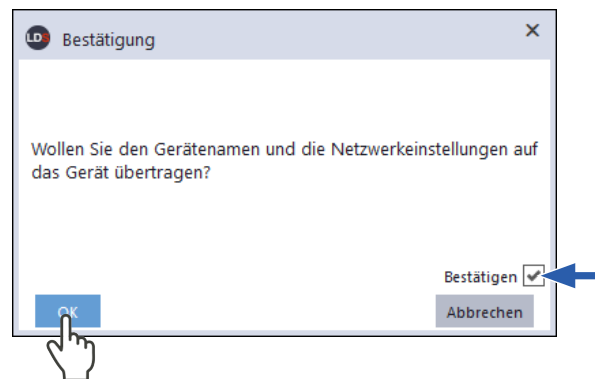
9.4.1 Benutzerdefinierten Gerätenamen eingeben

Um einem Gerät einen benutzerdefinierten Gerätenamen zuzuweisen, wie folgt vorgehen:

1. Klicken Sie auf den Reiter **Geräte**.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Gerät und wählen Sie den Menüpunkt **Geräteeinstellungen** aus.
3. Geben Sie im Eingabefeld **Geräte-name** den gewünschten Gerätenamen ein (max. 18 Zeichen).
4. Bestätigen Sie im Fenster **Geräteeinstellungen** die Eingabe mit **OK**.

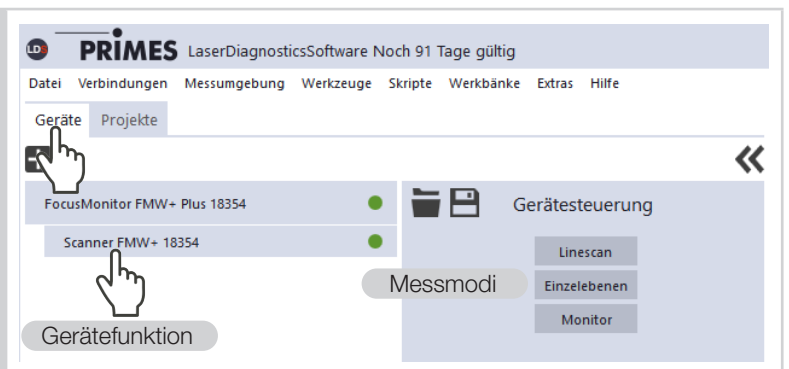


- Das Fenster **Bestätigung** wird eingeblendet.
5. Setzen Sie bei **Bestätigen** ein Häkchen und klicken Sie auf **OK**.
 6. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein.
- ➔ Der Gerätenamen wird im Fenster **Verbindungen** angezeigt.
 - ➔ Nach dem Verbinden wird der Gerätenamen im Reiter **Geräte** angezeigt.



9.4.2 Das Menü „Gerätesteuerung“ öffnen

1. Klicken Sie auf den Reiter **Geräte**.
 2. Wählen Sie das Gerät und klicken Sie unterhalb des Gerätenamens auf die Gerätefunktion **Scanner**.
- Das Menü **Gerätesteuerung** mit den folgenden Bereichen wird geöffnet:
- **Messmodi** (siehe Kapitel 9.4.3 auf Seite 28)

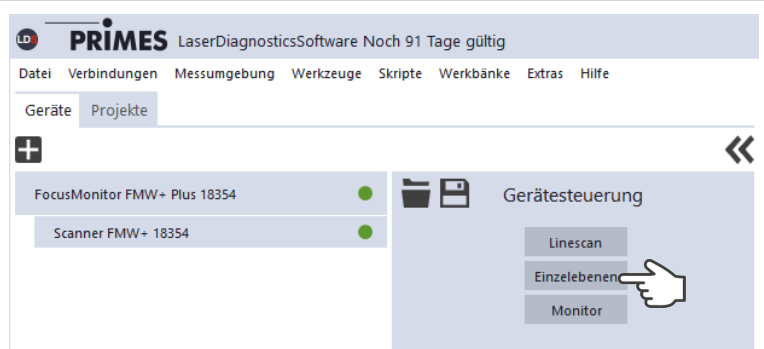


9.4.3 Messmodus öffnen

Im Menü **Gerätesteuerung** wird der gewünschte Messmodus gewählt. Folgende Messmodi stehen zur Auswahl:

- **Linescan** (siehe Kapitel 9.7, „Linescan“, auf Seite 37)
- **Einzelebenen** (siehe Kapitel 9.8, „Einzelebenen“, auf Seite 40)
- **Monitor** (siehe Kapitel 9.9, „Monitor“, auf Seite 45)

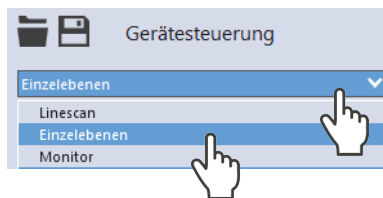
- Klicken Sie nach dem Öffnen des Menüs **Gerätesteuerung** auf die Schaltfläche des gewünschten Messmodus, z. B. **Einzelebenen**.



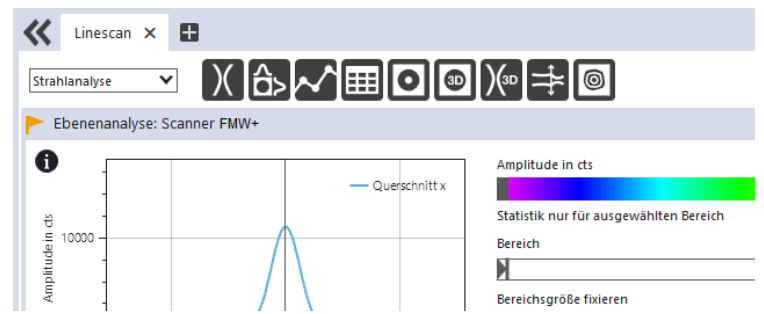
- 👁 Im oberen Bereich des Menüs **Gerätesteuerung** erscheint eine Klappliste zum Wechseln des Messmodus.

Messmodus wechseln:

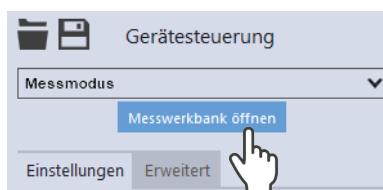
1. Klicken Sie auf die Schaltfläche, um die Klappliste zu öffnen.
2. Klicken Sie auf den Messmodus, zu dem Sie wechseln möchten.



- 👁 Nach der Auswahl des Messmodus wird die entsprechende Werkbank geöffnet.



Wurde die Werkbank geschlossen, können Sie diese mit der Schaltfläche **Messwerkbank öffnen** für den gewählten Messmodi wieder öffnen.



9.4.4 Parameter eingeben und aktivieren

Beim Konfigurieren eines Messmodus beachten, dass einige Parameter auch in andere Messmodi übernommen werden. Werden z. B. im Modus **Einzelebenen** Parameter-Eingaben gemacht, dann werden diese automatisch in alle anderen Messmodi übernommen.

Zur Übernahme eines im Menü **Gerätesteuerung** eingegebenen Parameter-Wertes in die aktive Konfiguration muss dieser mit der Enter-Taste bestätigt werden.

1. Geben Sie den gewünschten Wert in das Eingabefeld ein.
 - 👁 Die Hintergrundfarbe des Eingabefeldes wechselt zu Blau.
2. Bestätigen Sie die Eingabe durch Drücken der Enter-Taste.
 - 👁 Das Eingabefeld nimmt wieder die ursprüngliche Hintergrundfarbe an.

Pixel in x/y *

600

600



Beispiel: Blaues Eingabefeld

9.4.5 Speichermöglichkeiten

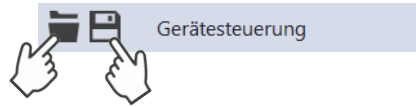
Die LDS bietet zum Speichern (bis zu) drei verschiedene Optionen. Sie unterscheiden sich durch den Speicherort und die Auswahl der zu speichernden Daten.

Beim Speichern/Laden einer Konfiguration beachten, dass der Befehl zwar in einem bestimmten Messmodus aufgerufen wird, der gespeicherte/geladene Datensatz aber auch Einstellungen anderer Messmodi umfasst.

Daten mit Stern (*) auf PC speichern:

Alle mit einem Stern versehenen Daten im Menü **Gerätesteuerung** können in eine Voreinstellungsdatei mit der Erweiterung **.pre** auf dem PC gespeichert werden.

- Zum Speichern einer Konfiguration klicken Sie auf das Symbol .
- Zum Laden einer Konfiguration klicken Sie auf das Symbol .

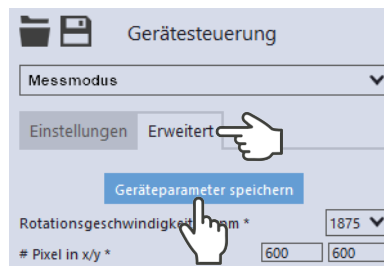


Daten mit Stern (*) im EEPROM des Gerätes speichern:

Alle mit einem Stern versehenen Optionen im Menü **Gerätesteuerung** können im EEPROM im Gerät gespeichert werden.

In diesem Fall bleiben die Einstellungen erhalten, auch wenn das Gerät ausgeschaltet oder von der Energieversorgung getrennt wird.

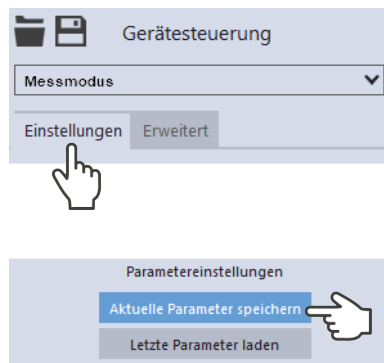
1. Klicken Sie auf den Reiter **Erweitert**.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Geräteparameter speichern**.



Alle Einstellungen in der LDS speichern:

Mit diesen Schaltflächen können alle Einstellungen des Menüs **Gerätesteuerung** gespeichert oder geladen werden. Dies erfolgt gerätebezogen in der lokalen Installation der LDS.

1. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
2. Nutzen Sie eine der folgenden Möglichkeiten:
 - Klicken Sie auf die Schaltfläche **Aktuelle Parameter speichern** zum Speichern der Einstellungen des verbundenen Gerätes.
 - Klicken Sie auf die Schaltfläche **Letzte Parameter laden** zum Laden der zuletzt gespeicherten Einstellungen.



9.5 Einstellungen die in den verschiedenen Messmodi gelten

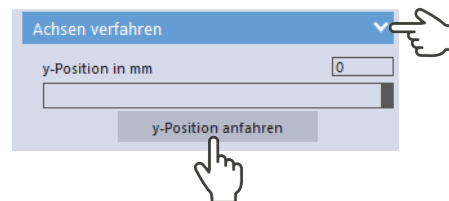
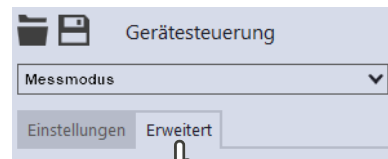
9.5.1 Achse verfahren

In sämtlichen Messmodi kann die Messspitze an eine definierte y-Position gefahren werden.

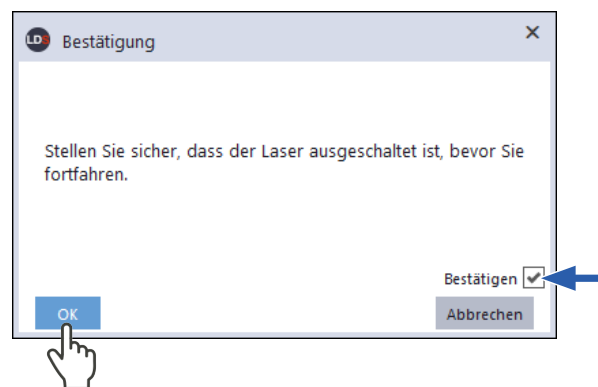
1. Klicken Sie in der **Gerätesteuerung** > **Erweitert**.
2. Klicken Sie auf den Pfeil, um die Klappliste zu öffnen.

Nutzen Sie eine der folgenden Möglichkeiten:

- ▶ Geben Sie einen Wert in das Parameter-Feld ein und bestätigen Sie die Eingabe mit der Enter-Taste.
 - ▶ Verwenden Sie den Schieberegler unterhalb des Eingabefelds.
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **y-Position anfahren**.



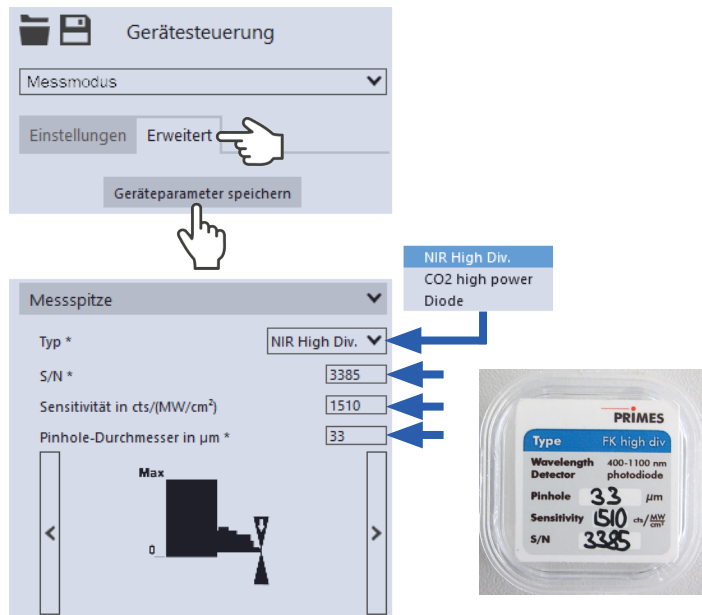
- 👁 Das Fenster **Bestätigung** wird eingeblendet.
4. Schalten Sie ggf. den Laser aus.
 5. Setzen Sie bei **Bestätigen** ein Häkchen und klicken Sie auf **OK**.
- ➔ Die Messspitze wird an die eingegebene y-Position gefahren.



9.5.2 Eingaben zur verwendeten Messspitze

Zur Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Messungen mit einer spezifischen Messspitze können die Spezifikationen der verwendeten Messspitze in die LDS eingegeben werden. Die Spezifikationen sind auf der Verpackung der Messspitze angegeben. Fehlende Eingaben haben keine Auswirkungen auf die durchgeführten Messungen.

1. Klicken Sie nach dem Öffnen des Menüs **Gerätesteuerung** auf **Erweitert**.
2. Wählen Sie den **Typ** der verwendeten Messspitze aus der Klappliste.
3. Geben Sie die Seriennummer **S/N** der verwendeten Messspitze ein.
4. Geben Sie die **Sensitivität in cts/(MW/cm²)** der verwendeten Messspitze ein.
5. Geben Sie den **Pinhole-Durchmesser in µm** der verwendeten Messspitze ein.
6. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Geräteparameter speichern**.

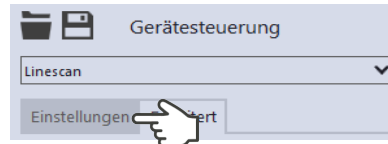


9.6 Gerätesteuerung

9.6.1 Einstellungen

Die in alphabetischer Reihenfolge aufgeführten Optionen stehen nicht in allen Messmodi zur Verfügung.

1. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
2. Geben Sie die Optionen gemäß den Erläuterungen in der folgenden Tabelle ein.



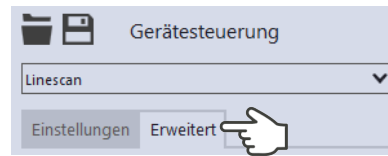
Option	Erläuterung
Aktuelle Parameter speichern	► Klicken Sie auf diese Schaltfläche zum Speichern aller aktuellen Einstellungen des verbundenen Gerätes.
Anzahl der Messungen	► Geben Sie die gewünschte Anzahl der Kaustikmessungen der Zeitreihe ein.
autom. Messfenster	Ist diese Option aktiviert, dann wird die Messfenstergröße automatisch eingestellt. ► Setzen Sie das Häkchen zum Aktivieren der Option.
autom. Verstärkung	Bei der Verwendung eines CO₂-Detektors ist diese Option nicht verfügbar und wird nicht angezeigt. Ist diese Option aktiviert, dann wird die Verstärkung automatisch eingestellt. ► Setzen Sie das Häkchen zum Aktivieren der Option.
Fenstergröße in mm	Wenn die Option autom. Messfenster deaktiviert ist, kann die Größe des Messfensters manuell eingestellt werden. Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen: ► Geben Sie die Länge und Breite in die entsprechenden Eingabefelder ein. ► Positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb des Messbereichs und ziehen Sie bei gedrückter linker Maustaste. Halten Sie die Maustaste solange gedrückt, bis das Messfenster ihren Vorstellungen entspricht.
Intervall zwischen den Messungen	► Geben Sie die Pause zwischen den Kaustikmessungen der Zeitreihe ein. Das ist die Zeit zwischen dem Ende einer Messung und dem Beginn der nächsten.
Letzte Parameter laden	► Klicken Sie auf diese Schaltfläche zum Laden der zuletzt gespeicherten Einstellungen.
Linienbreite in mm	Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen, um die Linienbreite (Länge) und Position anzupassen: ► Geben Sie die Breite (Länge) der Linie ein. ► Positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb des Messbereichs und ziehen Sie bei gedrückter linker Maustaste. Halten Sie die Maustaste solange gedrückt, bis die Länge der Messbahn ihren Vorstellungen entspricht.
Linienmitte in mm	Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen, um die Position der Messbahn anzupassen: ► Geben Sie die x-/y-Position der Linienmitte in die entsprechenden Eingabefelder ein. ► Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messfensters. Ziehen Sie anschließend bei gedrückter rechter Maustaste.

Option	Erläuterung
Manuelle z-Position in mm	Mit dieser Option wird die Position der nächsten Messung auf der z-Achse definiert (siehe Kapitel 9.8.3, „Manuelle Kaustik mit dem Messmodus Einzelebene messen“, auf Seite 42). ► Geben Sie die manuelle z-Position in mm ein.
Messdauer in s	► Geben Sie die Dauer der Messung in s ein.
Messfenster zurücksetzen	► Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um das Messfenster zu maximieren und es zugleich im Messbereich zu zentrieren.
Nennleistung in W	Zur Berechnung der Leistungsdichte, muss die verwendete Laserleistung eingegeben werden. Andernfalls werden die gemessenen Amplituden direkt in Counts ausgegeben. ► Geben Sie die bei der Messung verwendete Laserleistung ein.
Parametereinstellungen	Mit diesen Schaltflächen können alle Einstellungen im Menü Gerätesteuerung für jedes Gerät einzeln gespeichert werden. Der Speicherort ist die lokale Installation der LDS. Diese und weitere Optionen zum Speichern/Laden von Konfigurationen sind im Kapitel „9.4.5 Speichermöglichkeiten 30“, auf Seite 4 beschrieben.
# Pixel in x	Mit der Anzahl der Pixel wird die Auflösung der Messung festgelegt. Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen: ► Geben Sie einen Wert in das Eingabefeld ein. ► Verwenden Sie den Schieberegler unterhalb des Eingabefelds.
Position in mm	Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen, um die Position des Messfensters anzupassen: ► Geben Sie die x-/y-Position in die entsprechenden Eingabefelder ein. ► Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messfensters. Ziehen Sie anschließend bei gedrückter rechter Maustaste.
Strahlsuche	Diese Option ermöglicht eine automatische Strahlsuche. Der Laserstrahl wird dabei im gesamten Messbereich automatisch gesucht. Messfenstergröße und Verstärkung werden automatisch eingestellt. Die gemessene Ebene wird anschließend in der grafischen Darstellung angezeigt. ► Klicken Sie auf die Schaltfläche zum Starten der Strahlsuche. Die ermittelten Messdaten werden nicht im Projektbaum des Reiters Projekte gespeichert.
Verstärkung in dB	Bei der Verwendung eines CO₂-Detektors ist diese Option nicht verfügbar und wird nicht angezeigt. Wenn die Option autom. Verstärkung deaktiviert ist, kann die Verstärkung manuell eingestellt werden. Mit der Option kann die Empfindlichkeit des Detektors gesteuert werden. Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen: ► Geben Sie einen Wert in das Eingabefeld ein. ► Verwenden Sie den Schieberegler unterhalb des Eingabefelds.
Zeitreihe	Eine Zeitreihe besteht aus mehreren Kaustikmessungen mit den gleichen Einstellungen.

9.6.2 Erweitert

Die in alphabetischer Reihenfolge aufgeführten Optionen stehen nicht in allen Modi zur Verfügung.

1. Klicken Sie auf den Reiter **Erweitert**.
2. Geben Sie die Optionen gemäß den Erläuterungen in der folgenden Tabelle ein.



Option	Erläuterung
Achsen verfahren	Mit dieser Option kann der Horizontalschlitten definiert verfahren werden. Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen: ▶ Geben Sie einen Wert in das Eingabefeld ein. ▶ Verwenden Sie den Schieberegler unterhalb des Eingabefelds. Diese Option wird im Kapitel 9.5.1, „Achse verfahren“, auf Seite 31 beschrieben.
Anzahl Ebenen für Mittelung	Mit der Voreinstellung 1 im Eingabefeld erfolgt keine Mittelung. ▶ Geben Sie die Anzahl der Ebenenmessungen >1 für die Mittelung ein.
Arithmetisches Mittel	Zur Mittelung der Ebenenmessungen ist der Algorithmus Arithmetisches Mittel voreingestellt. Die Mittelung über mehrere Messungen ist z. B. bei Vermessung eines Lasers mit deutlichen Leistungsschwankungen sinnvoll. Es stehen 3 Algorithmen zur Auswahl. ▶ Wählen Sie einen Algorithmus in der Klappliste aus: • Arithmetisches Mittel: Die gemessenen Werte werden für jedes Pixel addiert und durch die Anzahl der Ebenen geteilt. • max. Intensität pro Pixel: Für jedes Pixel werden die Werte aus allen Messungen verglichen und nur der jeweils maximale Wert angezeigt. • max. Zeilen: Für jede Zeile (d. h. vom Messgerät abgefahrte Zeile in x-Richtung) werden die Werte aus allen Messungen verglichen und nur der jeweils maximale Wert angezeigt.
Brennweite Fokussieroptik in mm	Wurden mehrere Ebenen einer Kaustik gemessen, dann wird aus dem Kaustikverlauf und der eingetragenen Brennweite auf den Rohstrahldurchmesser auf der Fokussieroptik zurückgerechnet. ▶ Geben Sie die verwendete Brennweite der Fokussieroptik der Laseranlage ein.
Geräteparameter speichern	Alle mit einem Stern versehenen Optionen im Menü Gerätesteuerung können Sie mit dieser Option in den EEPROM des Geräts speichern. Diese und weitere Optionen zum Speichern/Laden von Konfigurationen sind im Kapitel „9.4.5 Speichermöglichkeiten 30“, auf Seite 4 beschrieben.
Kalibrierte Wellenlänge(n) in nm	Die „kalibrierte Wellenlänge“ ist die Wellenlänge, bei der das Gerät validiert wurde. Diese ist im Gerät hinterlegt und wird in der LDS angezeigt.
Messspitze	Dokumentation der verwendeten Messspitze Diese Option wird im Kapitel „9.5.2 Eingaben zur verwendeten Messspitze 32“, auf Seite 4 beschrieben.
Nennleistung in W	Zur Berechnung der Leistungsdichte, muss die verwendete Laserleistung eingegeben werden. Andernfalls werden die gemessenen Amplituden direkt in Counts ausgegeben. ▶ Geben Sie die bei der Messung verwendete Laserleistung ein.

Option	Erläuterung
# Pixel in x/y	Mit der Anzahl der Pixel wird die Auflösung der Messung festgelegt. ► Geben Sie die Auflösung in x-Richtung/y-Richtung im die entsprechenden Eingabefelder ein.
Rotationsgeschwindigkeit in rpm	Die notwendige Drehzahl der verwendeten Messspitze muss gemäß Anhang B auf Seite 61 ermittelt werden.
Verwendete Wellenlänge in nm	Zur Berechnung der Beugungsmaßzahl M^2 muss die verwendete Wellenlänge eingegeben werden. Je nach Anzeige im Eingabefeld Kalibrierte Wellenlänge(n) in nm kann die verwendete Wellenlänge in einem definierten Bereich eingegeben werden. Zum Beispiel, bei einer „kalibrierten Wellenlänge“ von 1 064 nm kann die verwendete Wellenlänge von 1 000 – 1 100 nm eingegeben werden. Eine der folgenden Möglichkeiten nutzen, um die verwendete Wellenlänge des Lasers einzustellen: ► Geben Sie einen Wert in das Eingabefeld ein. ► Verwenden Sie den Schieberegler unterhalb des Eingabefelds.

9.7 Linescan

Im Messmodus **Linescan** wird der Laserstrahl an einer definierte Position auf der y-Achse über einen bestimmten Zeitraum gemessen.

Die Linienbreite, Linienmitte und Position auf der y-Achse sind frei einstellbar. Die Messspitze des FMW+ R2 wird an eine feste y-Position gefahren.

An dieser Position misst der FMW+ R2 bei jeder Umdrehung der Messspitze die Leistungsdichte auf einer einzelnen Messbahn.

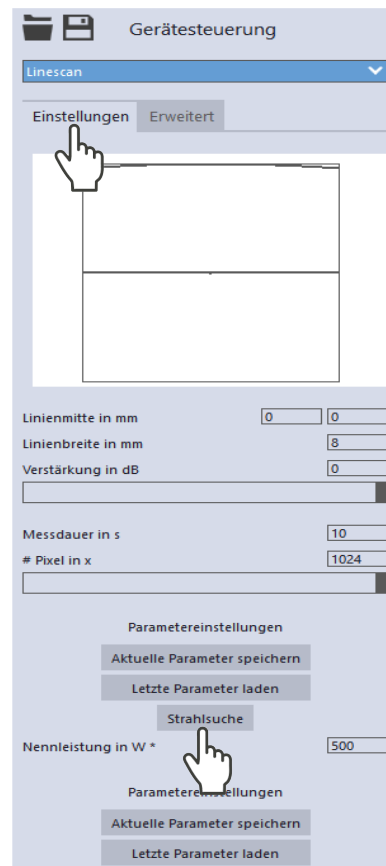
Die Messung erfolgt für eine definierte Zeitspanne oder bis zum manuellen Abbruch.

9.7.1 Laserstrahl automatisch suchen

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
2. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Strahlsuche**.
4. Schalten Sie den Laser ein.
 - ➔ Der Laserstrahl wird im gesamten Messbereich automatisch gesucht. Die Messbahn und Verstärkung werden automatisch eingestellt.
- 👁 Nach erfolgreicher Suche wird der Laserstrahl in der grafischen Darstellung angezeigt.

Falls der Laserstrahl nicht angezeigt wird:

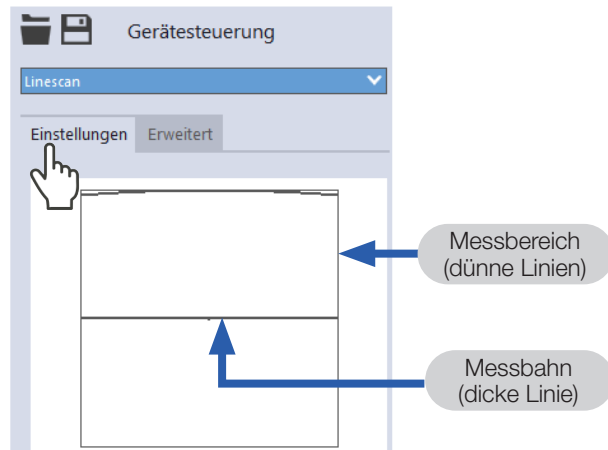
- ▶ Überprüfen Sie erneut die korrekte Ausrichtung des Geräts auf der x-y-Ebene gemäß Kapitel 7.2.3, „Gerät ausrichten“, auf Seite 19.
 - ▶ Überprüfen Sie die Richtung des Strahleintritts.
 - ▶ Passen Sie die Verstärkung an.
 - ▶ Wählen Sie eine andere z-Position.
 - ▶ Erhöhen Sie (schrittweise) die Laserleistung.
5. Falls erforderlich, passen Sie die Messbahn gemäß 9.8.2 auf Seite 41 manuell an.
 6. Starten Sie die Messung gemäß Kapitel 9.7.3, „Messung starten“, auf Seite 39.



9.7.2 Messbahn manuell anpassen

In einem Fenster im oberen Bereich des Reiters **Einstellungen** wird die Messebene grafisch dargestellt:

- der gesamte messbare Bereich (Messbereich, dünne Linien)
- die Messbahn, die aufgenommen werden soll (Messbahn auf einer Ebene, dicke Linien)
- nach dem Durchführen einer Strahlsuche und während der Messungen eine Falschfarben-Ansicht des aufgenommenen Bereichs



Erzeugen einer Messbahn:

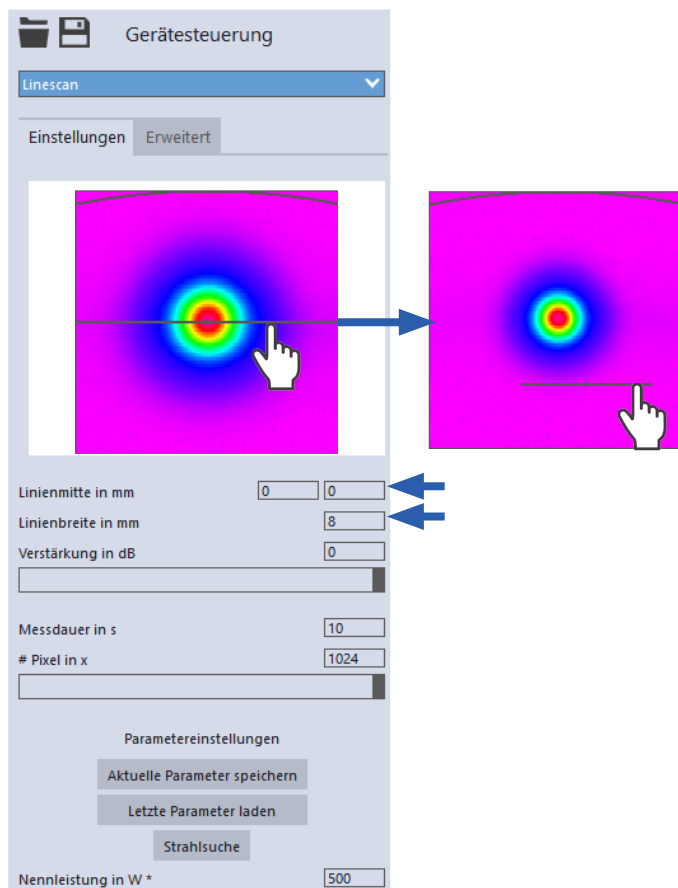
- Positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb des Messbereichs. Ziehen Sie mit gedrückter linker Maustaste solange bis die Messbahn ihren Vorstellungen entspricht.

Position der Messbahn anpassen:

- Geben Sie die x-/y-Position der Linienmitte in die entsprechenden Eingabefelder ein.
- Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messfensters. Ziehen Sie anschließend bei gedrückter rechter Maustaste.

Bei einem angezeigten Laserstrahl:

- Zum Zoomen auf die Mitte der grafischen Darstellung fahren Sie zunächst mit dem Mauszeiger über die grafische Darstellung bis die Plus-/Minus-Schaltflächen erscheinen. Drücken Sie anschließend die Schaltflächen.
- Zum Zoomen auf die Position des Mauszeigers positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb der grafischen Darstellung. Drehen Sie anschließend das Mausexplorer.
- Zum Zoomen auf die Größe des Messbereichs positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messbereichs. Doppelklicken Sie anschließend links.



9.7.3 Messung starten

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Start**.
3. Schalten Sie den Laser ein.
 - ➔ Die Messung beginnt.

Optional:

- ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop**, um die Messung vorzeitig zu beenden.
- ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop Rotation**, um die Rotation der Messspitze auszuschalten.

👁 Während der Messung wird der Fortschritt in folgenden Anzeigen dargestellt:

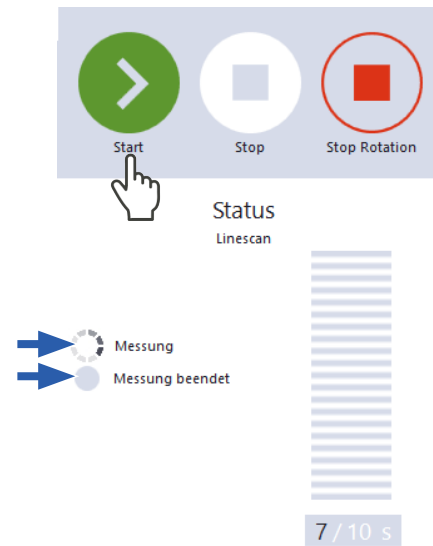
Messung:

Während sich die Anzeige dreht, wird die Messung durchgeführt.

Messung beendet:

Nach erfolgreicher Messung leuchtet die Anzeige grün.

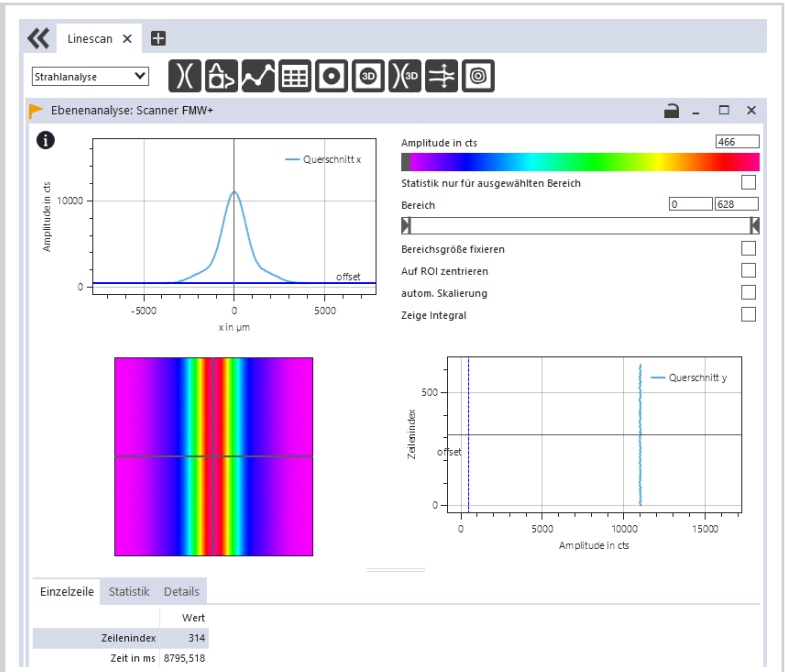
4. Schalten Sie den Laserstrahl nach beendeter Messung aus, sofern Sie nicht weitere Messungen durchführen möchten.



9.7.4 Anzeige der Messergebnisse

Die Messergebnisse werden während und nach der beendeten Messung im geöffneten Werkzeug dargestellt.

- ▶ PRIMES empfiehlt nach einer Messung die Qualität der Ergebnisse zu überprüfen.
Abhängig von den Ergebnissen kann es notwendig sein, die Messung mit verbessertem Messaufbau oder geänderten Parametern zu wiederholen.
- ▶ Eine detaillierte Beschreibung der Dateiverwaltung und Auswertung der Messdaten entnehmen Sie der gesonderten Betriebsanleitung LDS.



9.8 Einzelebenen

Im Messmodus **Einzelebenen** werden einzelne Ebenen an ausgewählten z-Positionen gemessen. Messfenstergröße und die Verstärkung können automatisch eingestellt oder frei bestimmt werden.

Außerdem kann der Laserstrahl im gesamten Messbereich automatisch gesucht werden.

Für eine manuelle Kaustikmessung können mehrere Ebenen gemessen werden — einzeln oder mittels einer Reihenmessung.

Dazu kann eine Schrittweite entlang der z-Achse vorgegeben werden (siehe Kapitel 9.8.3 auf Seite 42) .

Da der FMW+ R2 über keine z-Achse verfügt, muss der Laser oder das Gerät entsprechend dem eingegebenen Wert verfahren werden.

9.8.1 Laserstrahl automatisch suchen

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
2. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
3. Geben Sie im Eingabefeld **z-Position in mm** die Position der Messung auf der z-Achse ein.
4. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Strahlsuche**.
5. Schalten Sie den Laser ein.
- ➔ Der Laserstrahl wird im gesamten Messbereich automatisch gesucht. Die Messfenstergröße und Verstärkung werden automatisch eingestellt.
- 👁 Nach erfolgreicher Suche wird der Laserstrahl in der grafischen Darstellung angezeigt.

Falls der Laserstrahl nicht angezeigt wird:

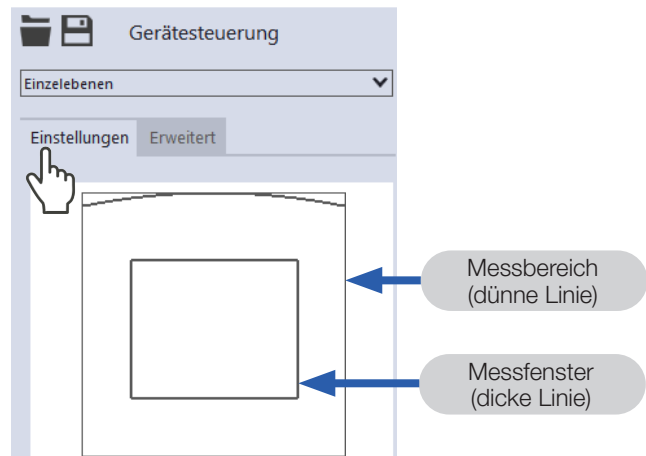
- ▶ Überprüfen Sie erneut die korrekte Ausrichtung des Geräts auf der x-y-Ebene gemäß Kapitel „7.2.3 Gerät ausrichten 19“, auf Seite 4.
 - ▶ Überprüfen Sie die Richtung des Strahleintritts.
 - ▶ Passen Sie die Verstärkung an. Bei der Verwendung eines CO₂-Detektors ist diese Option nicht verfügbar und wird nicht angezeigt.
 - ▶ Wählen Sie eine andere z-Position.
 - ▶ Erhöhen Sie (schrittweise) die Laserleistung.
6. Falls erforderlich, passen Sie das Messfenster gemäß dem folgenden Kapitel manuell an.
 7. Starten Sie die Messung gemäß Kapitel „9.8.3 Manuelle Kaustik mit dem Messmodus Einzelebene messen 42“, auf Seite 5.

9.8.2 Messfenster manuell anpassen

In einem Fenster im oberen Bereich des Reiters **Einstellungen** wird die Messebene grafisch dargestellt:

- der gesamte messbare Bereich (Messbereich, dünne Linie)
- der Bereich, der aufgenommen werden soll (Messfenster, dicke Linie)
- nach dem Durchführen einer Strahlsuche und während der Messungen eine Falschfarben-Ansicht des aufgenommenen Bereichs

Vergewissern Sie sich, dass die Option **autom. Messfenster** nicht aktiviert ist. Ansonsten wird die manuelle Einstellung beim Start einer Messung möglicherweise überschrieben.



Erzeugen eines Messfensters:

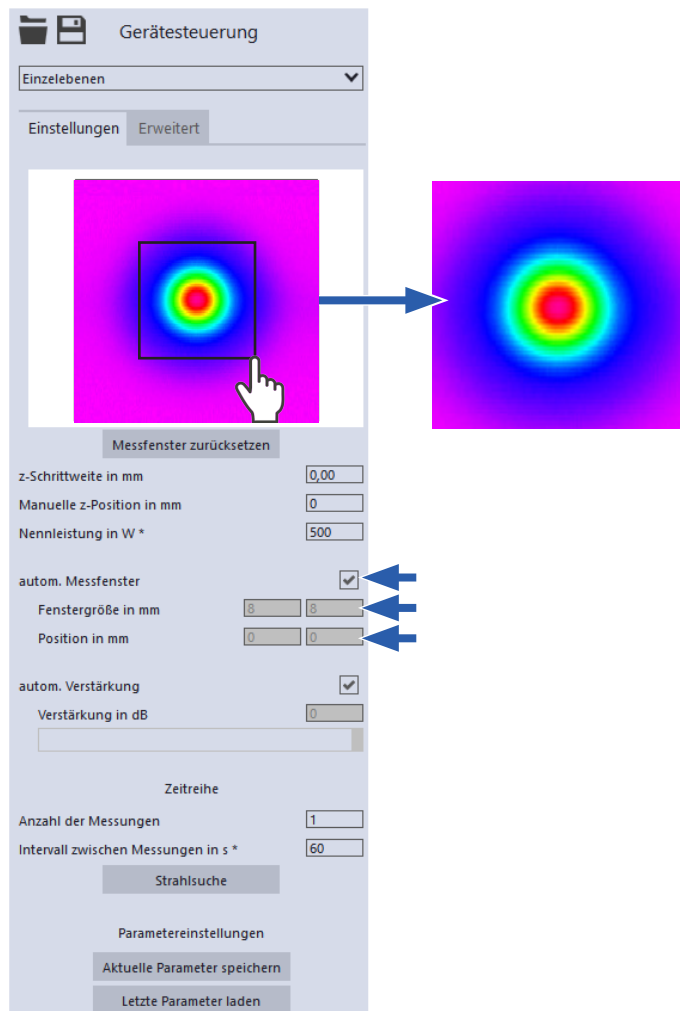
- Positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb des Messbereichs. Ziehen Sie mit gedrückter linker Maustaste solange bis das Messfenster ihren Vorstellungen entspricht.

Position des Messfensters anzupassen:

- Geben Sie die x-/y-Position in die entsprechenden Eingabefelder ein.
- Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messfensters. Ziehen Sie anschließend bei gedrückter rechter Maustaste.

Bei einem angezeigten Laserstrahl:

- Zum Zoomen auf die Mitte der grafischen Darstellung fahren Sie zunächst mit dem Mauszeiger über die grafische Darstellung bis die Plus-/Minus-Schaltflächen erscheinen. Drücken Sie anschließend die Schaltflächen.
- Zum Zoomen auf die Position des Mauszeigers positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb der grafischen Darstellung. Drehen Sie anschließend das Mauseisrad.
- Zum Zoomen auf die Größe des Messbereichs. Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messbereichs. Doppelklicken Sie anschließend links.



9.8.3 Manuelle Kaustik mit dem Messmodus Einzelebene messen

Im Messmodus **Einzelebenen** können weitere Messungen an beliebigen z-Positionen durchgeführt werden.

Da der FMW+ R2 über keine z-Achse verfügt, muss der Laser oder das Gerät entsprechend dem eingegebenen Wert verfahren werden.

Für stigmatische und einfach astigmatische Strahlen muss nach ISO 11146-1 mindestens an 10 verschiedenen Positionen auf der z-Achse gemessen werden.

Etwa die Hälfte der Messungen muss innerhalb von einer Rayleigh-Länge auf beiden Seiten der Strahltaille und etwa die Hälfte muss jenseits von zwei Rayleigh-Längen, ausgehend von der Strahltaille, verteilt sein.

Für allgemein astigmatische und unbekannte Strahlen muss nach ISO 11146-2 an mindestens 20 gleichmäßig verteilten Punkten auf der z-Achse innerhalb eines Bereiches von mindestens der dreifachen Rayleigh-Länge hinter und vor der Strahltaille gemessen werden.

PRIMES empfiehlt deshalb, generell mindestens 21 Ebenen innerhalb von ± 3 Rayleigh-Längen um den Fokus herum zu messen. Eine ungerade Anzahl von Messebenen macht es außerdem wahrscheinlicher, dass die Fokusebene gemessen wird.

Einzelmessung mit Eingabe der z-Position:

Diese Vorgehensweise wird verwendet, wenn die Laseranlage an die Position der nächsten Messung fährt.

1. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
2. Geben Sie im Eingabefeld **Manuelle z-Position in mm** die gewünschte Position der nächsten zu vermessenden Ebene ein.
3. Starten und beenden Sie die Messung gemäß Kapitel 9.8.4 auf Seite 44.

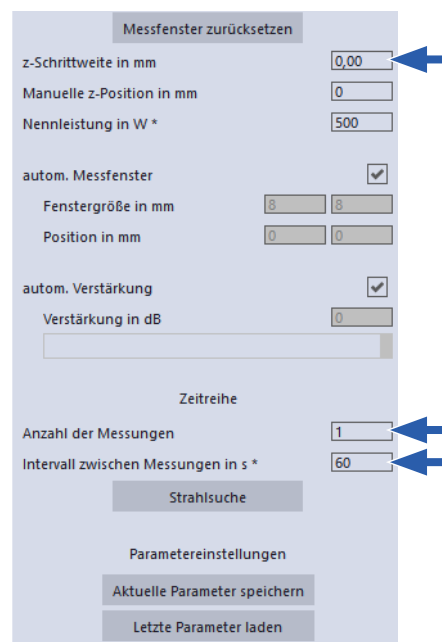
Einzelmessungen mit Angabe einer z-Schrittweite:

1. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
2. Geben Sie im Eingabefeld **z-Schrittweite in mm** den Abstand für die weiteren Messungen ein.
3. Starten Sie die Messung gemäß Kapitel 9.8.4 auf Seite 44 und warten Sie, bis die Messung beendet ist.
 - ➔ Die gemessene Ebene hat eine z-Schrittweite Abstand zu der zuvor gemessenen Ebene.
4. Verfahren Sie den Laser oder das Gerät entsprechend dem eingegebenen Wert.
5. Starten Sie erneut eine Messung und warten Sie, bis die Messung beendet ist.
6. Wiederholen Sie die letzten beiden Schritte so oft Sie möchten.

Reihenmessung mit Angabe einer z-Schrittweite:

Die Kombination der Optionen **Zeitreihe** und **z-Schrittweite in mm** erlaubt das Messen einer freien Kaustik in einem Durchgang.

1. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
2. Geben Sie im Eingabefeld **z-Schrittweite in mm** den Abstand zwischen den zu messenden Ebenen ein.
3. Geben Sie in den Feldern **Anzahl der Messungen** und **Intervall zwischen Messungen in s** die Anzahl der Messungen und den Intervall ein. Der Intervall ist die Zeit zwischen dem Ende einer Messung und dem Beginn der nächsten.
4. Stellen Sie sicher, dass der Laser oder das Gerät innerhalb des eingegebenen Wert im Eingabefeld **Intervall zwischen Messungen in s** entsprechend dem eingegebenen Wert im Eingabefeld **z-Schrittweite** verfahren wird.
5. Starten Sie die Reihenmessung gemäß Kapitel 9.8.4 auf Seite 44 und warten Sie, bis die Messung beendet ist.



Messfenster zurücksetzen

z-Schrittweite in mm

Manuelle z-Position in mm

Nennleistung in W *

autom. Messfenster ☒

Fenstergröße in mm

Position in mm

autom. Verstärkung ☒

Verstärkung in dB

Zeitreihe

Anzahl der Messungen

Intervall zwischen Messungen in s *

Strahlsuche

Parametereinstellungen

Aktuelle Parameter speichern

Letzte Parameter laden

9.8.4 Messung starten

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Start**.
3. Schalten Sie den Laser ein.
 - ➔ Die Messung beginnt.

Optional:

- Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop**, um die Messung vorzeitig zu beenden.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop Rotation**, um die Rotation der Messspitze auszuschalten.

👁 Während der Messung wird der Fortschritt in folgenden Anzeigen dargestellt:

Messe Ebene:

Während sich die Anzeige dreht, wird die Messung durchgeführt.

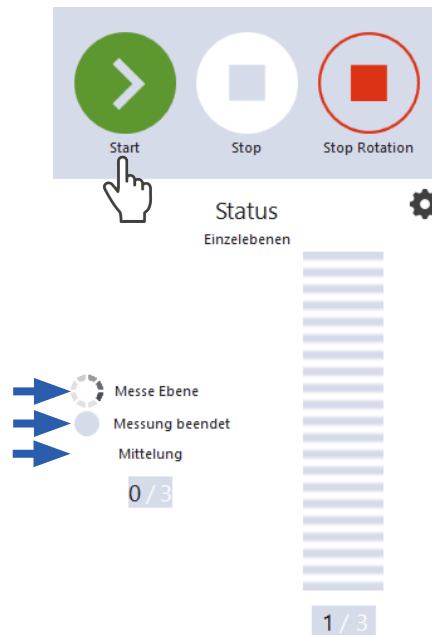
Messung beendet:

Nach erfolgreicher Messung leuchtet die Anzeige grün.

Mittelung (falls aktiviert):

Die Angabe zeigt die gemessenen Ebenen, die zur Mittelung eines Messwertes ausgewertet werden.

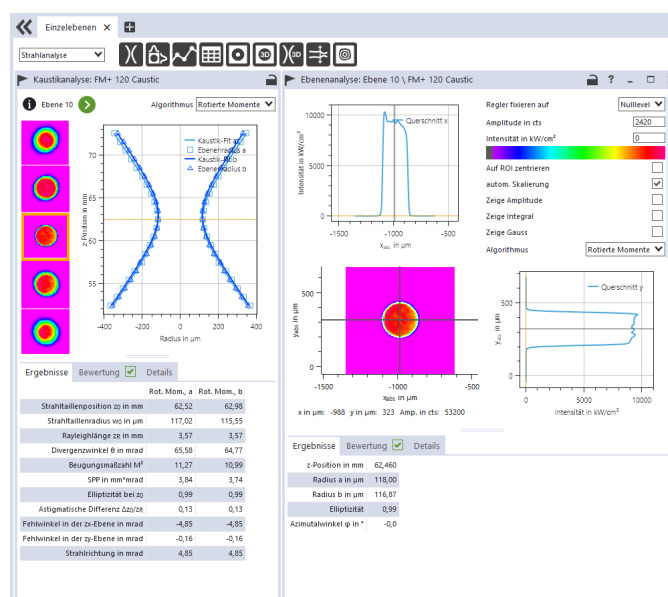
4. Schalten Sie den Laserstrahl nach beendeter Messung aus, sofern Sie nicht weitere Messungen durchführen möchten.



9.8.5 Anzeige der Messergebnisse

Die Messergebnisse werden während und nach der beendeten Messung im geöffneten Werkzeug dargestellt.

- PRIMES empfiehlt nach einer Messung die Qualität der Ergebnisse zu überprüfen.
- Abhängig von den Ergebnissen kann es notwendig sein, die Messung mit verbessertem Messaufbau oder geänderten Parametern zu wiederholen.
- Eine detaillierte Beschreibung der Dateiverwaltung und Auswertung der Messdaten entnehmen Sie der gesonderten Betriebsanleitung LDS.



9.9 Monitor

Im Messmodus **Monitor** können Messebenen kontinuierlich in einer Falschfarben-Anzeige dargestellt werden.

Der Laserstrahl kann automatisch von der Software im gesamten Messbereich gesucht werden.

Nach erfolgreicher Suche kann die Messung solange durchgeführt werden wie gewünscht. Während der Messung werden ununterbrochen Messdaten ausgelesen und in der grafischen Ansicht angezeigt.

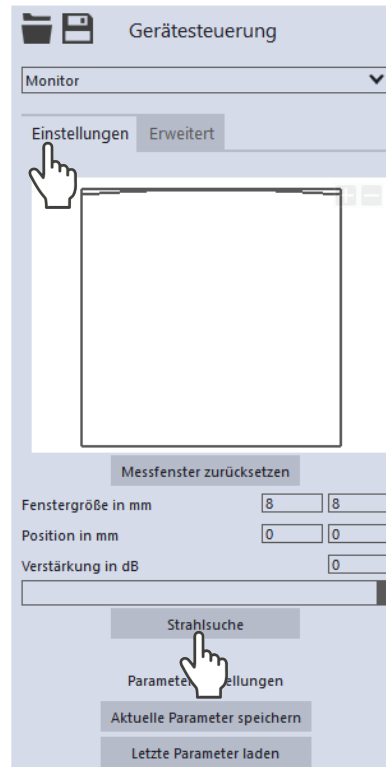
Die ermittelten Messdaten werden nicht im Projektbaum des Reiters **Projekte** gespeichert.

9.9.1 Laserstrahl automatisch suchen

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
 2. Klicken Sie auf den Reiter **Einstellungen**.
 3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Strahlsuche**.
 4. Schalten Sie den Laser ein.
 - ➔ Der Laserstrahl wird im gesamten Messbereich automatisch gesucht. Die Messfenstergröße und Verstärkung werden automatisch eingestellt.
- 👁 Nach erfolgreicher Suche wird der Laserstrahl in der grafischen Darstellung angezeigt.

Falls der Laserstrahl nicht angezeigt wird:

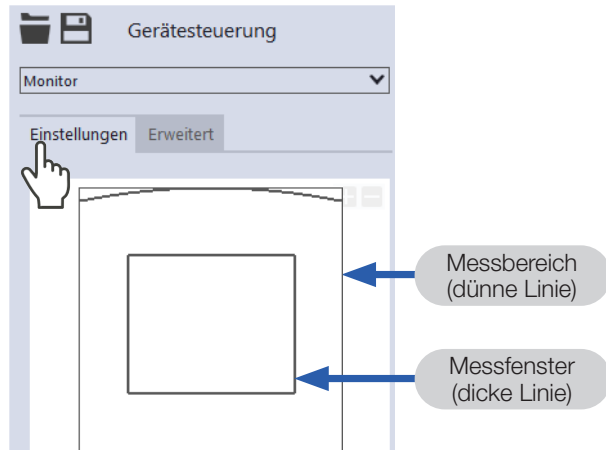
- ▶ Überprüfen Sie erneut die korrekte Ausrichtung des Geräts auf der x-y-Ebene gemäß Kapitel 7.2.3, „Gerät ausrichten“, auf Seite 19.
 - ▶ Überprüfen Sie die Richtung des Strahleintritts.
 - ▶ Passen Sie die Verstärkung an.
 - ▶ Wählen Sie eine andere z-Position.
 - ▶ Erhöhen Sie (schrittweise) die Laserleistung.
5. Falls erforderlich, passen Sie das Messfenster gemäß Kapitel 9.9.2, „Messfenster manuell anpassen“, auf Seite 46 manuell an.
 6. Starten Sie die Messung gemäß Kapitel 9.9.3, „Messung starten“, auf Seite 47.



9.9.2 Messfenster manuell anpassen

In einem Fenster im oberen Bereich des Reiters **Einstellungen** wird die Messebene grafisch dargestellt:

- der gesamte messbare Bereich (Messbereich, dünne Linien)
- der Bereich, der aufgenommen werden soll (Messfenster, dicke Linien)
- nach dem Durchführen einer Strahlsuche und während der Messungen eine Falschfarben-Ansicht des aufgenommenen Bereichs



Erzeugen eines Messfensters:

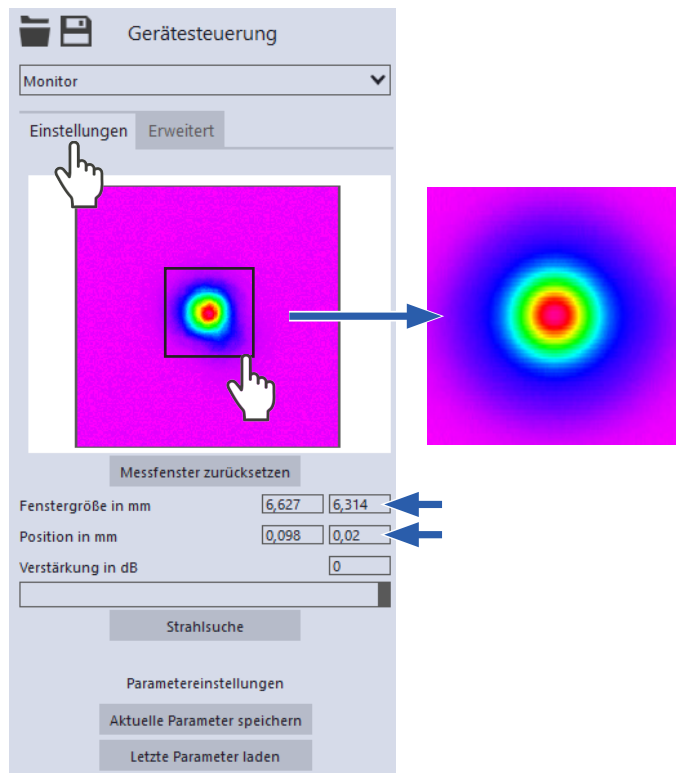
- Positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb des Messbereichs. Ziehen Sie, bei gedrückter linker Maustaste, bis das Messfenster ihren Vorstellungen entspricht.

Position des Messfensters anpassen:

- Geben Sie die x-/y-Position in die entsprechenden Eingabefelder ein.
- Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messfensters. Ziehen Sie anschließend bei gedrückter rechter Maustaste.

Bei einem angezeigten Laserstrahl:

- Zum Zoomen auf die Mitte der grafischen Darstellung fahren Sie zunächst mit dem Mauszeiger über die grafische Darstellung bis die Plus-/Minus-Schaltflächen erscheinen. Drücken Sie anschließend die Schaltflächen.
- Zum Zoomen auf die Position des Mauszeigers positionieren Sie den Mauszeiger an einer beliebigen Stelle innerhalb der grafischen Darstellung. Drehen Sie anschließend das Mausexplorer.
- Zum Zoomen auf die Größe des Messbereichs. Positionieren Sie den Mauszeiger innerhalb des Messbereichs. Doppelklicken Sie anschließend links.



9.9.3 Messung starten



GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

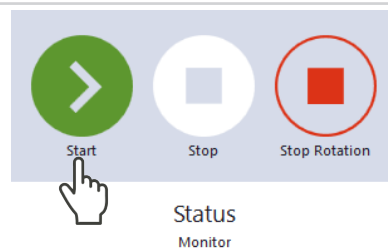
Falls Sie im Messmodus **Monitor** eine kontinuierliche Ebenenmessung zum Ausrichten des Gerätes einsetzen, beachten Sie folgendes:

- ▶ Richten Sie das Gerät vorzugsweise mit einem Pilotlaser aus, bei dem keine gefährlichen Reflexionen entstehen können.
- ▶ Wird das Gerät mit einem Laser der Klasse 4 ausgerichtet, können gefährliche Reflexionen entstehen. Das Ausrichten muss in diesem Fall ferngesteuert hinter einer trennenden Schutzeinrichtung erfolgen. Die Schutzeinrichtung muss die Strahlung blockieren oder auf ein ungefährliches Maß abschwächen.

1. Beachten Sie die Warnhinweise im Kapitel 9.1, „Warnhinweise“, auf Seite 23.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Start**.
3. Schalten Sie den Laser ein.
 - ➔ Die Messung beginnt.

Optional:

- ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop**, um die Messung zu beenden.
 - ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Stop Rotation**, um die Rotation der Messspitze auszuschalten.
- 👁 Aus dem zuvor eingestellten Messfenster werden kontinuierlich Daten ausgelesen und in der Falschfarben-Ansicht angezeigt.
4. Schalten Sie den Laser nach beendeter Messung aus, sofern Sie nicht weitere Messungen durchführen möchten.

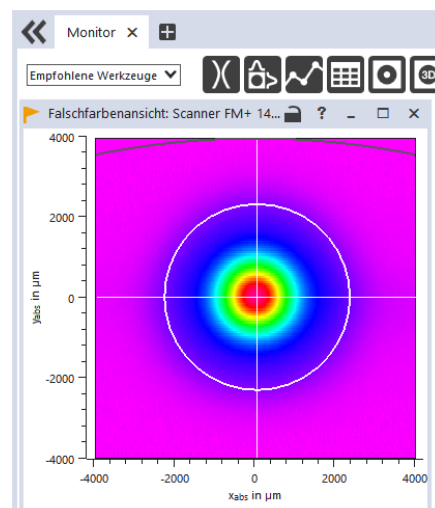


9.9.4 Anzeige der Messergebnisse

Während der Messung werden ununterbrochen Messdaten ausgelesen und in der grafischen Ansicht angezeigt.

Die ermittelten Messdaten werden nicht im Projektbaum des Reiters **Projekte** gespeichert.

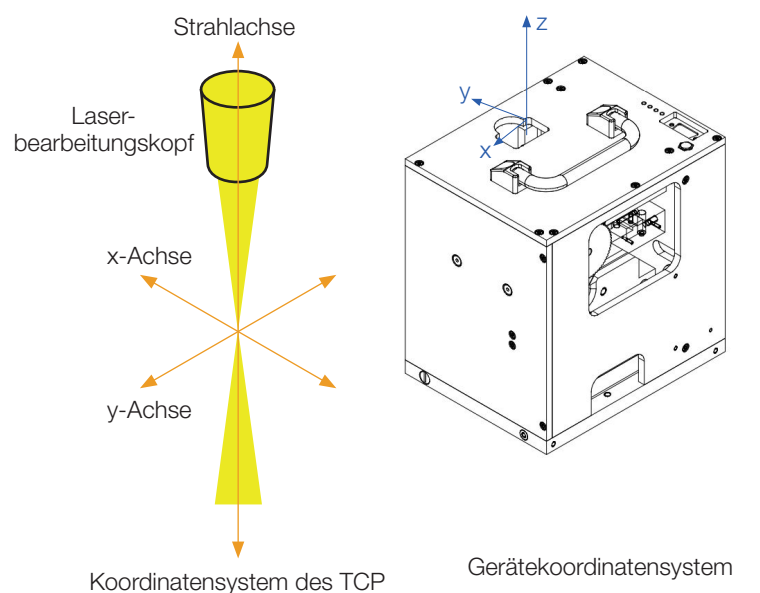
- ▶ Eine detaillierte Beschreibung der Dateiverwaltung und Auswertung der Messdaten entnehmen Sie der gesonderten Betriebsanleitung LDS.



9.10 Tool Center Point (TCP) ermitteln

Üblicherweise befindet sich der Tool Center Point (TCP) auf der Strahlachse in der Fokusebene. Der Abstand in z-Richtung von der Eintrittsöffnung der Messspitze (Pinhole) zum Bezugspunkt auf der Geräteoberkante ist auf dem Gerät als Offset von 10,6 mm angegeben.

1. Richten Sie den FocusMonitor FMW+ R2 gemäß Kapitel 7.2.3, „Gerät ausrichten“, auf Seite 19 aus.
2. Montieren Sie den FMW+ R2 gemäß Kapitel 7.2.4, „Gerät montieren“, auf Seite 20.
3. Bestimmen Sie die Fokusslage mit dem FMW+ R2.
 - Der Abstand von der Bezugsebene am Plus-Zeichen der y-Achse zur Eintrittsöffnung (Pinhole) der Messspitze beträgt in z-Richtung ca. 10,6 mm.



9.10.1 Abstand der Strahleintrittsöffnung zur Bezugsebene

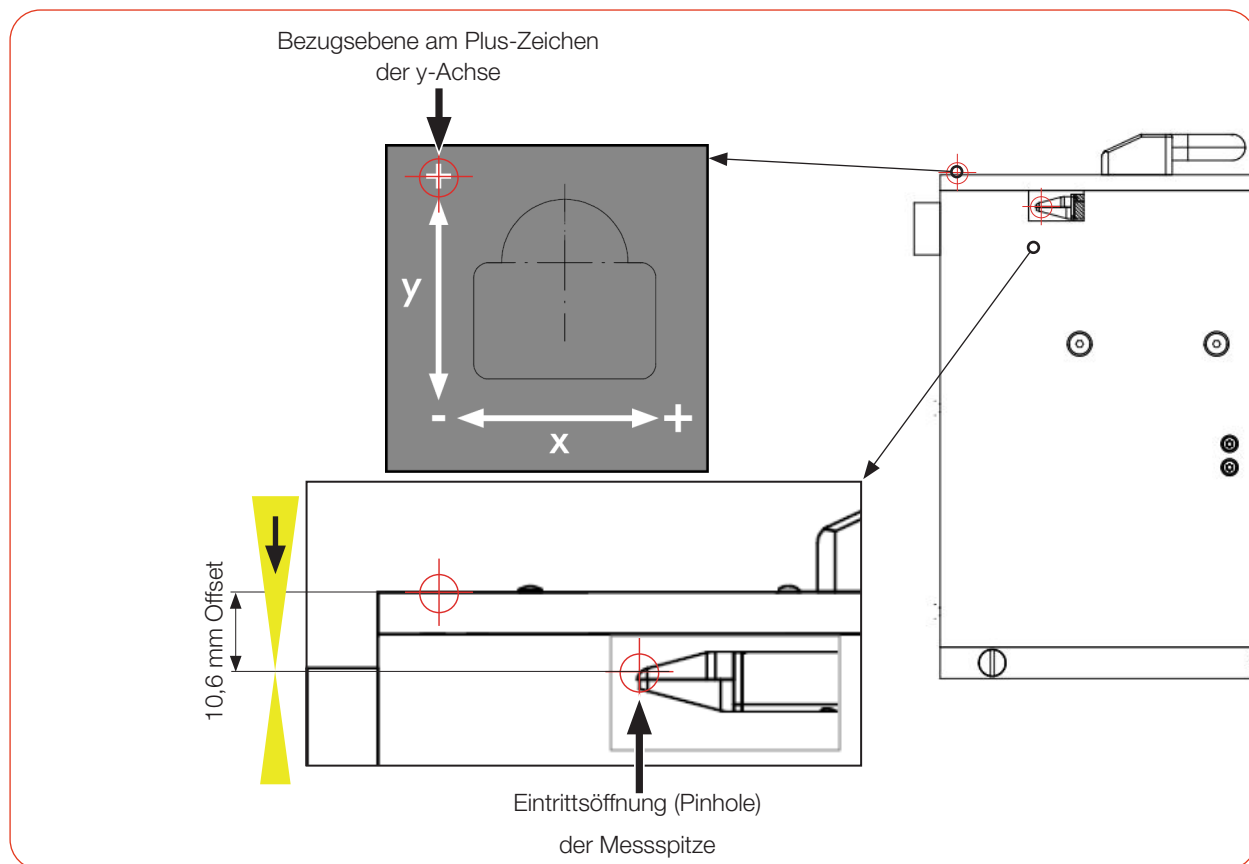


Abb. 9.1: Abstand der Öffnung in der Messspitze (Pinhole) zur Bezugsebene

10 Fehlerbehebung

10.1 Meldungen der LDS beim Messen

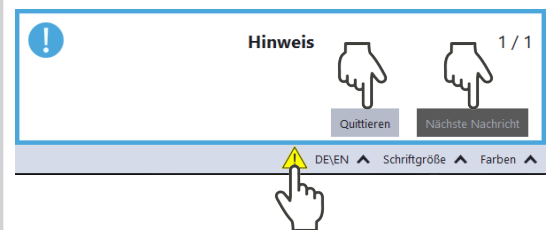
Treten bei einer Messung Probleme auf, so zeigt die LDS diese in unterschiedlicher Kategorisierung und unterschiedlichen Farben an.

Hinweise

Hinweise geben Hilfestellung bei der Interpretation der Messergebnisse und werden in einem blauen Fenster angezeigt.

Nutzen Sie eine der folgenden Möglichkeiten:

- ▶ Klicken Sie auf das Warndreieck in der Fußzeile, um das Fenster ein-/auszublenden.
- ▶ Klicken Sie ggf. auf die Schaltfläche **Nächste Nachricht**, um weitere Meldungen derselben Kategorie anzuzeigen.
- ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Quittieren**, um die angezeigte Meldung zu entfernen.

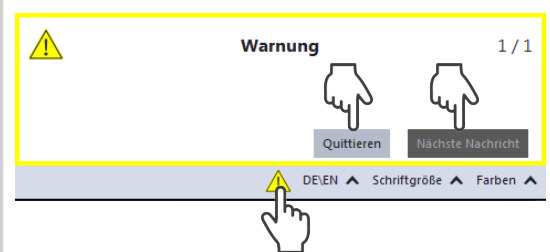


Warnungen

Nicht-sicherheitskritische Probleme, die beispielsweise die Qualität der Messergebnisse beeinflussen, werden in einem gelben Fenster angezeigt.

Nutzen Sie eine der folgenden Möglichkeiten:

- ▶ Klicken Sie auf das Warndreieck in der Fußzeile, um das Fenster ein-/auszublenden.
- ▶ Klicken Sie ggf. auf die Schaltfläche **Nächste Nachricht**, um weitere Meldungen derselben Kategorie anzuzeigen.
- ▶ Klicken Sie auf die Schaltfläche **Quittieren**, um die angezeigte Meldung zu entfernen.

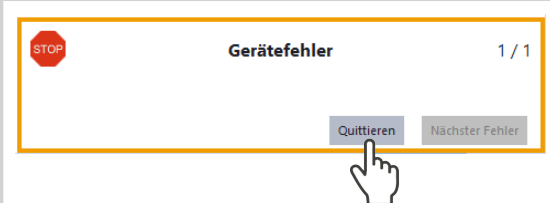


Gerätefehler

Gerätefehler, die eine Beschädigung des Gerätes zur Folge haben können, werden in einem orangen Fenster angezeigt.

Gehen Sie in diesem Fall wie folgt vor:

1. Beheben Sie das Problem.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Quittieren**, um die Meldung zu entfernen.
- 👁 Die Meldung verschwindet. Ist das Problem nicht behoben, dann erscheint die Meldung kurz darauf erneut.
3. **Fahren Sie erst mit der Messung fort, wenn das Problem behoben ist.**

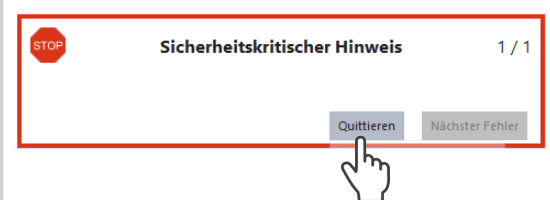


Sicherheitskritische Gerätefehler

Sicherheitskritische Probleme, die eine Beschädigung/Zerstörung des Gerätes zur Folge haben können, werden in einem roten Fenster angezeigt.

Gehen Sie in diesem Fall wie folgt vor:

1. Beheben Sie das Problem sofort.
2. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Quittieren**, um die Meldung zu entfernen.
- 👁 Die Meldung verschwindet. Ist das Problem nicht behoben, dann erscheint die Meldung kurz darauf erneut.
3. **Fahren Sie erst mit der Messung fort, wenn das Problem behoben ist.**



10.2 Verbindungsfehler mit der LDS

Die Verbindung des Gerätes zur LDS kann durch die Firewall blockiert sein.

- Geben Sie in der **Windows > Systemsteuerung > Firewall** den UDP-Port 20034 frei.

Die Freigabe des UDP-Ports sollte von einem System-Administrator durchgeführt werden.

Die IP-Adresse des PC ist nicht im Bereich des Gerätes.

- Weisen Sie in **Windows > Systemsteuerung > Netzwerk und Freigabecenter** Ihrem PC eine IP-Adresse zu, die im selben Adressbereich wie die des PRIMES Gerätes liegt (z. B. 192.168.116.xyz).
Die IP-Adresse Ihres PRIMES Gerätes finden Sie auf dem Typenschild.

Die Eingabe der IP-Adresse sollte von einem System-Administrator durchgeführt werden.

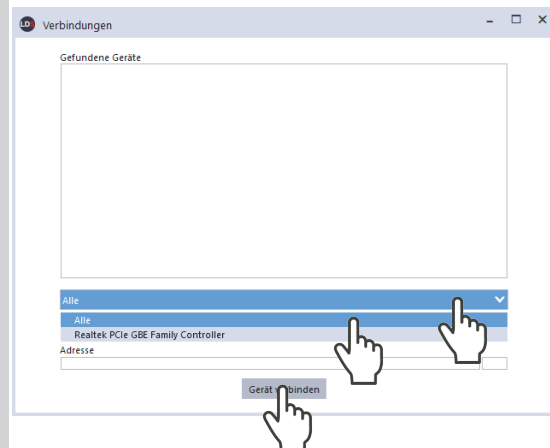
Sind mehrere Netzwerk-Karten oder eine USB3-to-Ethernet-Karte im PC eingebaut, kann die Verbindung des Gerätes zur LDS durch die Auswahl der falschen Netzwerk-Karte blockiert sein.

1. Wählen Sie im Fenster **Verbindungen > Alle** die passende Netzwerk-Karte aus.

👁 Das Gerät wird im Fenster **Verbindungen** angezeigt.

2. Klicken Sie auf das Gerät.

3. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Gerät verbinden**.



10.3 Sonstige Fehler

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Fehler während einer Messung.	- Fehler in der Datenübertragung - Prozessorabsturz im Messsystem - Fehler in der Programmausführung	- Starten Sie die LDS neu. - Schalten Sie die Versorgungsspannung aus und wieder ein. Lösen Sie einen Reset-Zyklus aus. - Starten Sie den PC neu.
Außer einem Grundrauschen und dem Nulloffset ist kein Messsignal vorhanden.	Das Gerät ist nicht richtig ausgerichtet.	Prüfen Sie die Geräteausrichtung zum Laserstrahl.
	Die Leistungsdichte im Fokus ist zu niedrig.	Erhöhen Sie die Laserleistung. Die absolute Leistungsdichte im Fokus muss typischerweise einige hundert kW/cm ² betragen, um mit einer Standardmessspitze ein signifikantes Messsignal zu erreichen.
	Bei kleinen Fokusspots (z. B. $r_f = 80 \mu\text{m}$) und maximalem Messfenster ist die Auflösung zu niedrig gewählt.	Messen Sie zunächst außerhalb des unmittelbaren Fokusbereichs. Führt dies nicht zum Ergebnis, erhöhen Sie die Auflösung (z. B. 256 x 256).
	Die Messspitze ist defekt.	Setzen Sie eine neue Messspitze ein (siehe Kapitel 11.3, „Messspitze prüfen/wechseln“, auf Seite 52).
	Die Messspitze ist falsch eingebaut.	Drehen Sie die Messspitze um.
Die Messspitze wird während der Messung zerstört.	Die Signalverstärkung ist zu niedrig.	Stellen Sie die maximale Verstärkung ein und wählen Sie den maximalen Messbereich.
	Die Leistungsdichte ist zu groß, sodass auf der Oberfläche der Messspitze ein Plasma gezündet wird.	Erhöhen Sie die Drehzahl der Messspitze (siehe Anhang B auf Seite 61) und spülen Sie den Messbereich mit Schutzgas.
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.
Bei sehr kleinen Strahlen in Kombination mit einer hohen Drehzahl kann in einigen Fällen ein Nachlauf des Signals in x-Richtung sichtbar werden.	Beim DFY-PS+ Detektor liegt die obere Grenze der Empfindlichkeit nahe dem Wellenlängenbereich 1 064 - 1 080 nm. Die Bandbreite dieses Detektortyps kann im genannten Bereich abnehmen.	Für solche Messungen empfiehlt PRIMES den Einsatz des DFIG-PS+ Detektors, der eine höhere Bandbreite zur Verfügung stellt.

11 Wartung und Inspektion

11.1 Wartungsintervalle

Für die Festlegung der Wartungsintervalle für das Messgerät ist der Betreiber verantwortlich.

PRIMES empfiehlt ein Wartungsintervall von 12 Monaten für Inspektion und Validierung.

Bei sporadischem Gebrauch des Messgeräts (weniger als täglich) kann das Wartungsintervall auf bis zu 24 Monate festgelegt werden.

Bitte beachten Sie, dass die Sicherheits-, und Warneinrichtungen im Gerät regelmäßig überprüft werden müssen.

11.2 Gerät reinigen

1. Lassen Sie das Gerät nach einer Messung eine angemessene Zeit abkühlen.
2. Reinigen Sie die Geräteoberfläche zuerst mit gereinigter, ölfreier Druckluft.
3. Für die weitere Reinigung verwenden Sie eine Mischung aus destilliertem Wasser und Isopropanol im Verhältnis von circa 5:1.
Benutzen Sie fusselfreie Reinigungstücher, die keine Kratzer verursachen.
Das können z. B. Microfasertücher oder Papiertücher aus dem Kosmetik-Bereich sein.

Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichen, dann wenden Sie sich bitte an PRIMES oder Ihren PRIMES Vertriebspartner.

11.3 Messspitze prüfen/wechseln

ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung der Messspitze

Die sehr feine Bohrung der Messspitze kann durch das Anfassen mit bloßen Händen und durch Schmutzpartikel schnell verstopfen.

- ▶ Tragen Sie bei der Montage/Demontage der Messspitze vom FMW+ R2 geeignete Handschuhe und achten Sie auf eine schmutz- und staubfreie Umgebung.
- ▶ Bauen Sie die Messspitze nicht auseinander, da diese sonst funktionsunfähig wird.

ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

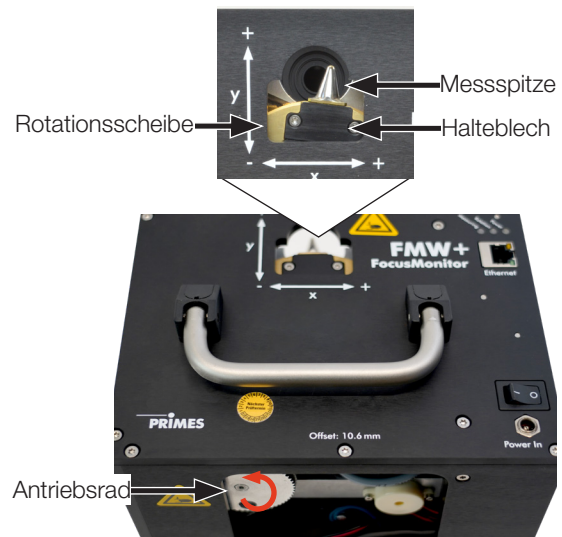
Unwucht der Rotationsscheibe kann zu Beschädigungen des Gerätes führen.

- ▶ Betreiben Sie das Gerät niemals ohne Messspitze.

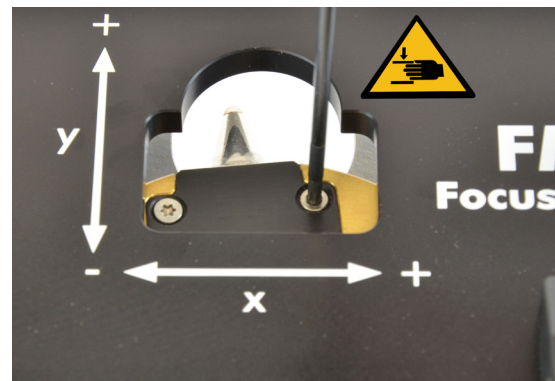
Messspitze demontieren

1. Ziehen sie den Netzstecker, um ein versehentliches Wiedereinschalten des Gerätes zu vermeiden.

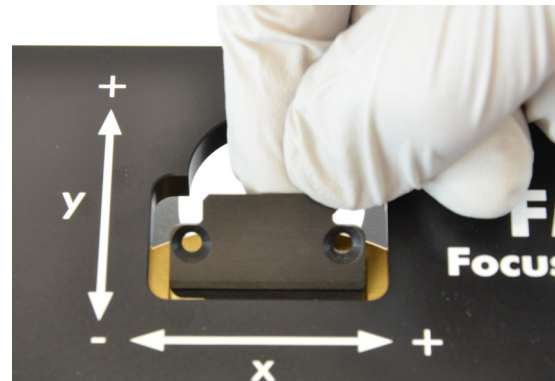
2. Drehen Sie die Rotationsscheibe, bis die Messspitze in der Gehäuseausparung sichtbar wird.
3. Drehen Sie das Antriebsrad solange gegen den Uhrzeigersinn, bis die Rotationsscheibe ca. 15 mm in die Gehäuseöffnung hineinragt.



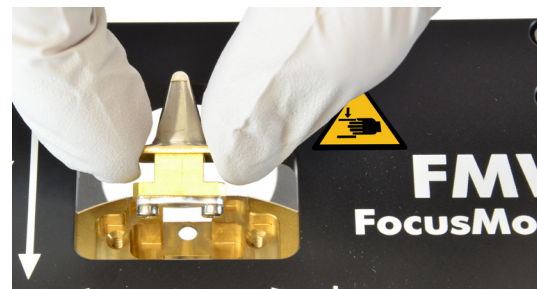
4. Entfernen Sie die Befestigungsschrauben des Halteblechs (Torx T8)



5. Drücken Sie die Messspitze samt Halteblech mit einem Schraubendreher von unten durch die Gehäuseöffnung vorsichtig nach oben
6. Ziehen Sie das Halteblech etwas nach oben und dann nach vorne, bis es sich lockert und mühelos entfernen lässt.



7. Entnehmen Sie vorsichtig die Messspitze.



Messspitze montieren



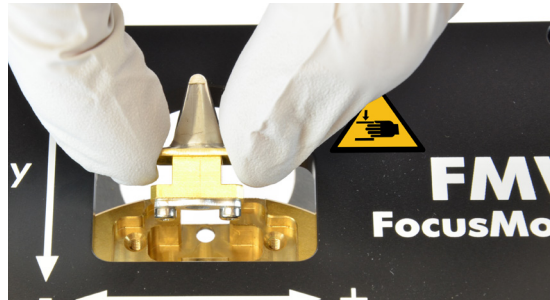
GEFAHR

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung/Zerstörung der Messspitze

Trifft der Laserstrahl auf die im Strahlengang stehende Messspitze, kann diese zerstört werden und es entsteht gestreute oder gerichtete Reflexion des Laserstrahls (Laserklasse 4).

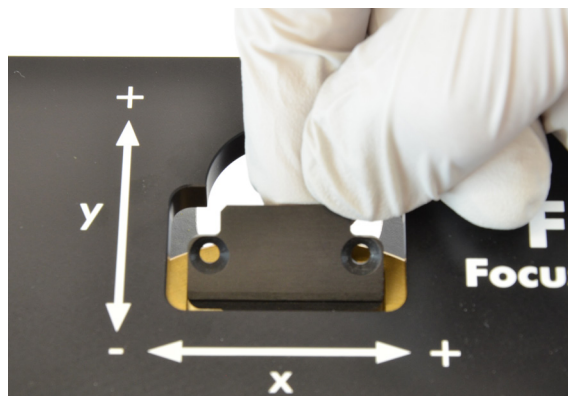
- Bewegen Sie nach der Montage die Messspitze aus dem Strahlengang.

1. Setzen Sie die neue Messspitze ein (die Strahleintrittsöffnung befindet sich auf der gewölbten Seite, siehe „Abb. 7.1: Messspitze“ auf Seite 18).

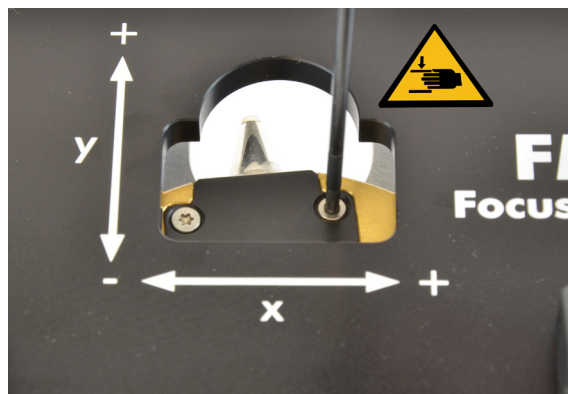


2. Setzen Sie das Halteblech mit der Führungsnut nach oben zeigend unter etwa 45 Grad mit kleinen Auf- und Ab-Bewegungen in die Rotations-scheibe ein und drücken es dann nach unten in die Aussparung.

- Prüfen Sie mit leichtem Druck an der Vorderkante des Halteblechs, ob es richtig aufliegt.



3. Setzen Sie die Befestigungsschrauben (Torx T8) ein und ziehen Sie diese handfest an.
4. Drehen Sie die Messspitze aus der Gehäuseöffnung, damit die Messspitze geschützt ist.



11.4 Auswahl der Messspitzen

Je nach Lasertyp müssen Sie die entsprechende Messspitze einsetzen.

Die Messspitzen stehen für verschiedene Wellenlängen, Leistungsdichtebereiche oder Strahldivergenzen zur Verfügung.

Somit kann eine optimale Konfiguration des FMW+ R2 erreicht werden. Bezüglich Leistung oder Leistungsdichte kann jeweils nur ein Wert voll ausgeschöpft werden.

Die Lebensdauer der Messspitzen hängt neben der Leistungsdichte auch von der Reinheit der Oberfläche ab (Staub, Partikel, Fingerabdrücke). Daher müssen die Messspitzen sehr sorgfältig behandelt werden.

Spezifikationen der Messspitzen

Die Messspitzen sind je nach Ausführung mit unterschiedlichen Leistungsdichten belastbar.

Die Leistungsdichte ist abhängig von der Laserleistung und der Fokusgröße.

Beachten Sie die Zerstörgrenzen der Messspitzen im Anhang C auf Seite 62.

Messspitzen	NIR high div	Diode
Typische Pinhole-Durchmesser in μm	20	50
Strahldivergenz/Akzeptanzwinkel in mrad	< 200	< 500
Typische Wellenlänge in nm	800 – 1100	400 – 1 700
CO₂-Laser	Max. Leistungsdichte in MW/cm ²	
Laserleistung bis 1 kW	—	—
NIR-Laser	Max. Leistungsdichte in MW/cm ²	
Laserleistung bis 1 kW	10	2,5
VIS-Laser	Max. Leistungsdichte in MW/cm ²	
Laserleistung bis 1 kW	10	—
Geeignete Detektoren		
Detektortyp	DFIG-PS+, DFY-PS+	

Tab. 11.1: Spezifikationen der Messspitzen und Auswahl geeigneter Detektoren

12 Maßnahmen zur Produktentsorgung

Dieses PRIMES Messgerät unterliegt als B2B-Gerät der europäischen Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Waste Electrical and Electronical Equipment – WEEE) sowie den entsprechenden nationalen Gesetzen. Die WEEE-Richtlinie verpflichtet Betreiber das Gerät nicht über den Hausmüll, sondern in einer getrennten Elektroaltgeräte-Sammlung umweltverträglich zu entsorgen.

PRIMES gibt Ihnen im Rahmen der WEEE-Richtlinie, umgesetzt im Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG), die Möglichkeit zur Rückgabe Ihres PRIMES Messgerätes zur kostenfreien Entsorgung.

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

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

Falls Sie sich außerhalb der EU befinden, kontaktieren Sie bitte Ihren zuständigen PRIMES Vertriebspartner um das Vorgehen zur Entsorgung Ihres PRIMES Messgerätes vorab abzustimmen.

PRIMES ist bei der Stiftung Elektro-Altgeräte Register (Stiftung ear) als Hersteller unter der Nummer WEEE-Reg.-Nr. DE65549202 registriert.

13 Konformitätserklärung



Original-EG-Konformitätserklärung

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

erklärt hiermit, dass das Gerät mit der Bezeichnung:

FocusMonitor (FM)

Typen: FM 35; FM 120; FM+; FM+ HPD; FMW; FMW+; FMW+ R2

die Bestimmungen der folgenden einschlägigen EG-Richtlinien erfüllt:

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

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, 2. März 2026



Dr. Reinhard Kramer, Geschäftsführer

14 Technische Daten

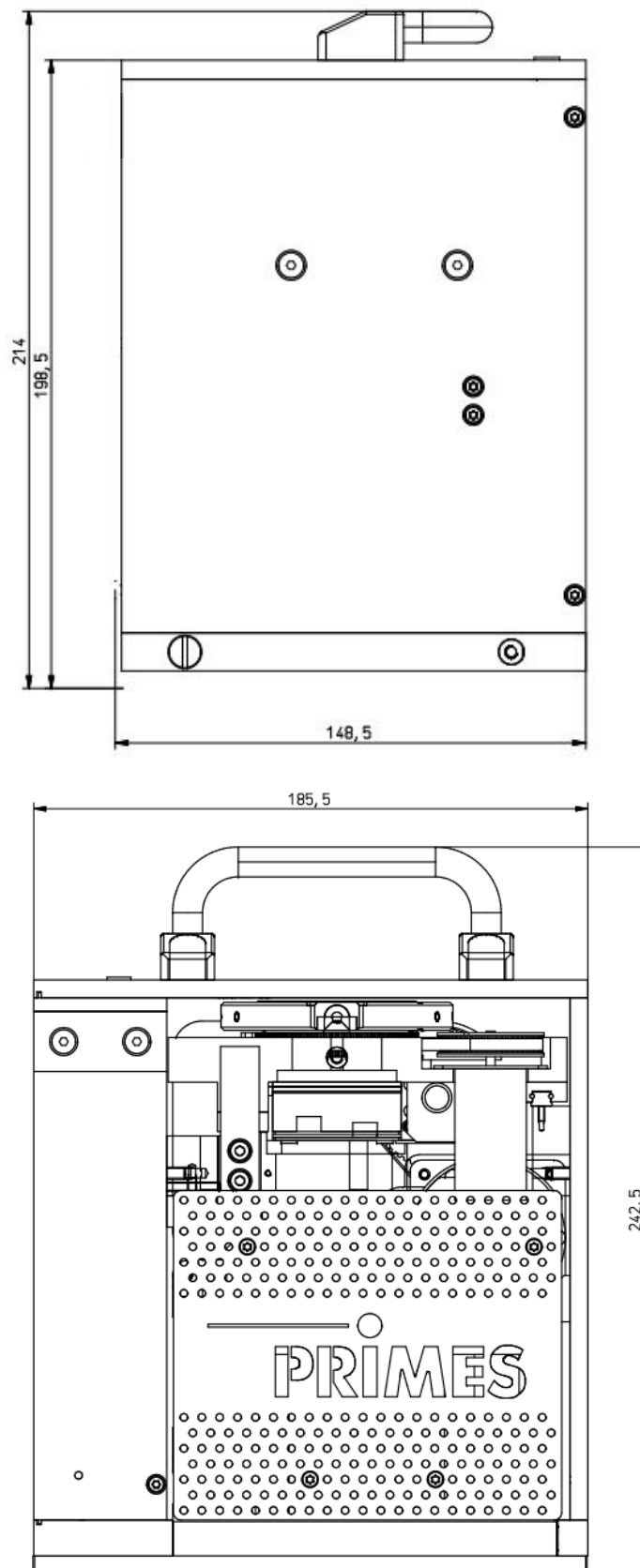
Messparameter		
Leistungsbereich		bis 1 000 W
Wellenlängenbereich		800 – 1100 nm
Strahldurchmesser		75 – 3 000 μm^1
Max. Energie pro Messung		245 kJ ²
Max. Leistungsdichte	Nd:YAG-Laser (1 000 – 1 100 nm)	10 MW/cm ²
Max. Strahldivergenz	NIR high div	< 200 mrad
Ermittelte Parameter		
Fokusposition x, y, z		ja (mit externer z-Achse)
Fokusradius x, y		ja
Beugungsmaßzahl M ²		ja
Rohstrahldurchmesser am fokussierenden Element		ja
Strahlparameterprodukt		ja
Divergenzwinkel		ja
Leistungsdichteverteilung		2D, 3D
Geräteparameter		
Messfenstergröße		8 x 8 mm
Auflösung		32 x 32 bis 1 024 x 1 024 Pixel
Drehzahl		1875, 3750 min ⁻¹
Versorgungsdaten		
Elektrische Versorgung		24 V DC $\pm$ 5 %, max. 1,8 A
Kommunikation		
Schnittstellen		Ethernet, OPC UA via LDS
Maße und Gewichte		
Abmessungen (L x B x H)		185,5 x 148,5 x 214 mm
Gewicht (ca.)		10,7 Kg
Umgebungsbedingungen		
Gebrauchstemperaturbereich		10 – 40 °C
Lagerungstemperaturbereich		5 – 50 °C
Referenztemperatur		22 °C
Zulässige relative Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)		10 – 80 %

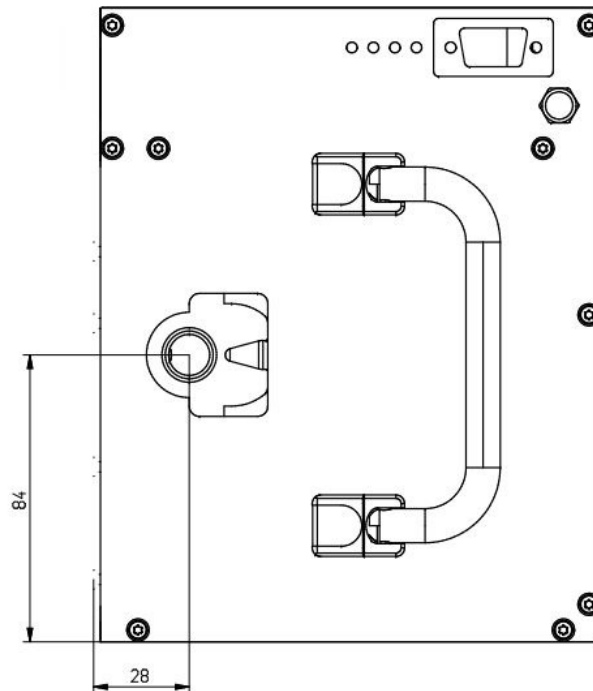
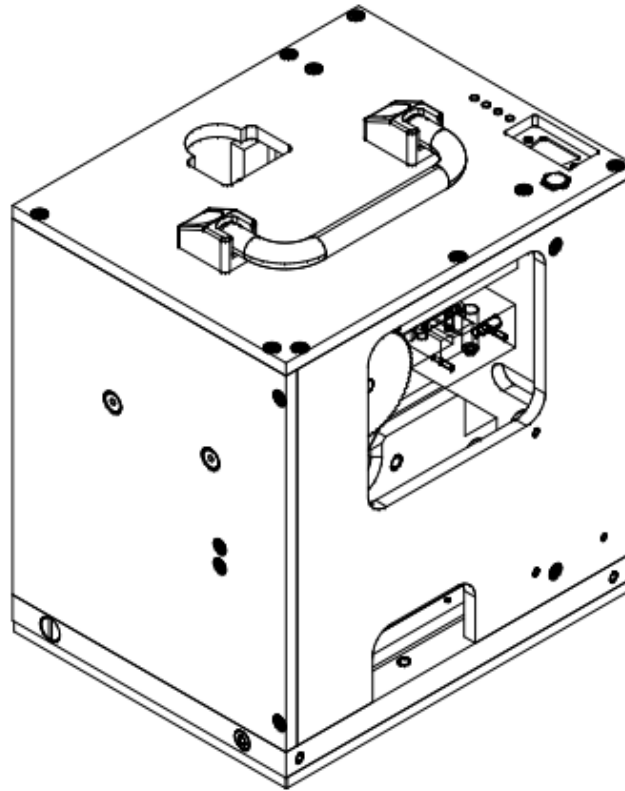
¹ Abhängig von der Spezifikation der verwendeten Messspitze, im Zweifelsfall Rücksprache mit PRIMES halten.

² Mit thermischer Anbindung an eine Bauplattform. Gemessen bei Raumtemperatur und Laserleistung 300W.

15 Abmessungen

Alle Abmessungsangaben sind in Millimetern (mm), falls nicht anders angegeben.





16 Anhang

A GNU GPL Lizenzhinweis

Die Software dieses Produkts enthält Quellcode, der unter der GNU General Public License (GPL) Version 2 oder später lizenziert ist. Die Lizenzbestimmungen zur GNU GPL Version 2 oder später können unter folgenden Links eingesehen werden:

<https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0>

<https://www.gnu.org/licenses/>

<https://www.primes.de/de/kontakt.html> bzw. www.primes.de/de/weltweit.html.

B Drehzahl der verwendeten Messspitze bestimmen

Die Berechnungen für die Tabelle „C Grenzwerte für den Messbetrieb“ auf Seite 62 gehen von einem Gauß-Profil aus.

Die maximale Leistungsdichte in realen Strahlen mit den gleichen Abmessungen ist oft geringfügig kleiner, minus 10 – 20 % typisch, minus 50 % für eine Tophat-Verteilung.

Im Zweifelsfall starten Sie mit geringerer Laserleistung.

C Grenzwerte für den Messbetrieb

Tabellenfeld	Weiß	Grün	Rot
Drehzahl in min^{-1}	1875	3750	Zerstörungsgefahr!

	NIR high div-Messspitze				Dioden Messspitze		
50	10,19	20,37	50,93	101,86	10,19	50,93	101,86
55	8,42	16,84	42,09	84,18	8,42	42,09	84,18
60	7,07	14,15	35,37	70,74	7,07	35,37	70,74
65	6,03	12,05	30,14	60,27	6,03	30,14	60,27
70	5,20	10,39	25,98	51,97	5,20	25,98	51,97
75	4,53	9,05	22,64	45,27	4,53	22,64	45,27
80	3,98	7,96	19,89	39,79	3,98	19,89	39,79
90	3,14	6,29	15,72	31,44	3,14	15,72	31,44
100	2,55	5,09	12,73	25,46	2,55	12,73	25,46
125	1,63	3,26	8,15	16,30	1,63	8,15	16,30
150	1,13	2,26	5,66	11,32	1,13	5,66	11,32
175	0,83	1,66	4,16	8,32	0,83	4,16	8,32
200	0,64	1,27	3,18	6,37	0,64	3,18	6,37
225	0,50	1,01	2,52	5,03	0,50	2,52	5,03
250	0,41	0,81	2,04	4,07	0,41	2,04	4,07
275	0,34	0,67	1,68	3,37	0,34	1,68	3,37
300	0,28	0,57	1,41	2,83	0,28	1,41	2,83
325	0,24	0,48	1,21	2,41	0,24	1,21	2,41
350	0,21	0,42	1,04	2,08	0,21	1,04	2,08
375	0,18	0,36	0,91	1,81	0,18	0,91	1,81
400	0,16	0,32	0,80	1,59	0,16	0,80	1,59
425	0,14	0,28	0,70	1,41	0,14	0,70	1,41
450	0,13	0,25	0,63	1,26	0,13	0,63	1,26
475	0,11	0,23	0,56	1,13	0,11	0,56	1,13
500	0,10	0,20	0,51	1,02	0,10	0,51	1,02
1000	0,025	0,05	0,13	0,25	0,03	0,13	0,25
2000	0,006	0,01	0,03	0,06	0,01	0,03	0,06
3000	0,003	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,03
	0,1	0,2	0,5	1	0,1	0,5	1

Laserleistung in kW

Tab. C.1: Leistungsdichte in MW/cm^2
Die Tabelle gibt ausschließlich die Zerstörungsschwellen des Materials an. Es gilt die Spezifikationen der jeweiligen Messspitze zu berücksichtigen, insbesondere der kleinste gemessene Durchmesser innerhalb der spezifizierten Messgenauigkeit von $75\text{ }\mu\text{m}$.

C.1 Grenzwerte für den Messbetrieb mit Schwerpunkt auf kleinen Strahldurchmessern

Durchmesser (μm)	Max. Leistung (W)	Leistungsdichte (MW/cm^2)
50	100	10,19
55	120	10,10
60	140	9,90
65	160	9,64
70	190	9,87
75	220	9,96
80	250	9,95
90	300	9,43
100	350	8,91
125	500	8,15
150	650	7,36
175	750	6,24
200	850	5,41
225	1000	5,03
250	1000	4,07
275	1000	3,37
300	1000	2,83

Tab. C.2: Maximale Leistungsdichten für NIR-Messspitzen. Gilt bei 3750 U/Min

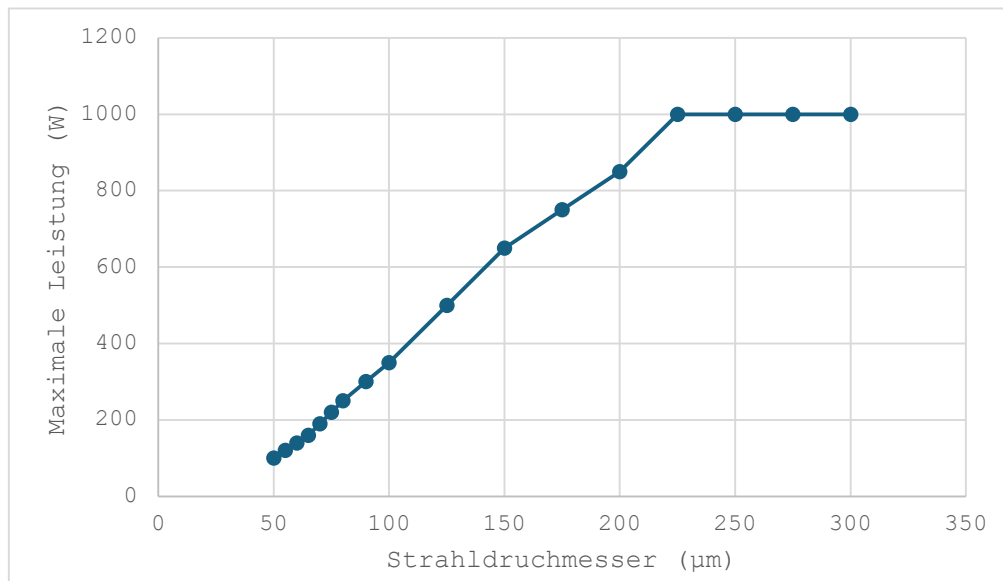


Abb. C.1: Maximale Leistungsdichten für NIR-Messspitzen

