

## Originalbetriebsanleitung



### HighPower-MSM-HighBrilliance

HP-MSM-HB, HP-MSM-HB 20 kW

LaserDiagnosticsSoftware LDS 2.98



**WICHTIG!**

**VOR DEM GEBRAUCH SORGFÄLTIG LESEN!**

**ZUR SPÄTEREN VERWENDUNG AUFBEWAHREN!**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlegende Sicherheitshinweise</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Symbolerklärung</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Über diese Betriebsanleitung</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Gerätebeschreibung</b>	<b>13</b>
4.1	Modelle und Optionen .....	13
4.2	Anwendungsbereich .....	13
4.3	Geräteaufbau HP-MSM-HB .....	13
4.4	Hebel zum Anpassen der Vergrößerung .....	14
4.5	Messprinzip.....	15
4.6	Messbereich des HP-MSM-HB .....	16
4.6.1	Messbereich des HP-MSM-HB 10 kW .....	16
4.6.2	Messbereich des HP-MSM-HB 20 kW .....	17
4.7	Magnetfeder.....	17
<b>5</b>	<b>Kurzübersicht Installation</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Transport</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Montage</b>	<b>20</b>
7.1	Bedingungen am Einbauort .....	20
7.2	Vorbereitung und Einbaulage.....	20
7.3	HP-MSM-HB manuell ausrichten.....	21
7.3.1	Wichtige Bedingungen zur Position des fokussierten Laserstrahls .....	21
7.3.2	Zyklon montieren .....	22
7.3.3	Positionierung des Pilotlaserstrahls über dem Zyklon .....	23
7.4	Faserbrücke (Option) montieren .....	25
<b>8</b>	<b>Kühlwasser- und Druckluftanschluss</b>	<b>27</b>
8.1	Kühlkreissystem .....	27
8.1.1	Wasserqualität .....	28
8.1.2	Wasserdruck.....	29
8.1.3	Luftfeuchtigkeit .....	29
8.1.4	Wasseranschlüsse und Wasserdurchflussmenge .....	30
8.2	Druckluft .....	30
<b>9</b>	<b>Elektrische Anschlüsse</b>	<b>31</b>
9.1	Anschlüsse .....	31
9.2	Pinbelegung .....	32
9.2.1	Spannungsversorgung .....	32
9.2.2	Eingang externer Trigger .....	32
9.2.3	Ausgang interner Trigger .....	32
9.2.4	Ausgang internes Datentransfer-Signal.....	32
9.2.5	Externer Sicherheitskreis (Interlock).....	33
9.3	Anschluss an den PC und Stromversorgung anschließen.....	33
<b>10</b>	<b>Status-LEDs</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>Installieren und konfigurieren der LaserDiagnosticsSoftware LDS</b>	<b>36</b>
11.1	Systemvoraussetzungen .....	36
11.2	Software installieren .....	36
11.3	Ethernetverbindung einrichten .....	37

11.3.1	IP-Adresse eingeben.....	37
11.3.2	Verbindung zum PC aufbauen.....	38
11.3.3	Standard-IP-Adresse des Gerätes ändern.....	39
11.3.4	IP-Adresse mit DHCP automatisch beziehen.....	40
<b>12</b>	<b>Beschreibung der LaserDiagnosticsSoftware LDS</b>	<b>42</b>
12.1	Grafische Benutzeroberfläche .....	42
12.1.1	Die Menüleiste .....	44
12.1.2	Die Werkzeugleiste.....	45
12.1.3	Menü-Übersicht .....	46
<b>13</b>	<b>Messen</b>	<b>49</b>
13.1	Sicherheitshinweise.....	49
13.2	HP-MSM-HB mit 5-fach-HP-Objektiv und Zyklon.....	49
13.3	HP-MSM-HB mit Faserbrücke.....	50
13.4	Messung vorbereiten.....	51
13.4.1	Checkliste Sicherheitsvorkehrungen.....	51
13.4.2	Checkliste Messeinstellungen .....	51
13.5	Flussdiagramm einer Messung .....	52
13.5.1	Messung vorbereiten .....	52
13.5.2	Kaustikgrenzen bestimmen .....	52
13.5.3	Kaustikmessung durchführen.....	53
13.6	Messeinstellungen in der LaserDiagnosticsSoftware LDS vornehmen.....	54
13.6.1	Sensorparameter (Menü <b>Messung &gt; Sensorparameter</b> ) .....	54
13.6.2	Messeinstellungen (Menü <b>Messung &gt; Einzelmessung</b> ).....	56
13.6.3	Kaustikeinstellungen (Menü <b>Messung &gt; Kaustik</b> ) .....	57
13.6.4	CCD-Einstellung (Menü <b>Messung &gt; CCD Einstellung</b> ).....	58
13.6.5	Optionen (nur für advanced User (Menü <b>Messung &gt; Optionen</b> ) .....	60
13.6.6	CCD Geräteinfo (Menü <b>Messung &gt; CCD Geräteinfo</b> ) .....	61
13.6.7	Einzelmessung (Menü <b>Messung &gt; Einzelmessung</b> ) .....	62
13.6.8	Kaustikmessung (Menü <b>Messung &gt; Kaustik</b> ) .....	64
<b>14</b>	<b>Fehleranalyse</b>	<b>67</b>
14.1	Fehler während einer Messung.....	67
14.2	Kein Messsignal am HP-MSM-HB.....	67
<b>15</b>	<b>Wartung und Instandhaltung</b>	<b>67</b>
15.1	Messobjektiv demontieren.....	68
15.2	Blende an der Strahleintrittsöffnung wechseln .....	69
15.3	Schutzglas vor der Leistungsausgangsöffnung wechseln .....	70
15.4	Strahlteiler austauschen .....	71
<b>16</b>	<b>Zubehör</b>	<b>72</b>
<b>17</b>	<b>Versand oder Lagerung</b>	<b>73</b>
17.1	Transportsicherung montieren .....	73
17.2	Kühlkreis des HP-MSM-HB entleeren.....	74
17.3	Kühlkreis des HP-MSM-HB verschließen.....	74
17.4	Kühlkreis des PowerLossMonitor entleeren .....	75
17.5	Apertur des HB-Objektives verschließen.....	75
17.6	Gerät verpacken .....	76
<b>18</b>	<b>Maßnahmen zur Produktentsorgung</b>	<b>76</b>
<b>19</b>	<b>Konformitätserklärung</b>	<b>77</b>
<b>20</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>78</b>

<b>21</b>	<b>Abmessungen</b>	<b>79</b>
21.1	Hauptabmessungen des HP-MSM-HB .....	79
21.2	Hauptabmessungen des HP-MSM-HB mit Faserbrücke.....	81
21.3	Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW .....	84
21.4	Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW mit Faserbrücke .....	86
<b>22</b>	<b>Anhang A:</b>	<b>88</b>
22.1	Leistungsmessung mit dem PLM am HP-MSM-HB.....	88
22.2	Messen von gepulster Laserstrahlung .....	89
22.2.1	Auswahl der Messkonfiguration.....	91
22.2.2	Einfluss der Pulsparameter auf die Integrationszeitsteuerung.....	91
22.2.3	Beispiele für den getriggerten Messbetrieb.....	95
22.2.4	Zusammenfassung .....	96
<b>23</b>	<b>Anhang B: Grundlagen der Strahldiagnose</b>	<b>97</b>
23.1	Laserstrahlparameter .....	97
23.1.1	Rotationssymmetrische Strahlen.....	98
23.1.2	Nicht rotationssymmetrische Strahlen .....	99
23.2	Berechnung der Strahldaten.....	100
23.2.1	Bestimmung des Nulllevels .....	100
23.2.2	Bestimmung der Strahlage.....	101
23.2.3	Radiusbestimmung mit dem 2. Moment der Leistungsdichteverteilung .....	101
23.2.4	Radiusbestimmung mit der Methode des 86%igen Leistungseinschlusses .....	102
23.2.5	Weitere Radiusdefinitionen (Option).....	103
23.3	Messfehler .....	104
23.3.1	Fehler bei der Nulllevelbestimmung.....	104
23.3.2	Übersteuerung des Signals.....	104
23.3.3	Fehler durch falsche Wahl der Messfenstergröße .....	105
<b>24</b>	<b>Anhang C: Detaillierte Beschreibung der Software LDS</b>	<b>106</b>
24.1	Datei .....	107
24.1.1	Neu (Menü <b>Datei &gt; Neu</b> ).....	107
24.1.2	Öffnen (Menü <b>Datei &gt; Öffnen</b> ) .....	107
24.1.3	Schließen/Alle Dateien Schließen (Menü <b>Datei &gt; Schließen/Alle Dateien Schließen</b> )... 107	
24.1.4	Speichern (Menü <b>Datei &gt; Speichern</b> ) .....	107
24.1.5	Speichern unter (Menü <b>Datei &gt; Speichern unter</b> ) .....	107
24.1.6	Export (Menü <b>Datei &gt; Export</b> ).....	107
24.1.7	Messeinstellungen laden (Menü <b>Datei &gt; Messeinstellungen laden</b> ).....	108
24.1.8	Messeinstellungen speichern (Menü <b>Datei &gt; Messeinstellungen speichern</b> ).....	108
24.1.9	Protokoll (Menü <b>Datei &gt; Protokoll</b> ) .....	108
24.1.10	Drucken (Menü <b>Datei &gt; Drucken</b> ).....	108
24.1.11	Vorschau Drucken (Menü <b>Datei &gt; Vorschau Drucken</b> ).....	108
24.1.12	Zuletzt geöffnete Datei (Menü <b>Datei &gt; zuletzt geöffnete Datei</b> ).....	108
24.1.13	Ende (Menü <b>Datei &gt; Ende</b> ) .....	108
24.2	Bearbeiten .....	109
24.2.1	Kopieren (Menü <b>Bearbeiten &gt; Kopieren</b> ) .....	109
24.2.2	Ebene löschen (Menü <b>Bearbeiten &gt; Ebene löschen</b> ).....	109
24.2.3	Alle Ebenen löschen (Menü <b>Bearbeiten &gt; Alle Ebenen löschen</b> ) .....	109
24.2.4	Benutzerlevel ändern (Menü <b>Bearbeiten &gt; Benutzerlevel ändern</b> ) .....	109
24.3	Messung.....	109
24.3.1	Messumgebung (Menü <b>Messung &gt; Messumgebung</b> ) .....	109
24.3.2	Sensorparameter (Menü <b>Messung &gt; Sensorparameter</b> ) .....	111
24.3.3	Einstellung Strahlsuche (Menü <b>Messung &gt; Einstellungen: Strahlsuche</b> ) .....	111
24.3.4	CCD Geräteinfo (Menü <b>Messung &gt; CCD Geräteinfo</b> ) .....	112
24.3.5	CCD-Einstellung (Menü <b>Messung &gt; CCD Einstellung</b> ).....	113
24.3.6	LQM-Justage (Menü <b>Messung &gt; LQM-Justage</b> ) .....	115

24.3.7	Leistungsmessung (Menü <b>Messung</b> > <b>Leistungsmessung</b> ) .....	115
24.3.8	Einzelmessung (Menü <b>Messung</b> > <b>Einzelmessung</b> ) .....	115
24.3.9	Kaustik (Menü <b>Messung</b> > <b>Kaustik</b> ).....	119
24.3.10	Start Justiermode (Menü <b>Messung</b> > <b>Start Justiermode</b> ).....	120
24.3.11	Optionen (nur für advanced User (Menü <b>Messung</b> > <b>Optionen</b> ) .....	121
24.4	Darstellung.....	123
24.4.1	Falschfarben (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Falschfarben</b> ).....	124
24.4.2	Falschfarben (gefiltert) (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Falschfarben (gefiltert)</b> ) .....	125
24.4.3	Isometrie (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Isometrie</b> ).....	125
24.4.4	Isometrie 3D (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Isometrie 3D</b> ).....	126
24.4.5	Übersicht 86 % bzw. 2. Momente (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Übersicht (86%)/(2. Momente)</b> ) .....	127
24.4.6	Kaustik (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Kaustik</b> ).....	128
24.4.7	Rohstrahl (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Rohstrahl</b> ) .....	132
24.4.8	Symmetrieprüfung (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Symetrieprüfung</b> ) .....	132
24.4.9	Feste Schnitte (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Feste Schnitte</b> ) .....	134
24.4.10	Variable Schnitte (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Variable Schnitte</b> ).....	134
24.4.11	Graphische Übersicht (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Grafische Übersicht</b> ).....	137
24.4.12	Systemstatus (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Systemstatus</b> ).....	137
24.4.13	Evaluierungsparameter (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Evaluierungsparameter</b> ) .....	138
24.4.14	Evaluieren Dokument (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Evaluieren Dokument</b> ) .....	139
24.4.15	Farbtafeln (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Farbtafeln</b> ) .....	141
24.4.16	Werkzeuggestreife (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Werkzeuggestreife</b> ).....	141
24.4.17	Position (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Position</b> ).....	142
24.4.18	Evaluation (Option) (Menü <b>Darstellung</b> > <b>Evaluation</b> ) .....	142
24.5	Kommunikation .....	144
24.5.1	Geräte suchen (Menü <b>Kommunikation</b> > <b>Geräte suchen</b> ) .....	144
24.5.2	Freie Kommunikation (Menü <b>Kommunikation</b> > <b>Freie Kommunikation</b> ) .....	144
24.5.3	Liste gesuchter Geräte (Menü <b>Kommunikation</b> > <b>Liste gesuchter Geräte</b> ) .....	145
24.6	Skript (Menü <b>Script</b> ).....	146
24.6.1	Editor (Menü <b>Script</b> > <b>Editor</b> ) .....	146
24.6.2	Auflisten (Menü <b>Script</b> > <b>Auflisten</b> ) .....	146
24.6.3	Python (Menü <b>Script</b> > <b>Python</b> ).....	146
<b>25</b>	<b>Anhang D: Dateiformate</b> .....	<b>147</b>
25.1	Datei „laserds.ini“ – ein Beispiel .....	147
25.2	Beschreibung des MDF-Dateiformats.....	148

## PRIMES - das Unternehmen

PRIMES ist ein Hersteller von Messgeräten zur Laserstrahlcharakterisierung. Diese Geräte werden zur Diagnostik von Hochleistungslasern eingesetzt. Das reicht von CO<sub>2</sub>-Lasern über Festkörperlaser bis zu Diodenlasern. Der Wellenlängenbereich von Infrarot bis nahe UV wird abgedeckt. 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<sup>2</sup>

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

### Bestimmungsgemäße Verwendung

Der HighPower-MicroSpotMonitor-HighBrilliance (im Folgenden HP-MSM-HB genannt) ist ausschließlich dazu gebaut, Messungen im Strahlengang von Hochleistungslasern durchzuführen. Hierbei sind die im Kapitel 20, „Technische Daten“, auf Seite 78 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.

### 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).

### Erforderliche Schutzmaßnahmen treffen

Das Gerät misst direkte Laserstrahlung, emittiert selbst aber keine Strahlung. Bei der Messung wird der Laserstrahl jedoch auf das Gerät gerichtet. Dabei kann gestreute oder gerichtete Reflexion des Laserstrahls entstehen (Laserklasse 4). Die reflektierte Strahlung ist in der Regel nicht sichtbar. Schützen Sie sich bei allen Arbeiten mit dem Gerät vor direkter und reflektierter Laserstrahlung durch folgende Maßnahmen:

- 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.
- Schließen Sie den Sicherheitskreis (Interlock) des Gerätes an die Lasersteuerung an. Prüfen Sie die ordnungsgemäße Abschaltung des Lasers im Fehlerfall durch den Sicherheitskreis (Interlock).
- Die numerische Apertur des Laserstrahls muss kleiner 0,11 sein. Andernfalls kann in den unteren Messpositionen Laserstrahlung vom Rand des Messobjektives unkontrolliert in den Raum reflektiert werden.
- Tragen Sie **Laserschutzbrillen**, die an die verwendete Leistung, Leistungsdichte, Laserwellenlänge und Betriebsart der Laserstrahlquelle angepasst sind.
- Je nach Laserquelle kann das Tragen von geeigneter **Schutzkleidung** oder **Schutzhandschuhen** notwendig sein.
- 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 geeignete Strahlführungs- und Strahlabsorberelemente, die bei Bestrahlung keine gefährlichen Stoffe freisetzen.
- Installieren Sie Sicherheitsschalter und/oder Notfallsicherheitsmechanismen, die das unverzügliche Schließen des Verschlusses am Laser ermöglichen.

Im Gerät ist eine Magnetfeder aus Neodym-Magneten (NdFeB-Magnete) mit einem sehr starken Dauermagneten eingebaut:

**GEFAHR**

**Lebensgefahr für Personen mit Herzschrittmacher oder implantiertem Defibrillator**

**Magnetfeder-Läufer bestehen zum großen Teil aus Neodym-Magneten (NdFeB-Magnete). Diese können die korrekte Funktion von Herzschrittmachern beeinträchtigen.**

- ▶ **Wenn Sie einen Herzschrittmacher oder implantierten Defibrillator haben, halten Sie einen Mindestabstand von 1 m zum Gerät.**

- 
- Bringen Sie keine magnetischen Teile in die Nähe des Messgerätes. Bei unvorsichtiger Handhabung kann es zu schweren Verletzungen (Quetschungen, Fingerbrüchen, etc. ) kommen.
  - Beachten Sie, dass sich Magnetfedern wie gespannte Federn verhalten können. Die Läufer schnellen in ihre Ruheposition, sobald sie losgelassen werden und zwar auch dann, wenn z. B. die Maschine von der Energieversorgung getrennt ist.
  - Halten Sie einen Sicherheitsabstand zur Magnetfeder ein mit Gegenständen, die durch Magnetismus beschädigt werden können. Dazu zählen z. B. Fernseher und Monitore, Kreditkarten, Computer, Datenträger, Videobänder, mechanische Uhren, Hörgeräte und Lautsprecher.

**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

### 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:



Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren



Allgemeines Warnzeichen



Warnung vor Handverletzungen



Warnung vor Magnetischem Feld



Vor Inbetriebnahme die Betriebsanleitung und die Sicherheitshinweise lesen und beachten!

## Weitere Symbole in dieser Anleitung



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 Anleitung beschreibt den Betrieb des HP-MSM-HB und dessen Bedienung mit der LaserDiagnoseSoftware LDS 2.98 (im Folgenden „LDS“ genannt). Das Messgerät wird per PC oder über die Anlagensteuerung bedient.

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. Da die Bediensoftware laufend weiterentwickelt wird, ist es möglich, dass auf dem mitgelieferten Datenträger eine andere Versionsnummer aufgedruckt ist. Die korrekte Funktion des Gerätes mit der Software ist dennoch gewährleistet.

Sollten Sie Fragen haben, teilen Sie uns bitte die von Ihnen verwendete Software-Version mit. Sie finden die Softwareversion unter dem Menüpunkt: **Hilfe > Über die LaserDiagnosticsSoftware**.

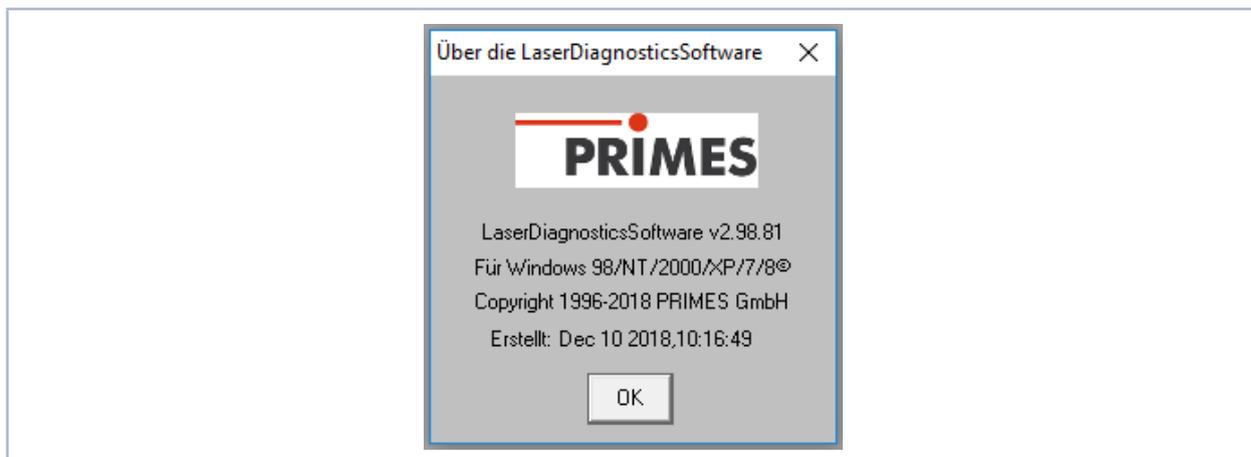


Abb. 3.1: Informationen zur aktuellen Softwareversion LDS

## 4 Gerätebeschreibung

### 4.1 Modelle und Optionen

Den Gerätetyp HighPower-MSM-HighBrilliance gibt es in zwei verschiedenen Modellen:

- HP-MSM-HB und
- HP-MSM-HB 20 kW

Der HP-MSM-HB ist für maximal 10 kW Strahlleistung ausgelegt, der HP-MSM-HB 20 kW für maximal 20 kW.

Der maximale Verfahrweg  $z_{\max}$  beträgt beim 10 kW-Modell 120 mm und beim 20 kW-Modell 40 mm.

Zur Messung von Faserlasern kann an den HP-MSM-HB optional eine Messbrücke mit Faseradapter montiert werden.

Als weitere Option besteht die Möglichkeit die Laserleistung mit Hilfe eines PowerLossMonitors PLM (Zusatzgerät) zu messen.

### 4.2 Anwendungsbereich

Der HP-MSM-HB dient der Analyse des fokussierten Laserstrahls im Bereich von 20  $\mu\text{m}$  bis 1000  $\mu\text{m}$ . Im Messbereich können in bis zu 50 Messebenen die Leistungsdichteverteilungen einzeln gemessen werden. Die Strahlkaustik setzt sich aus diesen Messungen der Einzelebenen zusammen.

Aus jeder Einzelebene werden die Strahlgeometrien (Strahlposition, Strahlradius und Halbachsenlängen, sowie die Verkippung der Halbachsen zur Geräteachse) nach den in der Norm ISO 11146 beschriebenen Verfahren (2. Moment und 86 % Leistungseinschluss) bestimmt. Mit den Strahlgeometriedaten werden die Strahlpropagationsparameter (Fokusslage, Fokusradius, Rayleighlänge, Divergenz, M2, K und Strahlparameterprodukt) bestimmt. Aus den Messdaten für die Halbachsen des Strahls werden die Elliptizität des Fokus und die astigmatische Differenz gemäß ISO11146 ermittelt.

### 4.3 Geräteaufbau HP-MSM-HB

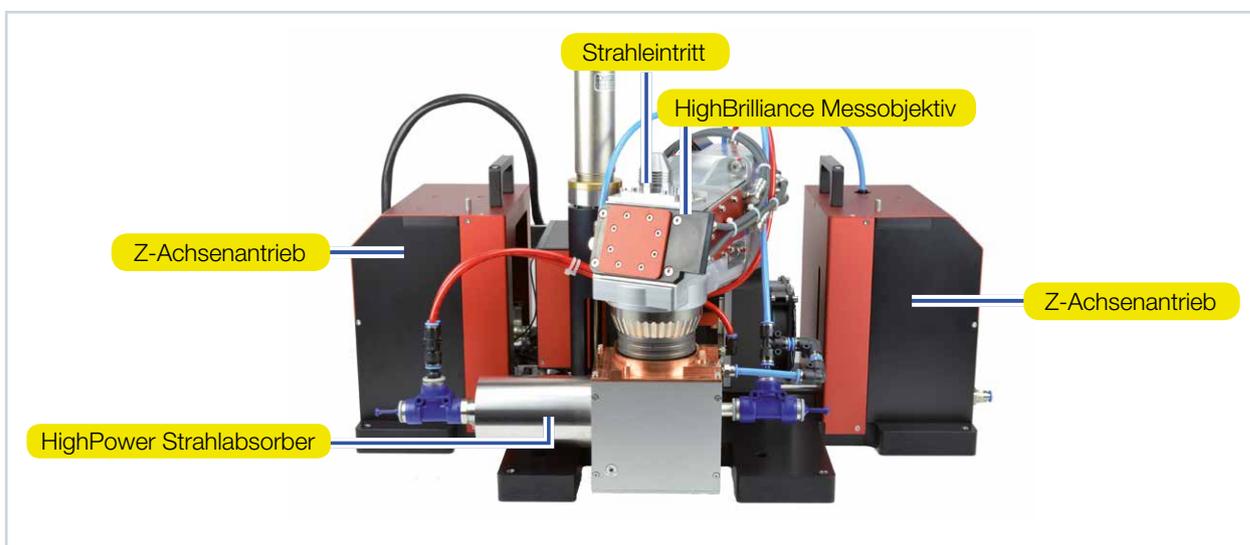


Abb. 4.1: Komponenten des HP-MSM-HB

#### 4.4 Hebel zum Anpassen der Vergrößerung

An der Seite des Gerätes befinden sich zwei Hebel zum Anpassen der Vergrößerung. Mit Hilfe dieser beiden Hebel kann man entweder das Vergrößerungsobjektiv oder das Justageobjektiv in den Strahlweg einbringen. Das Vergrößerungsobjektiv kann bildseitig, direkt hinter einem Filterrad, in den Strahlengang eingefügt werden, indem beide Hebel in die obere Position gebracht werden.

Das Justageobjektiv stellt eine Vereinfachung der Strahlsuche dar, da es für eine Verkleinerung der Abbildung sorgt und durch die Verkleinerung die erforderliche Positioniergenauigkeit des HP-MSM-HB sinkt.

Das Justageobjektiv kann ebenfalls bildseitig in den Strahlengang eingefügt werden, indem beide Hebel in die untere Position gebracht werden..

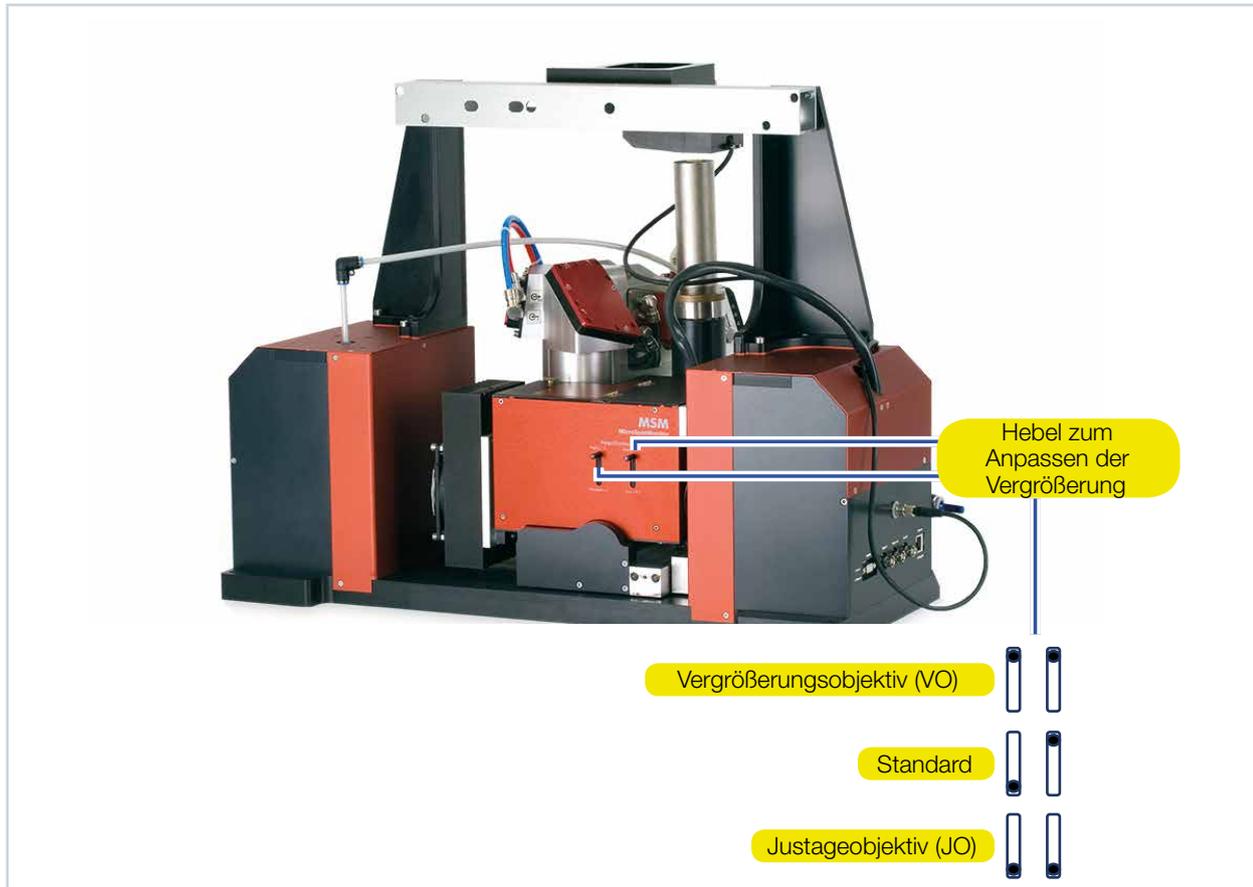


Abb. 4.2: Hebel zum Anpassen der Vergrößerung

#### 4.5 Messprinzip

Im Messobjektiv sind mehrere Strahlteiler integriert, so dass 99,9 % der Laserleistung über die Strahlteiler zu entsprechend dimensionierten Absorbern geleitet werden. Der Laserstrahl wird durch weitere optische Elemente im Gerät soweit abgeschwächt, dass er auf den CCD-Sensor geleitet werden kann.

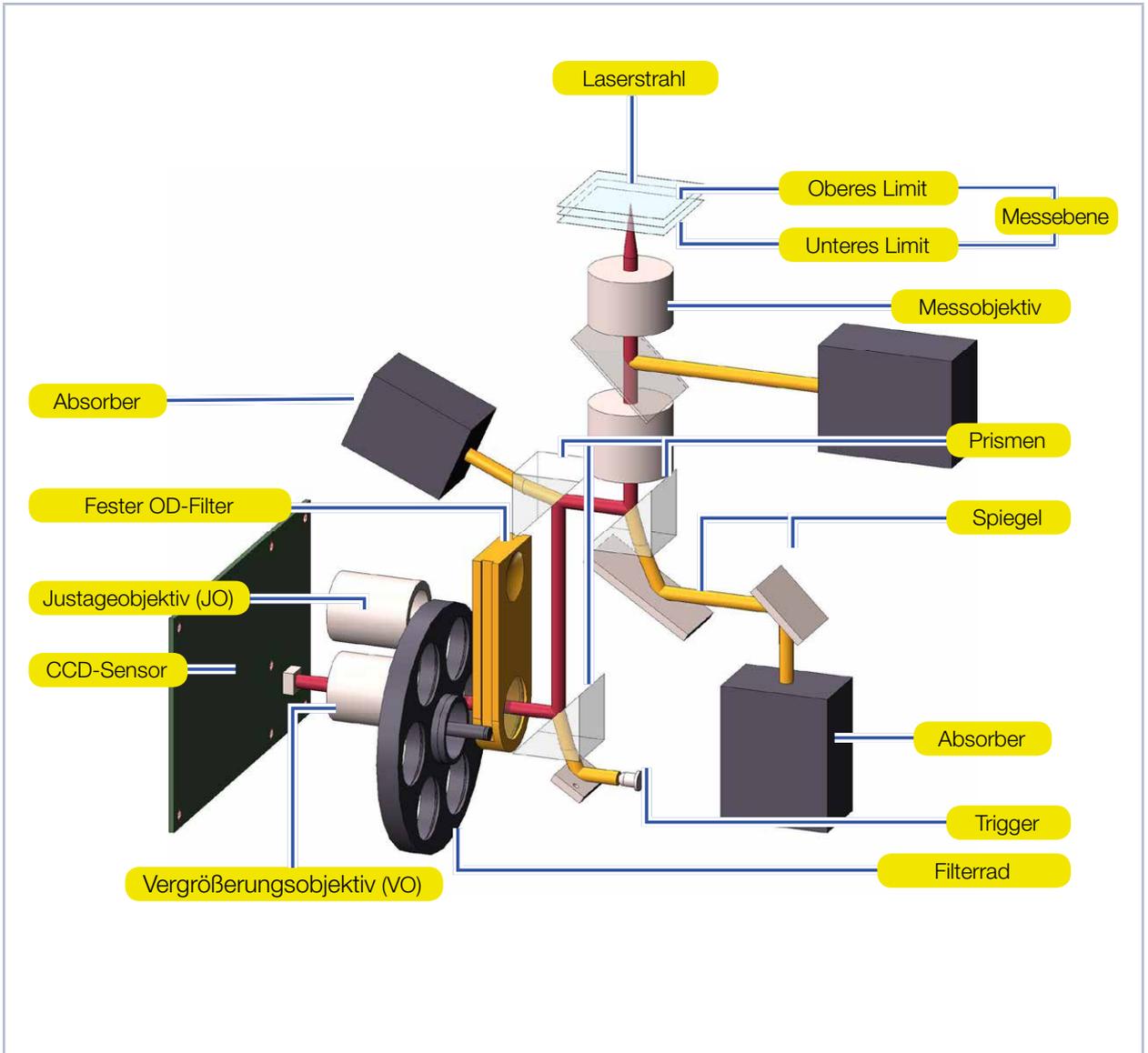


Abb. 4.3: Prinzip- Darstellung des optomechanischen Aufbaus

4.6 Messbereich des HP-MSM-HB

4.6.1 Messbereich des HP-MSM-HB 10 kW

Tab. 4.1 zeigt den Zusammenhang zwischen Leistung, Beugungsmaßzahl  $M^2$  und dem Fokusradius.

Fokusradius $r_{90}$ [ $\mu\text{m}$ ]	Beugungsmaßzahl $M^2$																																									
	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10	11	12	13	14	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40				
8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
10	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
12	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
14	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
16	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
18	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
20	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
22	6,9	9,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
24	5,8	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
26	5,0	7,1	9,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
30	3,8	5,4	7,2	9,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
35	2,8	4,0	5,4	7,0	8,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
40	2,1	3,1	4,1	5,4	6,7	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
45	1,7	2,4	3,3	4,3	5,4	6,6	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
50	1,4	2,0	2,7	3,5	4,4	5,4	6,7	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
55	1,1	1,6	2,2	2,9	3,6	4,4	5,6	6,9	8,3	9,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
60	1,0	1,4	1,9	2,4	3,1	3,8	4,7	5,8	7,0	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
65	0,8	1,2	1,6	2,1	2,6	3,2	4,0	5,0	6,0	7,1	9,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
70	0,7	1,0	1,4	1,8	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,1	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
80	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,1	2,7	3,3	4,0	4,7	6,4	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
90	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,1	2,6	3,2	3,8	5,1	6,6	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
100	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,6	3,1	4,1	5,4	6,7	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
125	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,7	3,5	4,4	5,4	6,5	7,7	8,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
150	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,9	2,4	3,1	3,8	4,5	5,4	6,3	7,2	8,3	9,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
175	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,0	4,6	5,4	6,1	7,0	7,8	8,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
200	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	1,4	1,7	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,7	5,4	6,0	6,7	8,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
225	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,4	6,6	7,9	9,4	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
250	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,4	5,4	6,5	7,7	8,9	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
275	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,4	5,4	6,4	7,4	8,6	9,8	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0				

Tab. 4.1: Leistung in Kilowatt als Funktion der Beugungsmaßzahl  $M^2$  und des Fokusradius

#### 4.6.2 Messbereich des HP-MSM-HB 20 kW

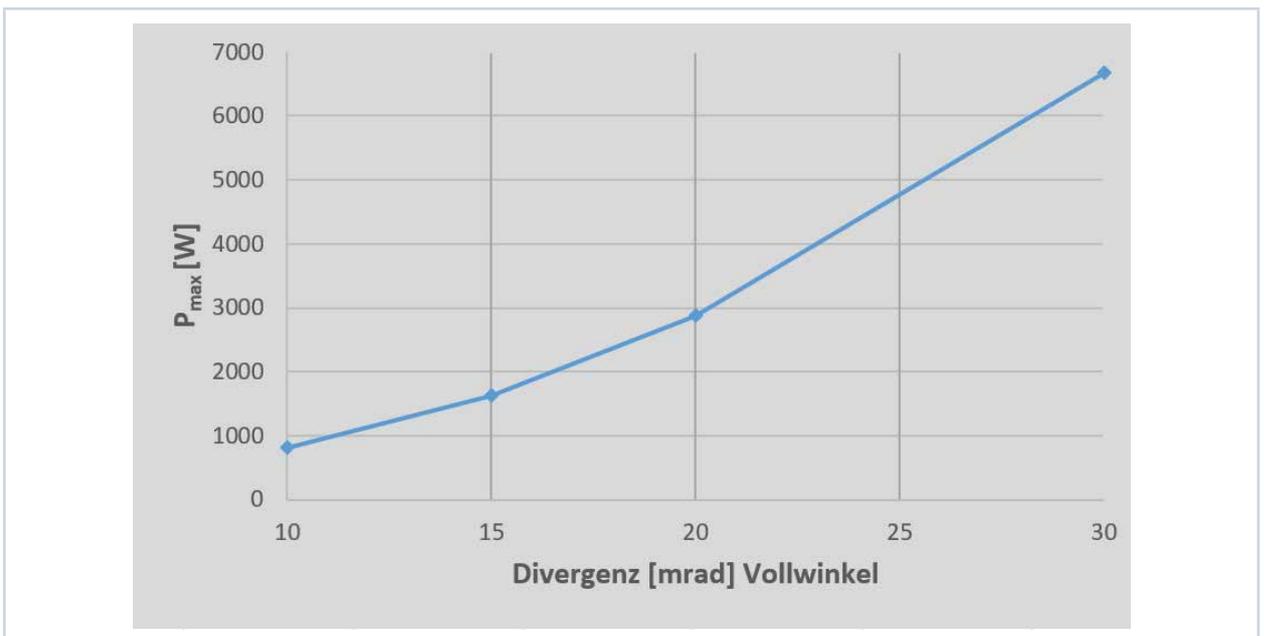
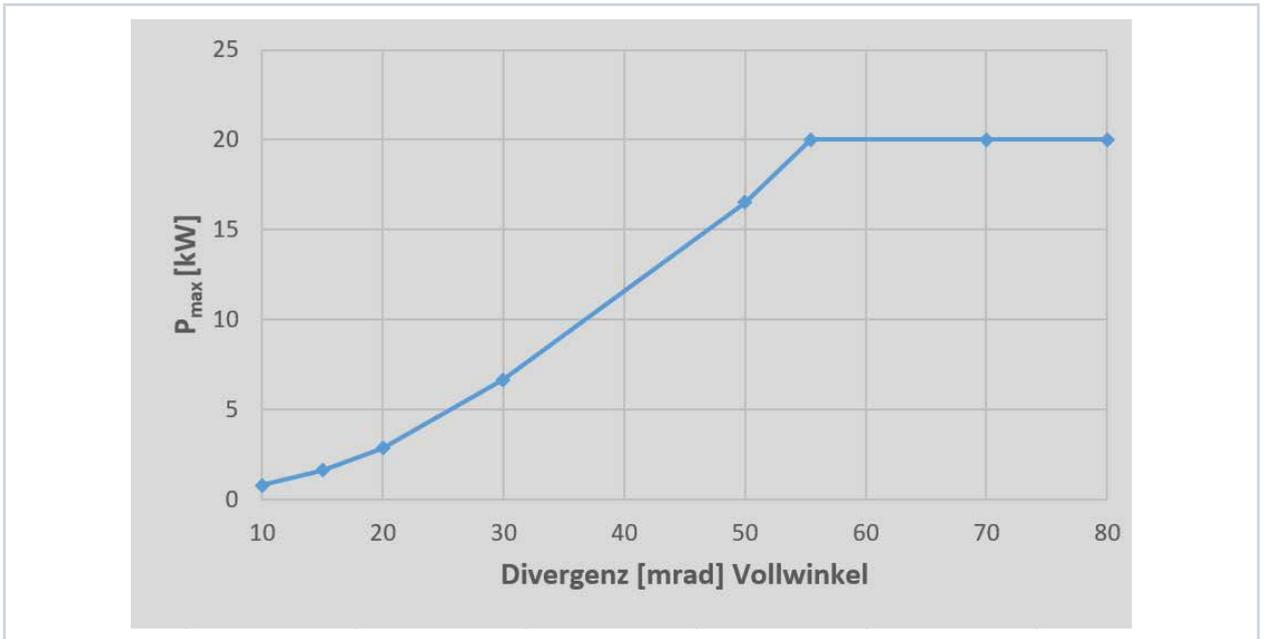


Abb. 4.4: Maximale Leistung als Funktion vom Divergenzwinkel des Lasers

#### 4.7 Magnetfeder

Mit dem HighBrilliance-Messobjektiv wird eine Magnetfeder montiert, die dem Gewicht des Messobjektivs entgegenwirkt und somit die Verfahrmotoren der z-Achse entlastet. Beachten Sie beim Umgang mit der Magnetfeder unbedingt die Warnhinweise in dieser Anleitung.

## 5 Kurzübersicht Installation

Diese Kurzübersicht informiert Sie vorab über nötige Schutzmaßnahmen, für den Betrieb notwendige Medien und erforderliche Verbindungselemente.

1. Sicherheitsvorkehrungen treffen

Kapitel 1 auf Seite 9



### GEFAHR

**Lebensgefahr für Personen mit Herzschrittmacher oder implantiertem Defibrillator**

**Magnetfeder-Läufer bestehen zum großen Teil aus Neodym-Magneten (NdFeB-Magnete). Diese sind viel stärker als "gewöhnliche" Dauermagnete und können die korrekte Funktion von Herzschrittmachern beeinträchtigen.**

- ▶ **Wenn Sie einen Herzschrittmacher oder implantierten Defibrillator haben, halten Sie einen Mindestabstand von 1 m zur Magnetfeder.**

2. Transportsicherung demontieren

Kapitel 6 auf Seite 19

3. Zum Laserstrahl ausrichten und stabil befestigen

Kapitel 7 auf Seite 20

- Eine Einrichthilfe ist im Lieferumfang enthalten
- Sie benötigen 6 Schrauben M8x1 und 2 Schrauben für die Befestigungsbohrungen  $\varnothing$  6,6 mm

4. Wasserkühlung installieren)

Kapitel 8.1 auf Seite 27

- Anschlussdurchmesser 12 mm (16 mm bei 20 kW)
- Durchflussrate 7 l/min - 8 l/min (14 l/min - 16 l/min bei 20 kW)

5. Druckluft anschließen

Kapitel 8.2 auf Seite 30

- Druckluft gemäß ISO 8573-1: 2010: 6:4:4;
- 0,5 bar - 1 bar
- Anschlussdurchmesser 6 mm

6. Elektrisch anschließen

Kapitel 9 auf Seite 31

- Stromversorgung anschließen
- Externen Sicherheitskreis (Interlock) anschließen

7. Mit dem PC verbinden

Kapitel 9.3 auf Seite 33

- Verbindung über Ethernet

8. LaserDiagnoseSoftware auf dem PC installieren

Kapitel 9.3 auf Seite 33

- Die Software ist im Lieferumfang enthalten

## 6 Transport



### WARNUNG

Verletzungen durch das Anheben oder Fallenlassen des Gerätes

Das Anheben und Positionieren schwerer Geräte kann z. B. zu überbelasteten Bandscheiben und chronischen Veränderungen der Lenden- oder Halswirbelsäule führen. Das Gerät kann herunterfallen.

- ▶ Verwenden Sie zum Anheben und Positionieren des Gerätes eine Hebevorrichtung.
- ▶ Ohne Hebevorrichtung muss das Anheben und Positionieren des Gerätes mit mehreren Personen erfolgen.

### ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Durch harte Stöße oder Fallenlassen können die optischen Bauteile beschädigt werden.

- ▶ Handhaben Sie das Messgerät bei Transport und Montage vorsichtig.
- ▶ Um Verunreinigungen zu vermeiden, verschließen Sie das Messobjektiv mit der mitgelieferten Abdeckung.

### ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Das Gerät darf nur mit montierter Transportsicherung transportiert werden.

- ▶ Heben Sie die Transportsicherung zur Wiederverwendung auf.

Entfernen Sie nach dem Auspacken des Gerätes zuerst die Transportsicherung. Die Transportsicherung fixiert den Verfahrsschlitten der z-Achse. Sie befindet sich auf der Bodenplatte und ist mit drei Schrauben befestigt.

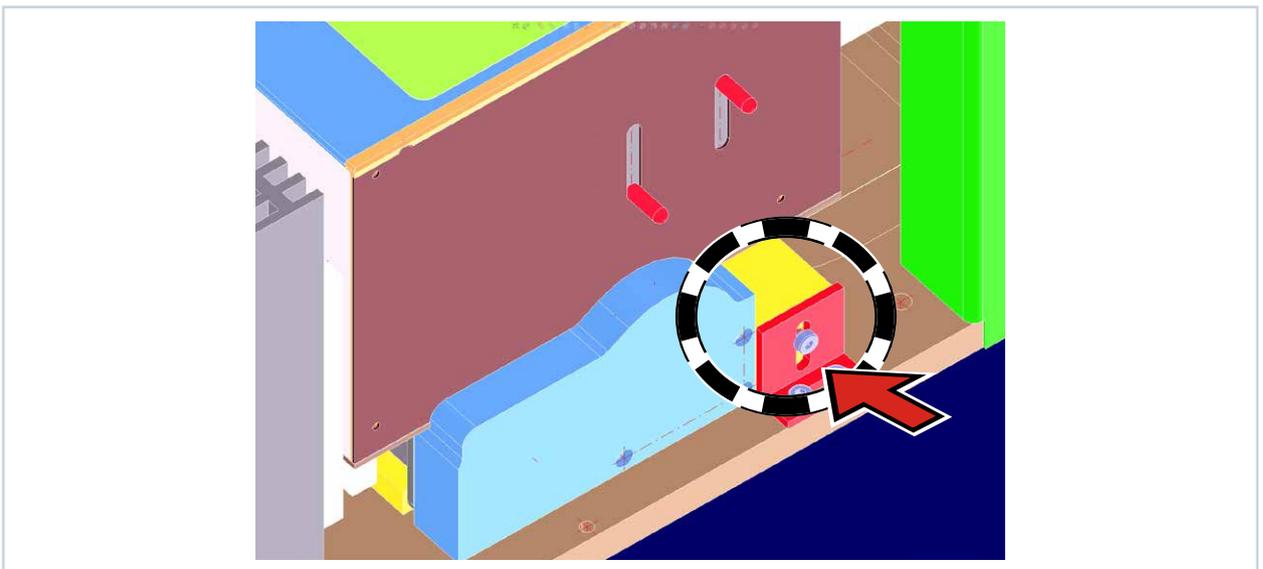


Abb. 6.1: Position der Transportsicherung des Verfahrsschlittens

Bewahren Sie diese Transportsicherung gut auf, da sie vor jedem Transport des Geräts wieder montiert werden sollte.

## 7 Montage

### 7.1 Bedingungen am Einbauort

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

### 7.2 Vorbereitung und Einbaulage



#### **GEFAHR**

Lebensgefahr für Personen mit Herzschrittmacher oder implantiertem Defibrillator

Magnetfeder-Läufer bestehen zum großen Teil aus Neodym-Magneten (NdFeB-Magnete). Diese können die korrekte Funktion von Herzschrittmachern beeinträchtigen.

- ▶ Montieren Sie das Gerät nicht, wenn Sie einen Herzschrittmacher oder implantierten Defibrillator haben. Halten Sie einen Mindestabstand von 1 m zur Magnetfeder.



#### **GEFAHR**

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

- ▶ Die numerische Apertur (NA) des Laserstrahls muss kleiner 0,11 sein, damit am Objektivrand keine Streustrahlung entsteht.
- ▶ Tragen Sie Laserschutzbrillen, die an die verwendete Laserwellenlänge angepasst sind.
- ▶ Befestigen Sie das Gerät so stabil, dass es durch unbeabsichtigtes Anstoßen oder Zug an den Kabeln oder Schläuchen nicht bewegt werden kann.
- ▶ Schirmen Sie das Gerät gegen Reststrahlung ab.



#### **WARNUNG**

Verletzungsgefahr durch starke Magnetanziehung

Die Magnetfeder-Läufer können, sobald sie nahe genug mit anderen Läufern oder Eisen zusammengebracht werden, erhebliche Kräfte ausüben. Diese können bei unvorsichtiger Handhabung zu schweren Verletzungen (Quetschungen, Fingerbrüchen, etc.) führen.

- ▶ Die Magnetfeder darf nur von eingewiesenem Fachpersonal montiert bzw. demontiert werden. Handhaben Sie die Magnetfeder bei Objektivumbauten vorsichtig.

#### **ACHTUNG**

Beschädigung durch starkes Magnetfeld der Magnetfeder

Magnetfeder-Läufer bestehen zum großen Teil aus sehr starken Dauermagneten

- ▶ Halten Sie einen Sicherheitsabstand zu allen Geräten und Gegenständen ein, die durch Magnetismus beschädigt werden können, wie z. B. Fernseher und Monitore, Kreditkarten, Computer, Datenträger, Videobänder, mechanische Uhren, Hörgeräte und Lautsprecher.

Prüfen Sie vor der Montage die Platzverhältnisse, insbesondere den benötigten Freiraum für die Anschlusskabel und den Verfahrbereich der z-Achse (siehe Kapitel 21, „Abmessungen“, auf Seite 79). Das Gerät muss stabil aufgestellt und mit Schrauben befestigt sein (siehe Kapitel 7.3.3 auf Seite 23).

Der HP-MSM-HB ist für den Betrieb in horizontaler Lage mit einem Strahleinfall von oben vorgesehen.

## **ACHTUNG**

### **Beschädigung/Zerstörung des Gerätes**

**Hindernisse im Verfahrbereich des HP-MSM-HB können zu Kollisionen führen und das Gerät beschädigen.**

- ▶ **Halten Sie den Verfahrbereich frei von Hindernissen (Schneiddüsen, Andruckrollen usw.).**

## **7.3 HP-MSM-HB manuell ausrichten**

### **7.3.1 Wichtige Bedingungen zur Position des fokussierten Laserstrahls**

Durch die Abbildungseigenschaften des Messobjektivs ist es notwendig, den Laserstrahlfokus in einem bestimmten Bereich über dem Messobjektiv zu positionieren.

## **ACHTUNG**

### **Beschädigung/Zerstörung des Gerätes**

**Der Fokus muss sich zum Messobjektiv in einem definierten Bereich befinden. Ist er zu nah oder zu weit entfernt, können hohe Strahlintensitäten die Optiken beschädigen.**

- ▶ **Verwenden Sie für das Ausrichten die mitgelieferte Ausrichthilfe.**

Die Größe des Bereiches, in dem der Fokus vor der ersten Messung zu positionieren ist, hängt von der Divergenz des fokussierten Laserstrahls und der verwendeten Leistung ab. Der Messbereich liegt zwischen einer oberen und einer unteren Grenze.

#### **Obere Grenze**

Liegt der Fokus zu weit über dem Messobjektiv, kann ein Fokus auf dem bildseitigen Strahlweg entstehen. Zusammen mit hohen Strahlintensitäten kann es dabei zu Schäden an den Optiken kommen. Zusätzlich kann es zu einer Überstrahlung der Apertur und damit zur Beschädigung der Apertur kommen.

#### **Messebene**

Die Strahlverteilung aus der Messebene, wird auf dem CCD-Sensor abgebildet.

#### **Untere Grenze**

Liegt der Fokus zu dicht am Messobjektiv, kann es – abhängig von der Art der Fokussierung und der verwendeten Leistung – zu Schäden an dem Strahlteiler kommen.

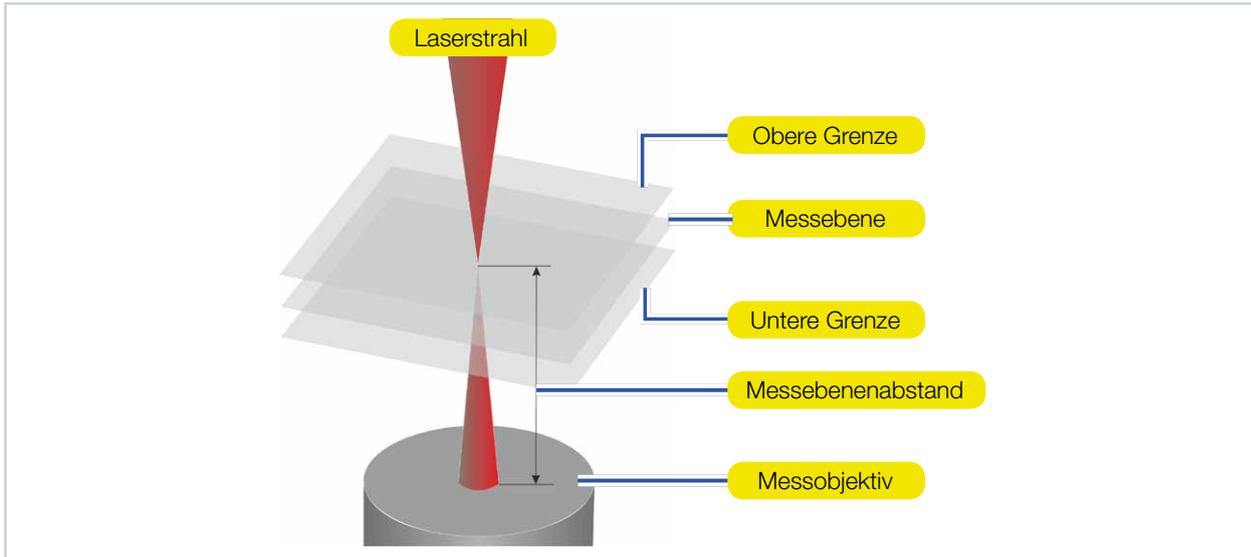


Abb. 7.1: Messbereich des HP-MSM-HB

Der Messebenenabstand entspricht der Entfernung der Messebene von der Oberkante des Objektivs. Um den HP-MSM-HB unter dem Laser besser ausrichten zu können, wird eine zugehörige Einrichthilfe mit geliefert. Mit dieser Einrichthilfe und einem Pilotlaserstrahl können Sie das Messgerät mit der nötigen Genauigkeit positionieren:

### 7.3.2 Zyklon montieren

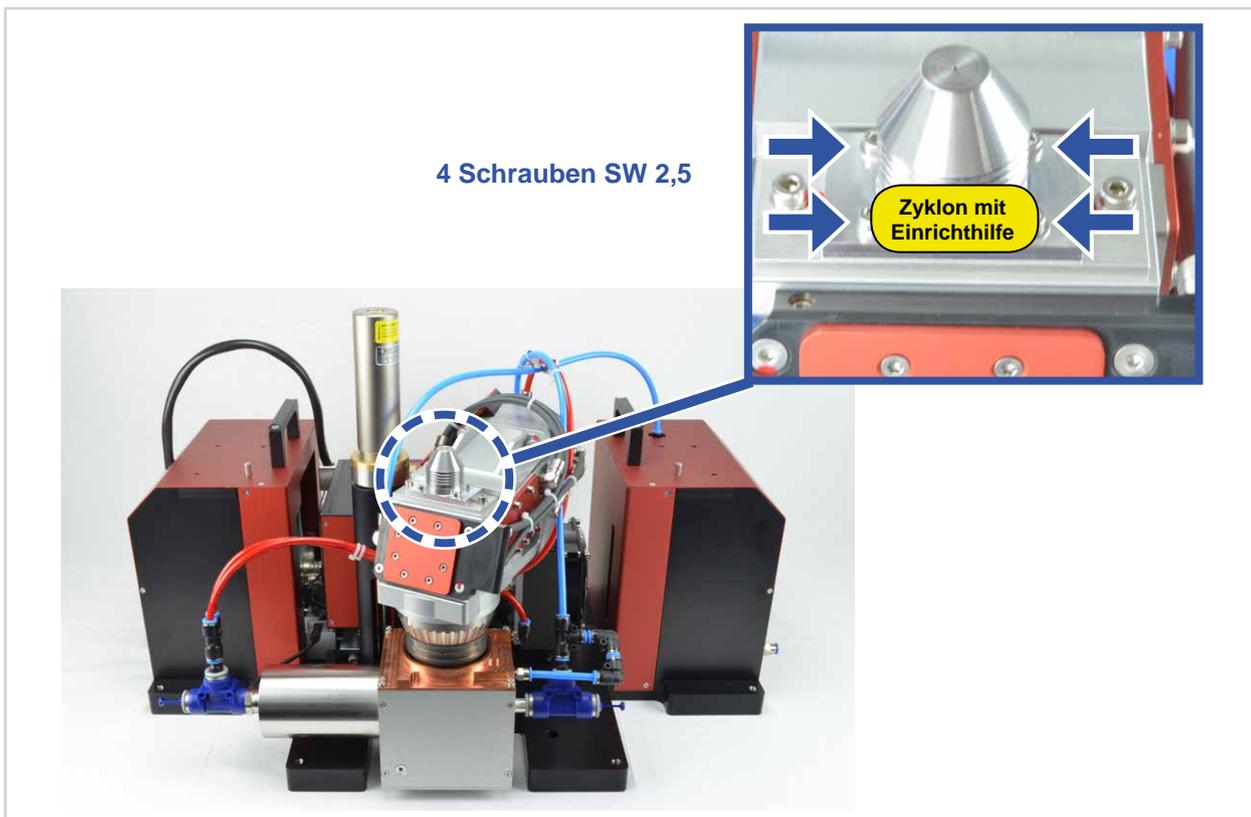


Abb. 7.2: Position des Zyklons mit Einrichthilfe

Das magnetisch gehaltene Einrichtwerkzeug kann beim Transport herunterfallen. Dadurch kann Schmutz ins Objektiv gelangen. Das Objektiv des HP-MSM-HB ist deshalb für den Versand mit einer schwarzen Transportsicherung verschlossen.

Um den Zyklon montieren zu können müssen Sie zunächst die Transportsicherung am Objektiv entfernen.

Vor der Demontage der Transportsicherung muss der Bereich um die Apertur mit sauberer Druckluft gereinigt werden und die Spülluft am HP-MSM-HB angeschlossen sein.

Sollte die Spülluft nicht angeschlossen sein, so kann direkt bei der Montage des Zyklons Staub ins Objektiv gelangen.

- ▶ Schalten Sie die Spülluft ein (siehe Kapitel 8.2 auf Seite 30).
- ▶ Entfernen Sie die Transportsicherung indem Sie die vier Schrauben lösen.

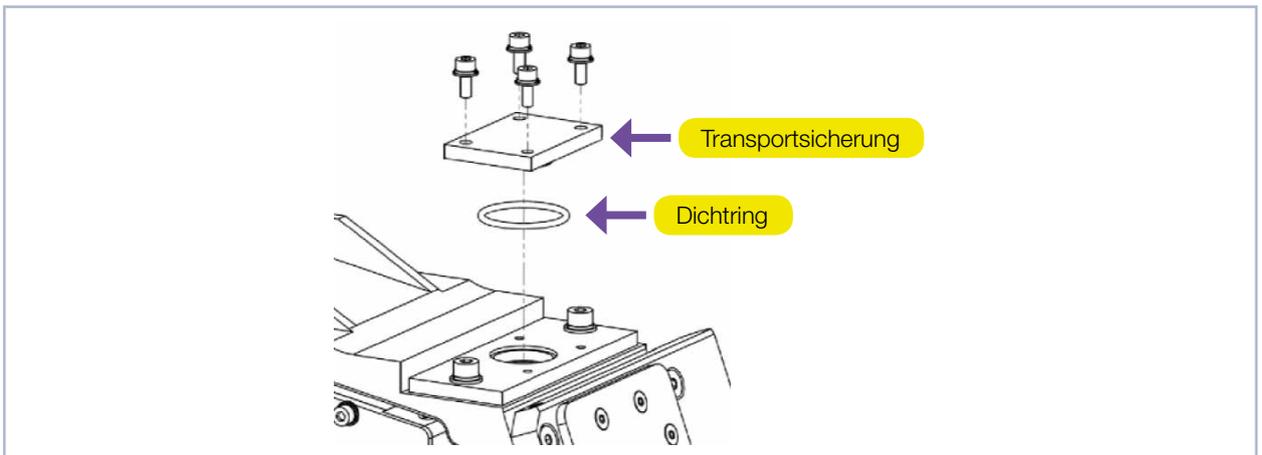


Abb. 7.3: Transportsicherung an der Strahleintrittsöffnung

- ▶ Verwahren Sie die Transportsicherung und den O-Ring in einem sauberen, verschleißbaren Kunststoffbeutel auf. Wenn Sie das Gerät lagern oder transportieren, sollten Sie die Transportsicherung wieder montieren.
- ▶ Befestigen Sie den Zyklon mit den vier Schrauben auf dem Objektiv.

### 7.3.3 Positionierung des Pilotlaserstrahls über dem Zyklon

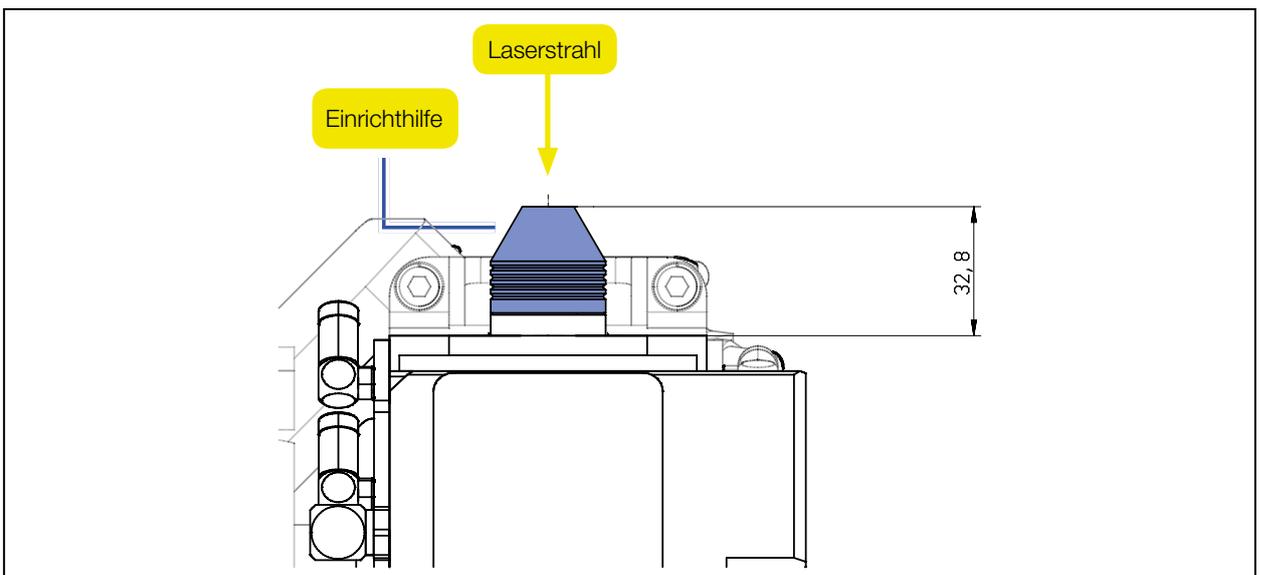


Abb. 7.4: Einrichthilfe für den HP-MSM-HB

Der Messebenenabstand beim HP-MSM-HB ist vom Strahlweg (Standard, Vergrößerungsobjektiv VO, Justageobjektiv JO) abhängig (siehe Tab. 7.1).

Messobjektiv	Wellenlänge in nm	Länge der Einrichthilfe in mm	Messebenenabstand in mm		
			Standard	VO	JO
MOB HP-MSM-HB, 5-fach	1064	–	32,8	32,8	32,3

Tab. 7.1: Messebenenabstände

- ▶ Setzen Sie die Einrichthilfe auf den Zyklon. Der obere Rand entspricht der z-Position der Messebene des Objektivs (außer beim Justageobjektiv).
- ▶ Schalten Sie den Pilotlaser an. Trifft der Laserstrahl senkrecht auf die kleine Bohrung in der Einrichthilfe, wird dieser mittig auf dem Sensor abgebildet. Typischerweise sollte der Fehlwinkel zwischen Strahl und Geräteachse eine Divergenz von 10 mrad ( $0,5^\circ$ ) nicht überschreiten.
- ▶ Falls der Laserstrahl die Bohrung nicht senkrecht trifft, so können Sie den HP-MSM-HB mit den 6 Schrauben in den Gewindebohrungen passend ausrichten.
- ▶ Zum Schluss befestigen Sie das Gerät so, dass es durch unbeabsichtigtes Anstoßen oder Zug an den Kabeln nicht bewegt werden kann.

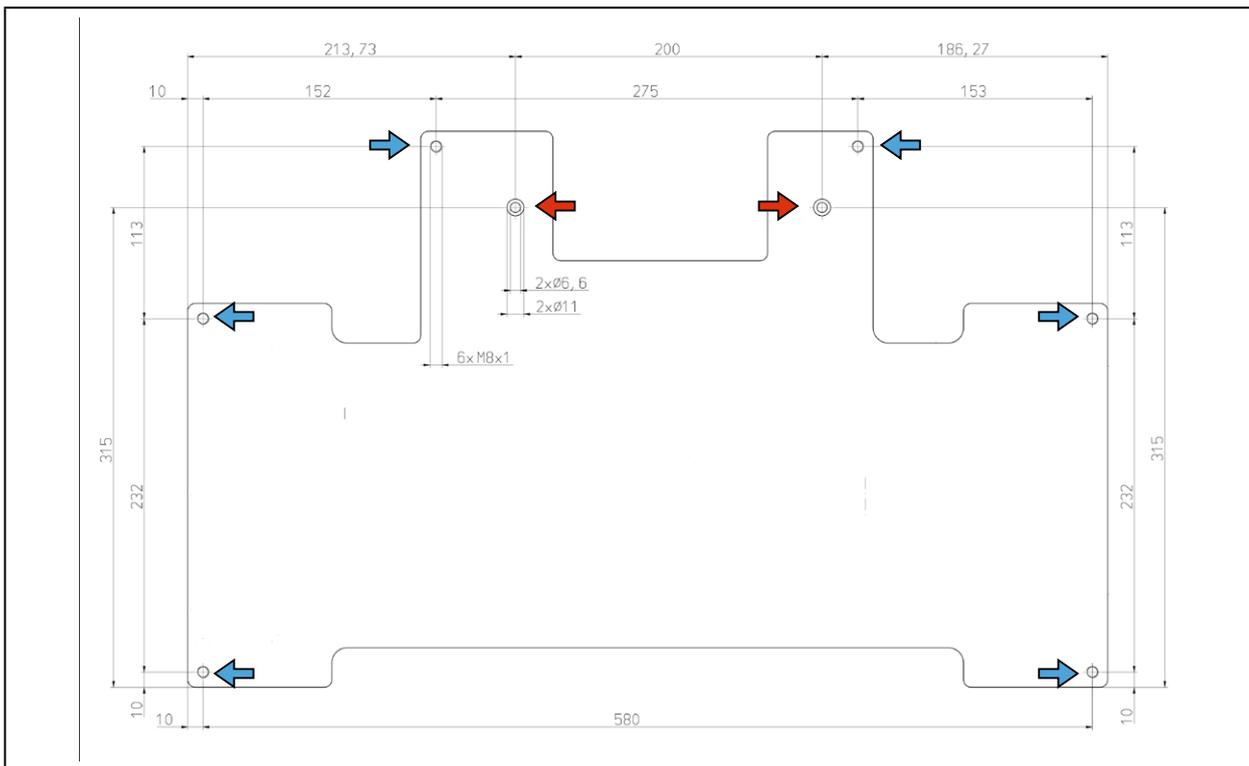


Abb. 7.5: Befestigungsbohrungen HP-MSM-HB, Ansicht von oben

- ➔ 2 Befestigungsbohrungen  $\varnothing 6,6$  mm
- ➔ 6 Gewindebohrungen M8x1 für die Ausrichtung

## 7.4 Faserbrücke (Option) montieren

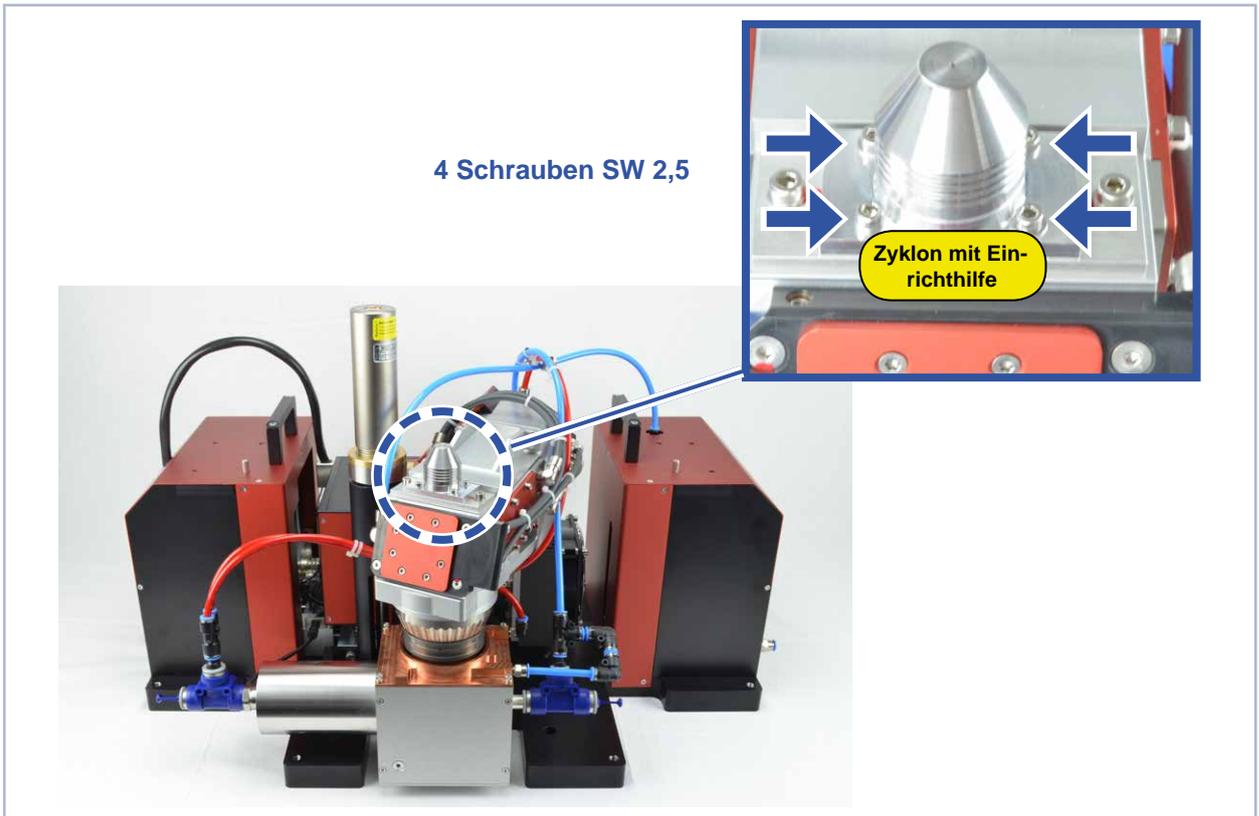
Zur Befestigung von Faserlasern kann eine Messbrücke mit Faserhaltern montiert werden.

### ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

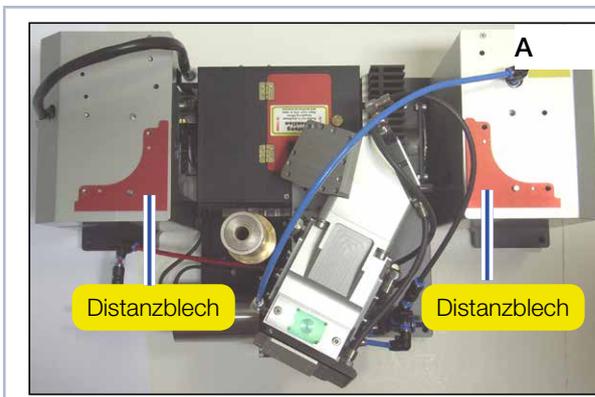
Der Zyklon kann in der oberen z-Achsen-Position mit dem Faserhalter kollidieren und diesen beschädigen..

- Entfernen Sie den Zyklon vor der Inbetriebnahme.

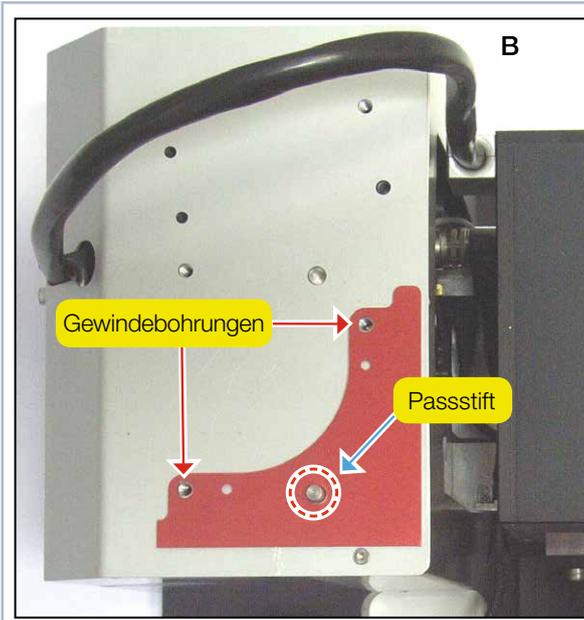


### Montagefolge

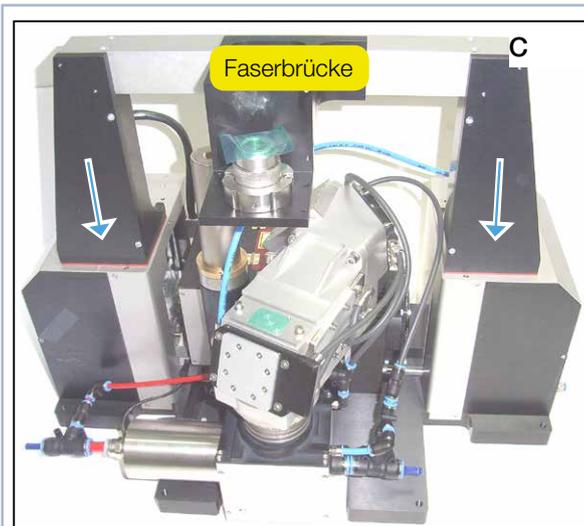
Zur Befestigung der Faserbrücke sind Distanzbleche erforderlich. Bei neueren Modellen sind die Distanzbleche unter den Standfüßen der Faserbrücke befestigt, bei älteren Modellen liegen sie separat bei. Nachfolgend ist die Montage mit separaten Distanzblechen beschrieben.



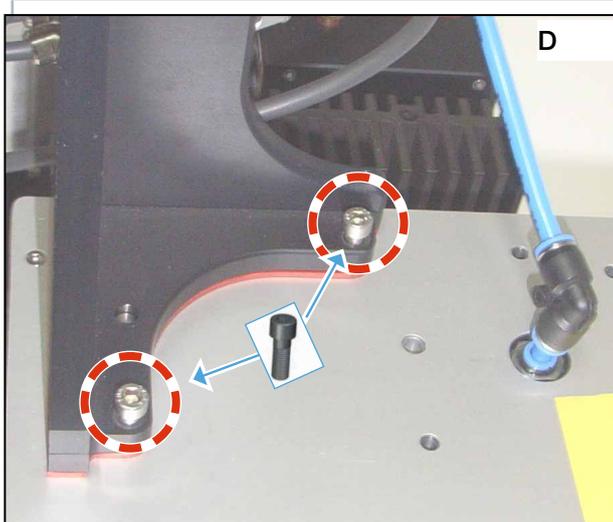
1. Legen Sie die Distanzbleche beidseitig auf das Gehäuse (Bild A) und fixieren Sie diese mit den Passstiften.



2. Richten Sie die Bleche zu den Gewindebohrungen aus (Bild B).



3. Setzen Sie die Faserbrücke auf die Distanzbleche.



4. Befestigen Sie die Faserbrücke auf jeder Seite mit je zwei Schrauben M5x10 mm. Beachten Sie hierbei, dass längere Schrauben (>10 mm) die darunter befindliche Z-Achse blockieren können.

## 8 Kühlwasser- und Druckluftanschluss

Für den Betrieb des HP-MSM-HB wird sowohl eine Kühlwasser- als auch eine Druckluftversorgung benötigt. Beide Modelle sind mit einem HighBrilliance-Messobjektiv ausgestattet, welches ebenfalls mit Wasser gekühlt werden muss und mit Druckluft gespült werden sollte. Die erforderlichen Schläuche sind bereits vormontiert.

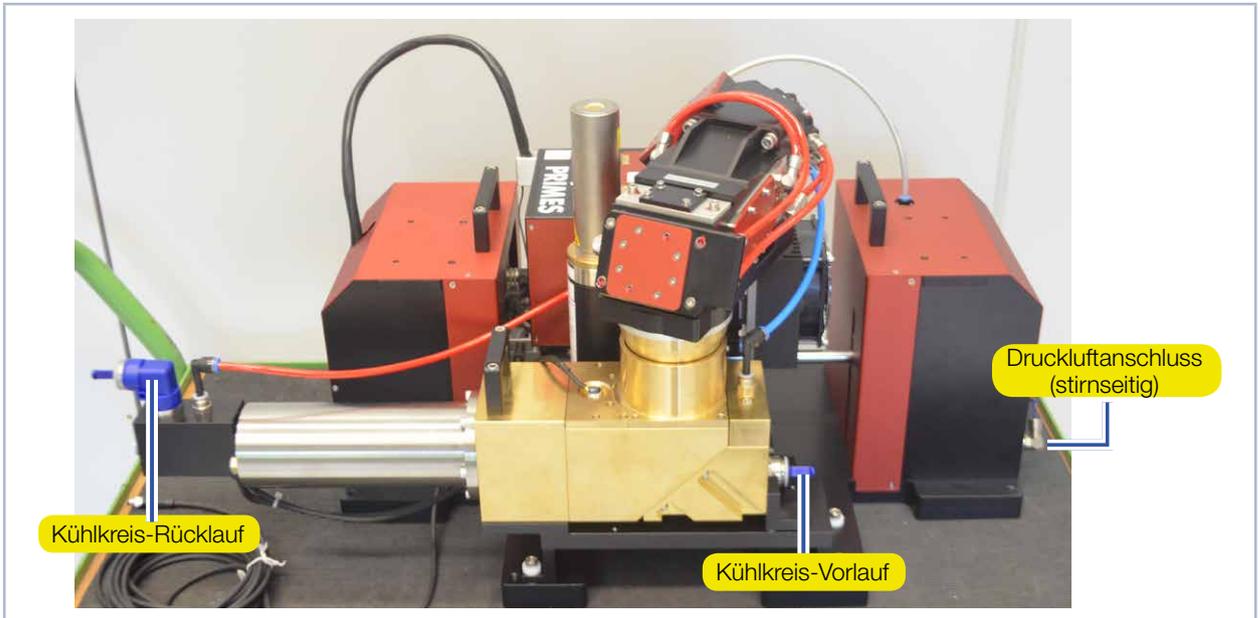


Abb. 8.1: Medienanschlüsse am HP-MSM-HB (20 kW)

### ACHTUNG

**Brandgefahr; Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch Überhitzung**

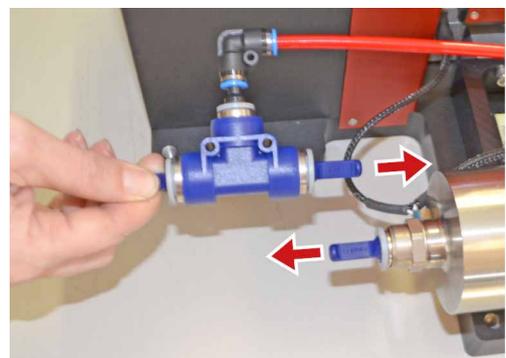
Bei fehlendem Wasseranschluss oder zu niedrigem Durchfluss wird das Gerät überhitzt und kann dadurch beschädigt werden oder in Brand geraten.

- ▶ **Betreiben Sie das Messgerät nur mit angeschlossener Wasserkühlung und ausreichender Durchflussmenge.**

### 8.1 Kühlkreissystem

Aus verpackungstechnischen Gründen wurde die Kühlwasserleitung am Absorber abgezogen. Schließen Sie die abgetrennte Kühlwasserleitung wieder an den Absorber an:

- ▶ Entfernen Sie die Verschlussstopfen an der Wasserleitung und am Absorber.



- ▶ Schieben Sie das Zwischenstück in den Verbind- der der Wasserleitung.



- ▶ Schieben Sie das Zwischenstück in den Absor- ber.



Die Anschlüsse am HP-MSM-HB sind für PE-Schläuche mit einem Durchmesser von 12 mm (bzw. 16 mm beim HP-MSM-HB 20 kW) vorgesehen. Schließen Sie den Kühlkreisvorlauf und -rücklauf an die Wasserver- sorgung an und prüfen Sie, ob die Schlauchverbindungen dicht sind.

### 8.1.1 Wasserqualität

## **ACHTUNG**

### **Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch unterschiedliche chemische Potentiale**

Die wasserführenden Teile im Gerät bestehen aus Kupfer, Messing oder rostfreiem Stahl. Ein Anschluss des Gerätes an einen Kühlkreislauf, das Komponenten aus Aluminium enthält, kann zur Korrosion des Aluminiums aufgrund der unterschiedlichen chemischen Potentiale führen.

- ▶ **Schließen Sie das Gerät nicht an einen Kühlkreislauf an, in dem Komponenten aus Alumi- nium verbaut sind.**

- Das Gerät kann sowohl mit Leitungswasser als auch mit demineralisiertem Wasser betrieben werden.
- Betreiben Sie das Gerät nicht an einem Kühlkreislauf, der Additive wie z. B. Frostschutzmittel enthält.
- Betreiben Sie das Gerät nicht an einem Kühlkreislauf, in dem Komponenten aus Aluminium verbaut sind. Insbesondere beim Betrieb mit hohen Leistungen und Leistungsdichten kann es sonst zu einer Korrosion im Kühlkreislauf kommen. Langfristig wird dadurch die Leistungsfähigkeit des Kühlkreislaufs reduziert.
- Sollte trotz Überwachung die Kühlung ausfallen, kann das Gerät für einige Sekunden der Laserstrahlung widerstehen. Prüfen Sie in diesem Fall das Gerät und die Wasseranschlüsse auf Beschädigung.
- Große Schmutzpartikel oder Teflonband können die internen Kühlkanäle verstopfen. Spülen Sie deshalb Ihr Leitungssystem gründlich vor dem Anschluss.

### 8.1.2 Wasserdruck

Für den zuverlässigen Betrieb ist ein Wasserdurchfluss von

- 7 l/min bis 8 l/min (bei 10 kW)
- 14 l/min bis 16 l/min (bei 20 kW)

erforderlich. Im Normalfall reichen dazu bei drucklosem Ausfluss 2 bar Vordruck am Eingang des Absorbers aus.

## ACHTUNG

**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch Überdruck**

- ▶ **Der maximal zulässige Wasserdruck beträgt 4 bar.**

### 8.1.3 Luftfeuchtigkeit

- Das Gerät darf nicht in kondensierender Atmosphäre betrieben werden. Die Luftfeuchtigkeit ist zu berücksichtigen, um Kondensate innerhalb und außerhalb des Gerätes zu vermeiden.
- Die Temperatur des Kühlwassers darf nicht unterhalb des Taupunktes liegen (siehe Tab. 8.1).

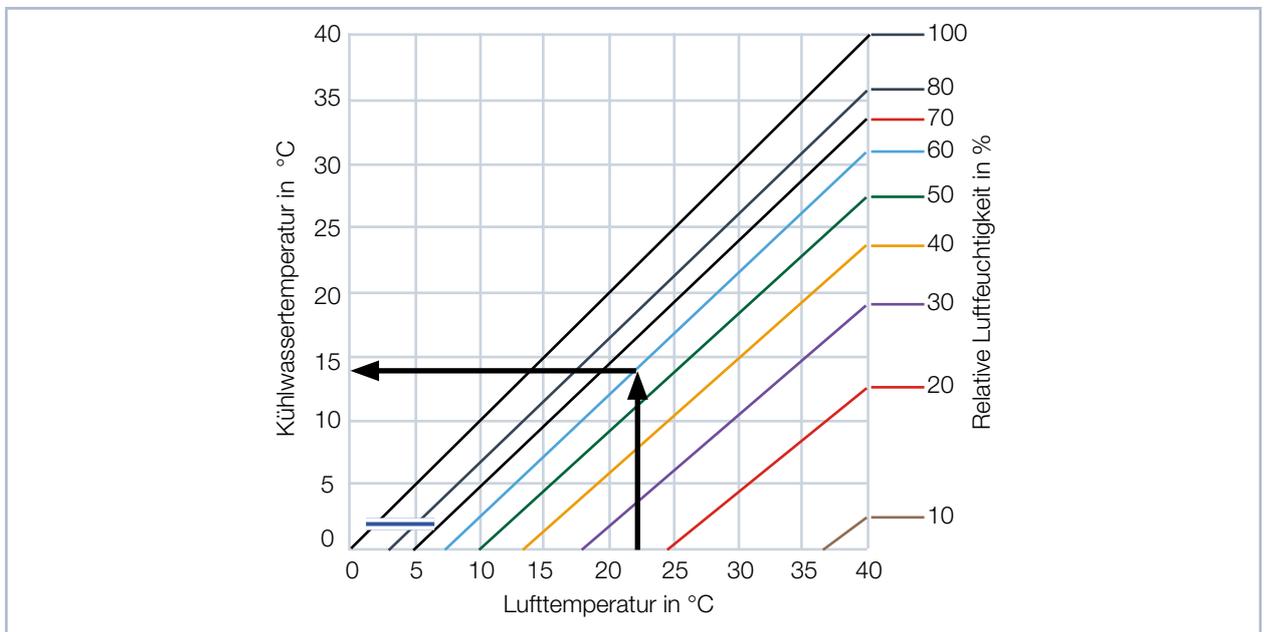
## ACHTUNG

**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch Kondenswasser**

**Kondenswasser im Messobjektiv kann zur Beschädigung führen.**

- ▶ **Beachten Sie den Taupunkt in Tab. 8.1 auf Seite 29.**

Kühlen Sie das Gerät nur während des Messbetriebs. Wir empfehlen, die Kühlung ca. 2 Minuten vor der Messung zu starten und ca. 1 Minute nach der Messung zu beenden.



Tab. 8.1: Taupunkt-Diagramm: Die Temperatur des Kühlwassers darf nicht unterhalb des Taupunktes liegen

#### Beispiel

Lufttemperatur: 22 °C  
Relative Luftfeuchtigkeit: 60 %

Die Kühlwassertemperatur darf 14 °C nicht unterschreiten.

**8.1.4 Wasseranschlüsse und Wasserdurchflussmenge**

Anschlussdurchmesser	Empfohlene Durchflussmenge	Mindestdurchflussmenge
PE-Schlauch 12 mm	7-8 l/min (ca. 1 l/(min · kW))	5 l/min nicht unterschreiten
PE-Schlauch 16 mm	14-16 l/min	10,0 l/min nicht unterschreiten

Tab. 8.2: Wasseranschlüsse und Wasserdurchflussmenge

**Verschlussstopfen der Wasseranschlüsse entfernen**

1. Drücken Sie mit zwei Fingern einer Hand den äußeren Lösering des Anschlusses nieder und ziehen Sie mit der anderen Hand den Stopfen heraus.
2. Entfernen Sie beide Verschlussstopfen der Wasseranschlüsse und bewahren Sie diese auf.
3. Schließen Sie Vorlauf (Water in) und Rücklauf (Water out) des Gerätes an, indem Sie den Schlauch bis zum Anschlag (ca. 2 cm tief) in den Steckanschluss hineinschieben.

Abb. 8.2: Verschlussstopfen der Wasseranschlüsse entfernen

**8.2 Druckluft**

Die Druckluft wird benötigt, um im Zyklon eine nach außen gerichtete rotierende Luftströmung zu erzeugen, womit das Eindringen von Schmutzpartikeln verhindert werden soll.

Schließen Sie die Druckluftversorgung über einen Kunststoffschlauch mit einem Außendurchmesser von 6 mm an.

Bitte schließen Sie nur Druckluft mit einem Druck von 0,5 bar bis 1,0 bar an.  
Spezifikation der Druckluft gemäß ISO 8573-1: 2010: 6:4:4.

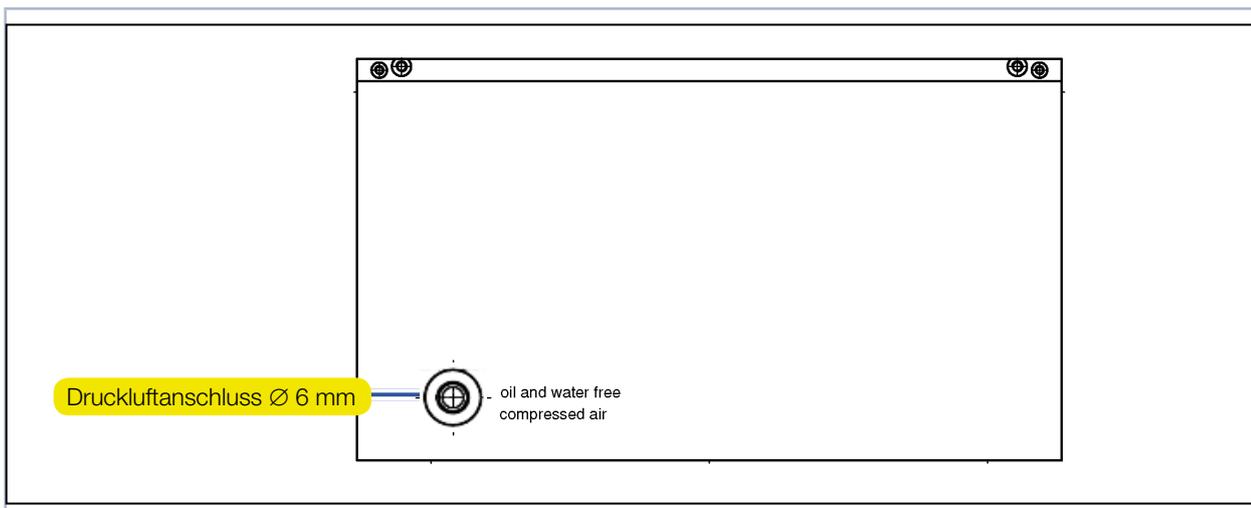


Abb. 8.3: Abb. 9.3: Druckluftanschluss stirnseitig

## 9 Elektrische Anschlüsse

**i** Bitte stellen Sie erst alle elektrischen Verbindungen her und schalten Sie das Gerät ein, bevor Sie die LaserDiagnosticsSoftware LDS starten..

### 9.1 Anschlüsse

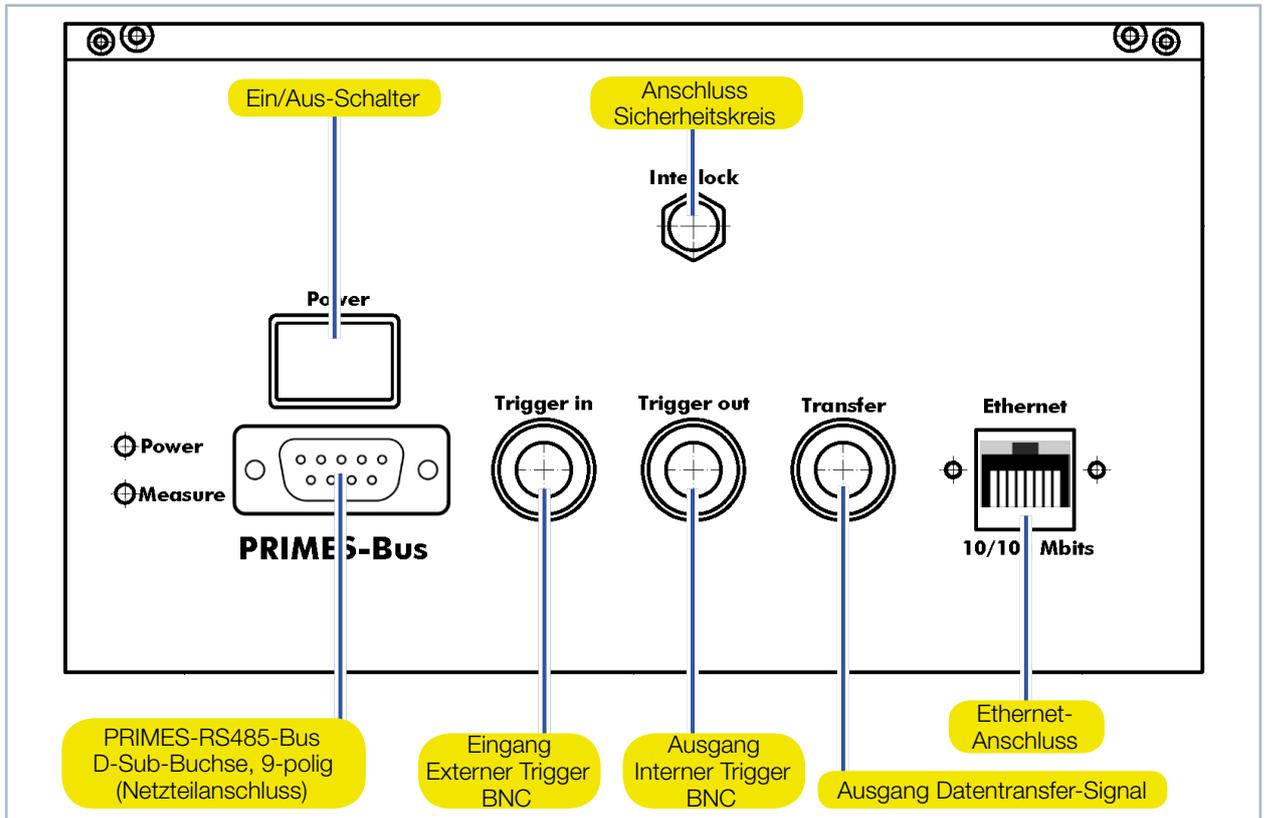
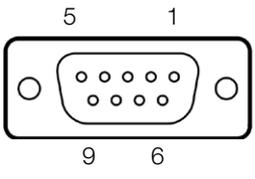


Abb. 9.1: Elektrische Anschlüsse

## 9.2 Pinbelegung

### 9.2.1 Spannungsversorgung

D-Sub-Buchse, 9-polig (Ansicht Steckseite)		
	Pin	Funktion
	1	GND
	2	RS485 (+)
	3	+24 V
	4	Trigger RS485 (+)
	5	Nicht belegt
	6	GND
	7	RS485 (-)
	8	+24 V
9	Trigger RS485 (-)	

Tab. 9.1: D-Sub-Buchse RS485

### 9.2.2 Eingang externer Trigger

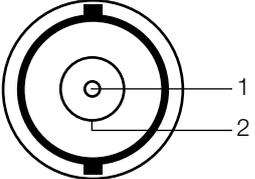
BNC-Stecker (Ansicht Steckseite)		
	Pin	Funktion
	1	+5 V (Triggersignal)
	2	GND

Abb. 9.2: Anschlussbuchse BNC-Eingang für einen externen Trigger im Anschlussfeld

### 9.2.3 Ausgang interner Trigger

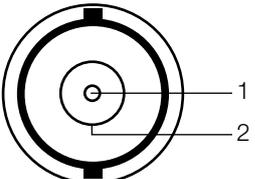
BNC-Stecker (Ansicht Steckseite)		
	Pin	Funktion
	1	+5 V (Triggersignal)
	2	GND

Abb. 9.3: Anschlussbuchse BNC-Ausgang für den internen Trigger im Anschlussfeld

### 9.2.4 Ausgang internes Datentransfer-Signal

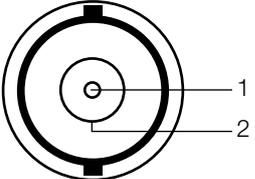
BNC-Stecker (Ansicht Steckseite)		
	Pin	Funktion
	1	+5 V (Triggersignal)
	2	GND

Abb. 9.4: Anschlussbuchse BNC-Ausgang für den Datentransfer im Anschlussfeld

### 9.2.5 Externer Sicherheitskreis (Interlock)

Im HP-MSM-HB ist eine externe Sicherheitsschaltung (Interlock) integriert, die Sie mit dem Sicherheitskreis des Lasers verbinden müssen. Der Sicherheitskreis schützt das Messgerät vor Schäden, indem er bei einem Fehlerzustand innerhalb des Gerätes den Laserstrahl abschaltet.

## ACHTUNG

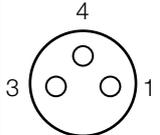
**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch Überhitzung**

**Ist der Sicherheitskreis nicht angeschlossen, kann das Gerät im Fehlerfall durch Überhitzung beschädigt werden.**

- ▶ **Schließen Sie die Lasersteuerung so an die Anschlüsse 1 bis 4, dass bei einer Unterbrechung dieser Verbindung der Laser abgeschaltet wird**

Folgende Zustände öffnen den Sicherheitskreis:

- Die Spannungsversorgung am HP-MSM-HB ist nicht angeschlossen oder unterbrochen
- Am Absorber liegt eine Übertemperatur vor
- Während der Messung wird ein Referenzierungsvorgang ausgelöst

Polbild Gerätebuchse (Draufsicht Steckseite)	Pin	Aderfarbe PRIMES-Kabel	Funktion
	1	Braun	Gemeinsamer Pin
	3	Blau	Gegen Pin 1 geschlossen, wenn betriebsbereit
	4	Schwarz	Gegen Pin 1 geschlossen wenn nicht betriebsbereit (Interlock-Modus)

Tab. 9.2: Interlock-Buchse

### 9.3 Anschluss an den PC und Stromversorgung anschließen

Der HP-MSM-HB benötigt für den Betrieb eine Versorgungsspannung von  $24 V \pm 5\%$  (DC). Ein passendes Netzteil gehört zum Lieferumfang..

- ▶ Schließen Sie das Netzteil über den Adapter an die 9-polige D-Sub-Buchse (RS485) des Gerätes an.
- ▶ Verbinden Sie das Gerät über ein Crossover-Kabel mit dem PC oder über ein Patch-Kabel mit dem Netzwerk.

## ACHTUNG

**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch Spannungsspitzen**

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

- ▶ **Verbinden/Lösen Sie alle Stecker nur im stromlosen Zustand.**

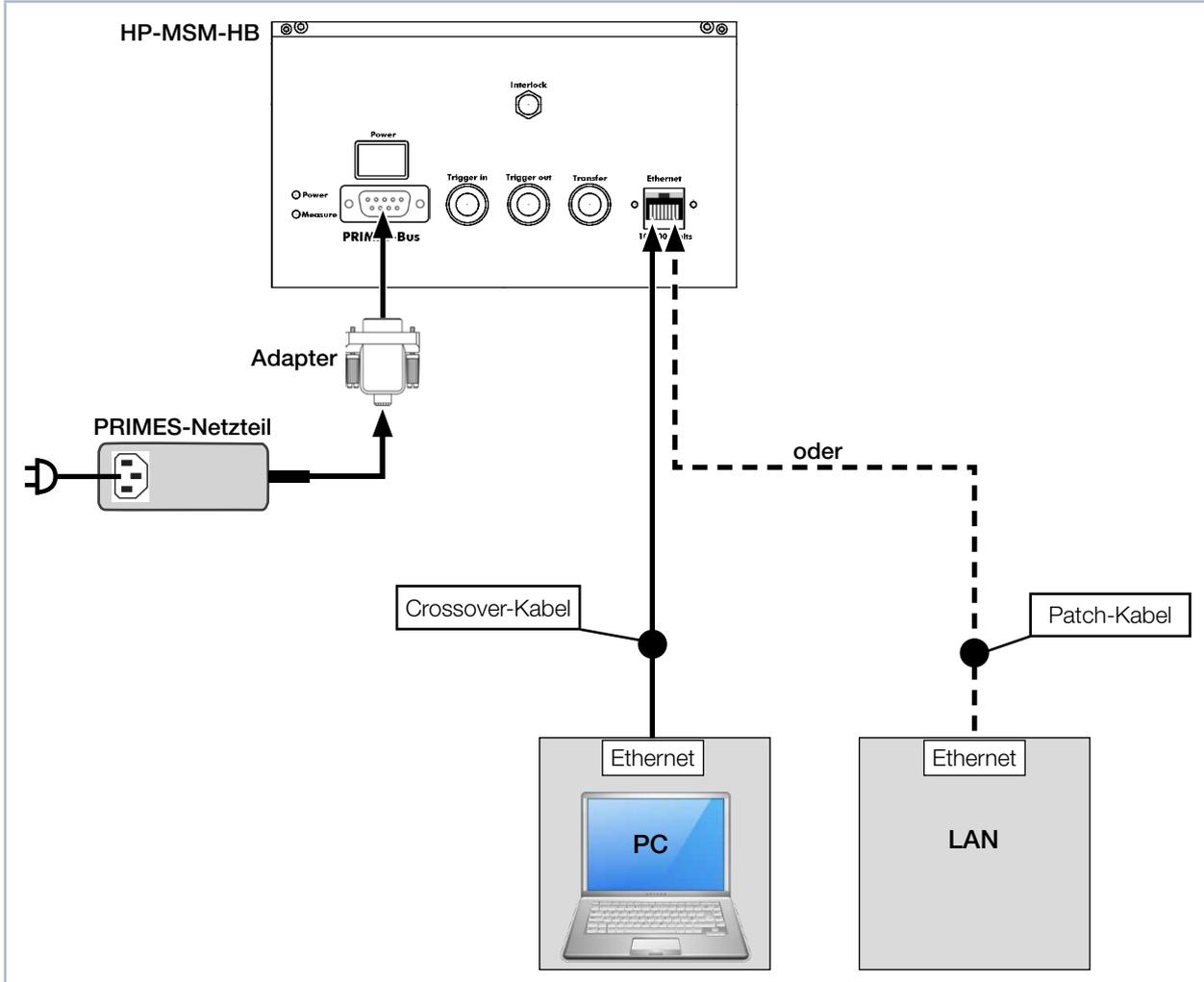


Abb. 9.5: Anschluss über Ethernet an einen PC oder ein lokales Netz

## 10 Status-LEDs

Das Gerät hat zwei Status-LEDs.

Bezeichnung	Farbe	Bedeutung
Power	Grün	Die Spannungsversorgung ist eingeschaltet
Measuring	Gelb	Eine Messung läuft

Tab. 10.1: Beschreibung der Status-LEDs am HP-MSM-HB

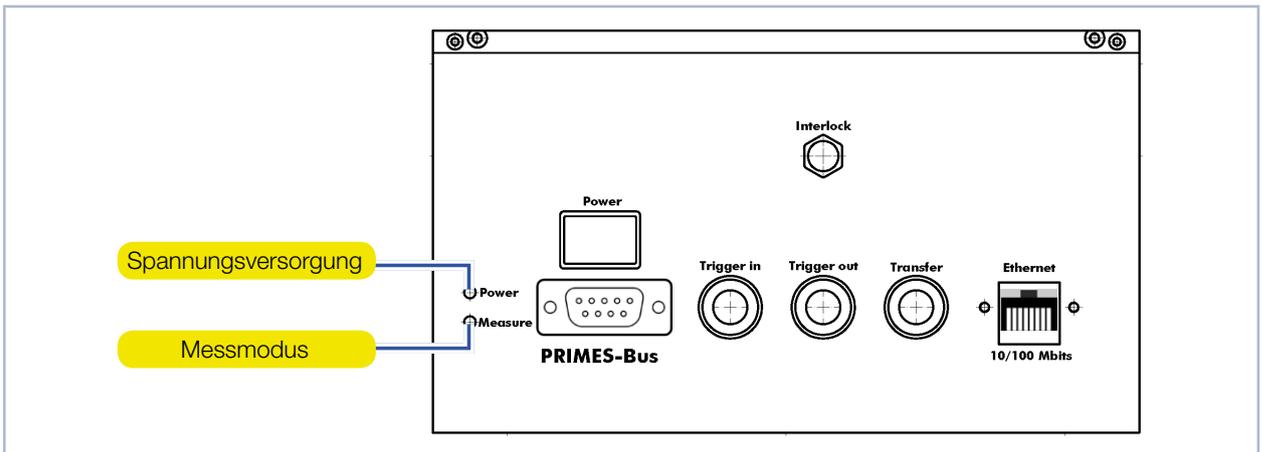


Abb. 10.1: Status-LEDs am HB-MSM-HB

## 11 Installieren und konfigurieren der LaserDiagnosticsSoftware LDS

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

Die neueste Version erhalten Sie auf der PRIMES Webseite unter: <https://www.primes.de/de/support/downloads/software.html>.

### 11.1 Systemvoraussetzungen

Betriebssystem:	Windows® 7/10
Prozessor:	Intel® Pentium® 1 GHz (oder vergleichbarer Prozessor)
Benötigter Festplattenspeicher:	15 MB
Monitor:	19" Bildschirmdiagonale empfohlen, Auflösung min. 1024x768
LDS-Version:	2.98 oder höher

### 11.2 Software installieren

Die Software wird menügesteuert von dem mitgelieferten Datenträger installiert. Starten Sie die Installation durch Doppelklick auf die Datei „Setup LDS v.X.X.exe“ (X = Platzhalter für die Versionsnummer) und folgen Sie den Anweisungen.

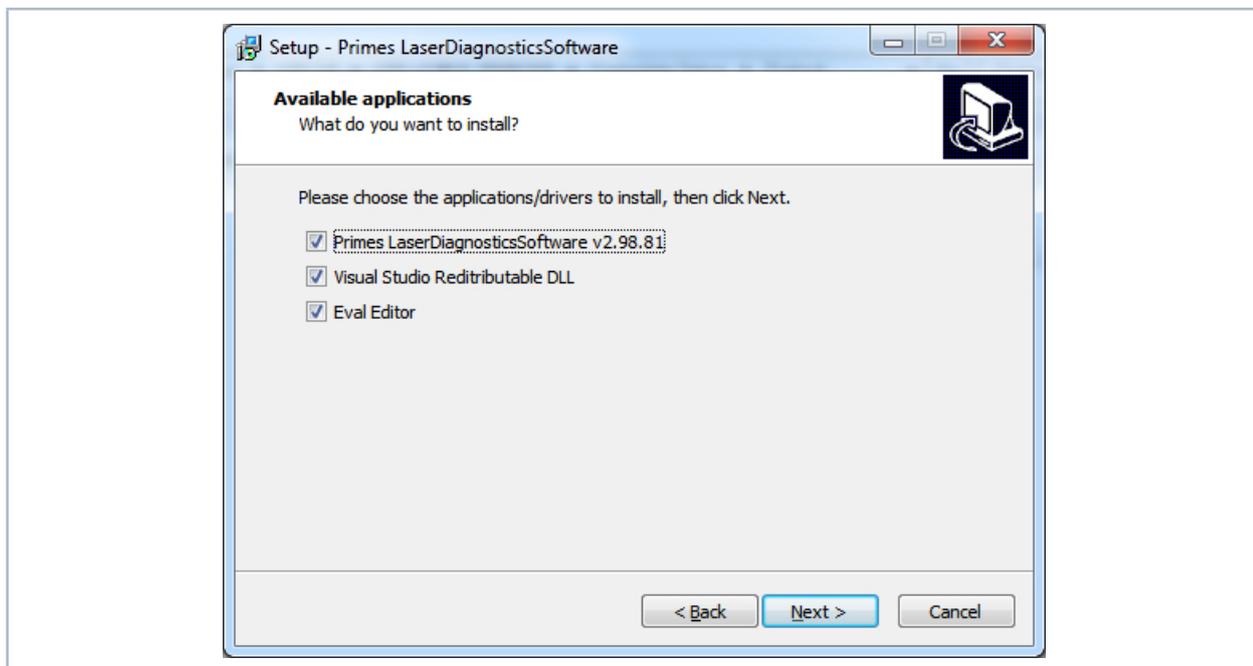


Abb. 11.1: Setup der PRIMES-LaserDiagnosticsSoftware LDS

Die Installationssoftware schreibt das Hauptprogramm „LaserDiagnosticsSoftware.exe“ – falls nicht anders spezifiziert – in das Verzeichnis „Programme/PRIMES/LDS“. Darüber hinaus wird auch die Einstellungsdatei „laserds.ini“ in dieses Verzeichnis kopiert. In der Datei „laserds.ini“ sind die Einstellparameter für die PRIMES-Messgeräte hinterlegt.

## 11.3 Ethernetverbindung einrichten

### 11.3.1 IP-Adresse eingeben



Der HP-MSM-HB hat eine feste IP-Adresse die auf dem Typenschild angegeben ist:

- Wird der HP-MSM-HB direkt mit einem PC verbunden, geben Sie diese feste IP-Adresse im Menü **Kommunikation > Freie Kommunikation** (siehe Kapitel 11.3.2 auf Seite 38) ein.
- Wird der HP-MSM-HB über ein Netzwerk angeschlossen, wird vom HP-MSM-HB für ca. eine Minute eine variable IP-Adresse im Netz abgerufen.  
**Diese variable IP-Adresse können Sie** im Menü Kommunikation > Freie Kommunikation (siehe Kapitel 11.3.2 auf Seite 37) eingeben.
- Soll der HP-MSM-HB mit der festen IP-Adresse mit dem Netzwerk verbunden werden, dann schalten Sie zuerst den HP-MSM-HB ein und verbinden anschließend das Netzwerkkabel mit dem HP-MSM-HB. Geben **Sie anschließend die feste IP-Adresse** im Menü Kommunikation > Freie Kommunikation (siehe Kapitel 11.3.2 auf Seite 37) ein.

Die Standard-IP-Adresse des HP-MSM-HB ist:

IP-Adresse: 192.168.116.84  
Subnetzmaske: 255.255.255.0

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

IP-Adresse: 192.168.116.XXX  
Subnetzmaske: 255.255.255.0

Die ersten drei Blöcke der IP-Adresse müssen mit der IP des HP-MSM-HB übereinstimmen.

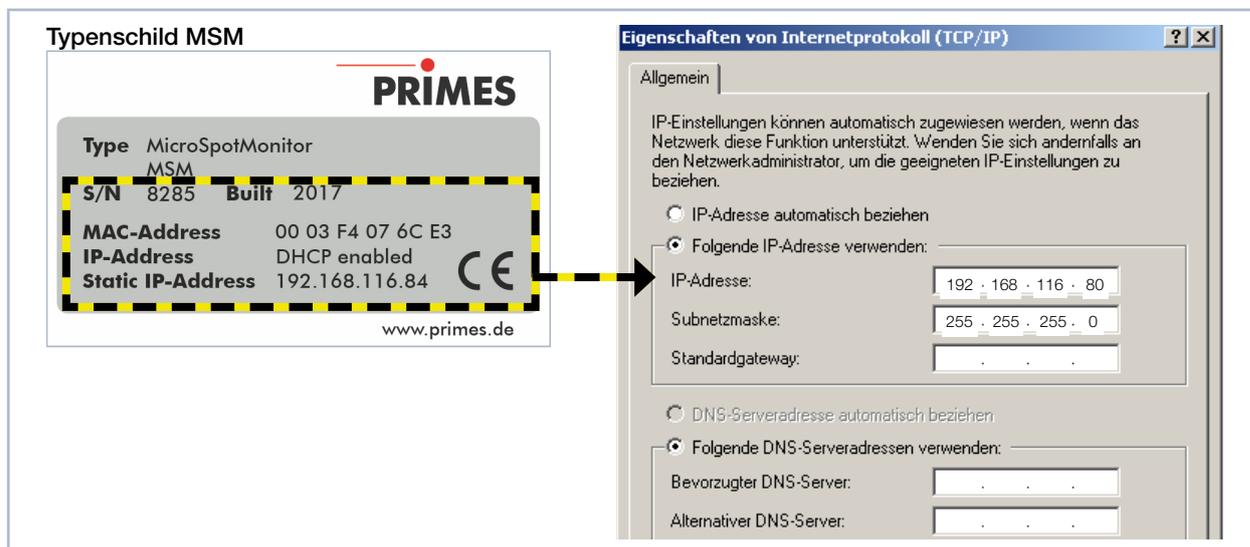


Abb. 11.2: Ethernetverbindung einrichten im Dialogfenster **Ethernet**

**11.3.2 Verbindung zum PC aufbauen**

1. Starten Sie die LaserDiagnosticsSoftware LDS (siehe Kapitel 12 auf Seite 42).
2. Öffnen Sie das Dialogfenster **Kommunikation > Freie Kommunikation**.
3. Wählen Sie im Feld Mode **TCP** (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
4. Geben Sie im Feld **TCP** die IP-Adresse 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):
  - Das Protokoll wird in das Installations-Verzeichnis der LaserDiagnosticsSoftware LDS abgelegt.
  - Die Dateibezeichnung ist buspro.log.YYYY.MM.DD (YYYY.MM.DD = Datum der Dateierstellung).
7. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Speichern** (die Konfiguration wird gespeichert und muss beim Neustart der LaserDiagnosticsSoftware LDS nicht erneut eingegeben werden).
8. Klicken Sie auf die Schaltfläche **PRIMES Geräte Suchen**:
  - Wird ein Gerät gefunden, werden die Dialogfenster für die Messeinstellungen geöffnet.

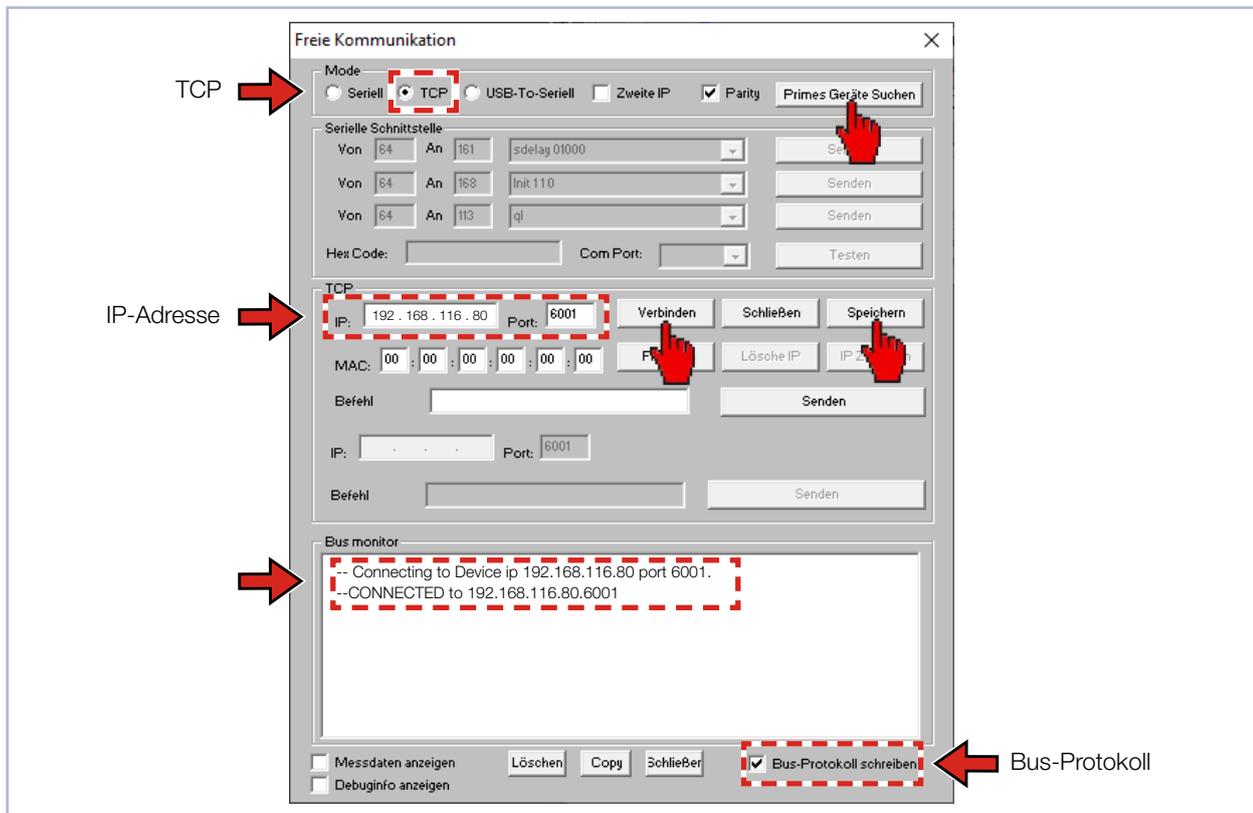


Abb. 11.3: Verbindung zum PC aufbauen im Dialogfenster **Freie Kommunikation**

### 11.3.3 Standard-IP-Adresse des Gerätes ändern

Sollte die feste IP-Adresse des HP-MSM-HB mit einem anderen Gerät gleicher IP-Adresse im Netzwerk kollidieren, kann die feste IP-Adresse des HP-MSM-HB geändert werden.

## ACHTUNG

### Ausfall des Gerätes durch fehlerhafte Eingaben

Bei der Änderung der IP-Adresse kann es zum Beispiel durch Tippfehler zur Überschreibung anderer EE-Zellen kommen und den HP-MSM-HB damit unbrauchbar machen.

- ▶ Die Änderung der IP-Adresse sollte nur von versierten Anwendern vorgenommen werden.

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

IP-Adresse (Beispieladresse)	192.	168.	116.	85	DHCP
	↑	↑	↑	↑	↑
Befehle	se0328 ★ xyz	se0329 ★ xyz	se0330 ★ xyz	se0331 ★ xyz	se0332 ★ 001

Tab. 11.1: IP-Adresse ändern

Im Beispiel sind **xyz** hierbei Platzhalter für die IP-Adressbytes (Wertebereich 1-254), diese müssen immer dreistellig eingegeben werden:

Zum Beispiel ist die Zahl 84 mit 084 einzugeben.

Das Symbol ★ steht der Eindeutigkeit wegen für ein Leerzeichen.

**Beispiel:** Sie möchten die IP-Adresse von 192.168.116.85 auf 192.168.116.86 ändern.

1. Starten Sie die LaserDiagnosticsSoftware LDS (siehe Kapitel 12 auf Seite 42).
2. Öffnen Sie das Dialogfenster **Kommunikation > Freie Kommunikation**.
3. Wählen Sie im Feld Mode **TCP** (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
4. Geben Sie im Feld **TCP** die aktuelle **IP-Adresse** 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):
  - Das Protokoll wird in das Installations-Verzeichnis der LaserDiagnosticsSoftware LDS abgelegt.
  - Die Dateibezeichnung ist buspro.log.YYYY.MM.DD (YYYY.MM.DD = Datum der Dateierstellung).
7. Geben Sie im Eingabefeld **Befehl** folgendes Kommando ein: **se0331 ★ 086**  
(Bitte stellen Sie sicher, dass das Leerzeichen ★ korrekt eingegeben wurde).
8. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Senden** und warten Sie die Bestätigung im Busmonitor ab (siehe Abb. 11.4 auf Seite 40 „- > Adr:0331 Wert: 086“)
9. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein:
  - Nach dem Neustart ist die IP-Adresse aktualisiert.

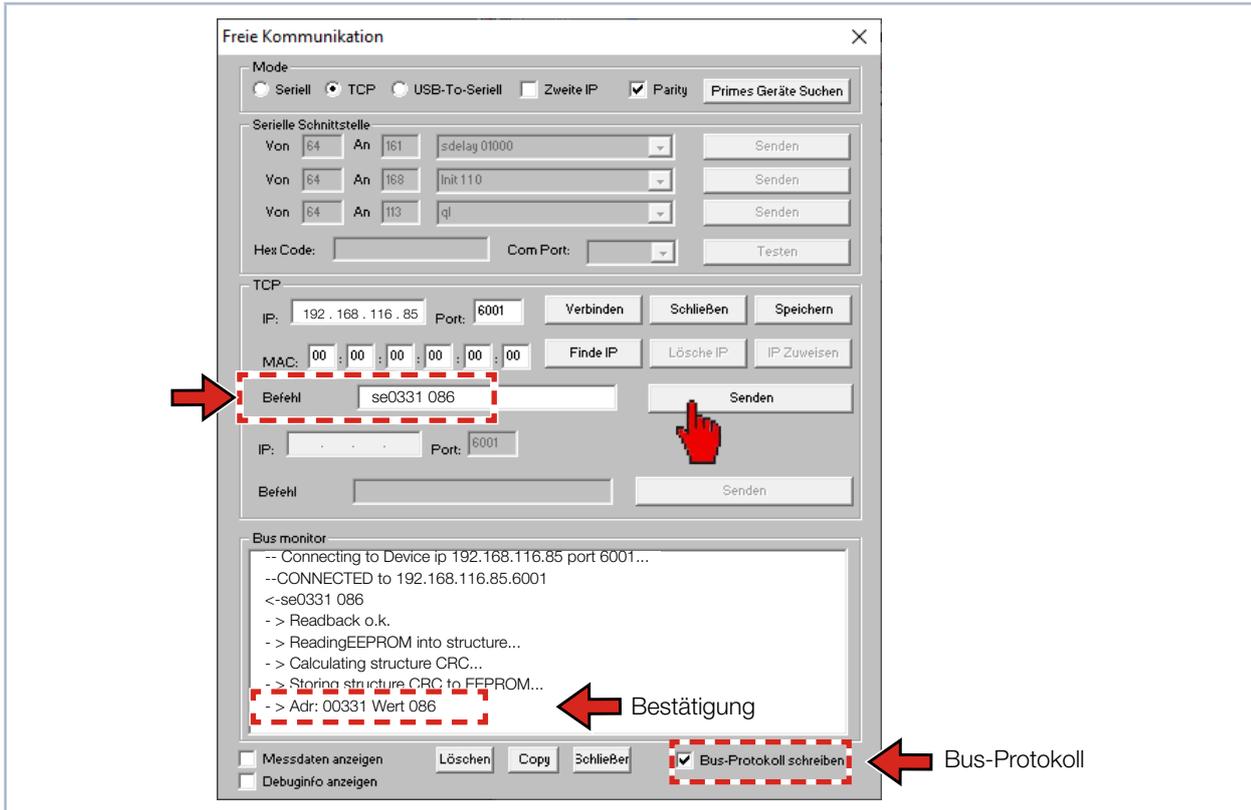


Abb. 11.4: Ändern der IP-Adresse im Dialogfenster *Freie Kommunikation*

### 11.3.4 IP-Adresse mit DHCP automatisch beziehen

Durch DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ist die automatische Einbindung eines Gerätes in ein bestehendes Netzwerk ohne dessen manuelle Konfiguration möglich.

Die DHCP-Funktion aktivieren Sie in der LaserDiagnoseSoftware mit dem Befehl: se0332 ★ 001

1. Starten Sie die LaserDiagnosticsSoftware LDS (siehe Kapitel 12 auf Seite 42).
2. Öffnen Sie das Dialogfenster *Kommunikation > Freie Kommunikation*.
3. Wählen Sie im Feld Mode **TCP** (die Option "Zweite IP" darf nicht aktiviert sein!).
4. Geben Sie im Feld **TCP** die aktuelle **IP-Adresse** 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):
  - Das Protokoll wird in das Installations-Verzeichnis der LaserDiagnosticsSoftware LDS abgelegt.
  - Die Dateibezeichnung ist buspro.log.YYYY.MM.DD (YYYY.MM.DD = Datum der Dateierstellung).
7. Geben Sie im Eingabefeld **Befehl** folgendes Kommando ein: se0332 ★ 001
8. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Senden** und warten Sie die Bestätigung im Busmonitor ab (siehe Abb. 11.5 auf Seite 41 „-> Adr:0332 Wert: 001“)
9. Schalten Sie das Gerät aus und wieder ein.

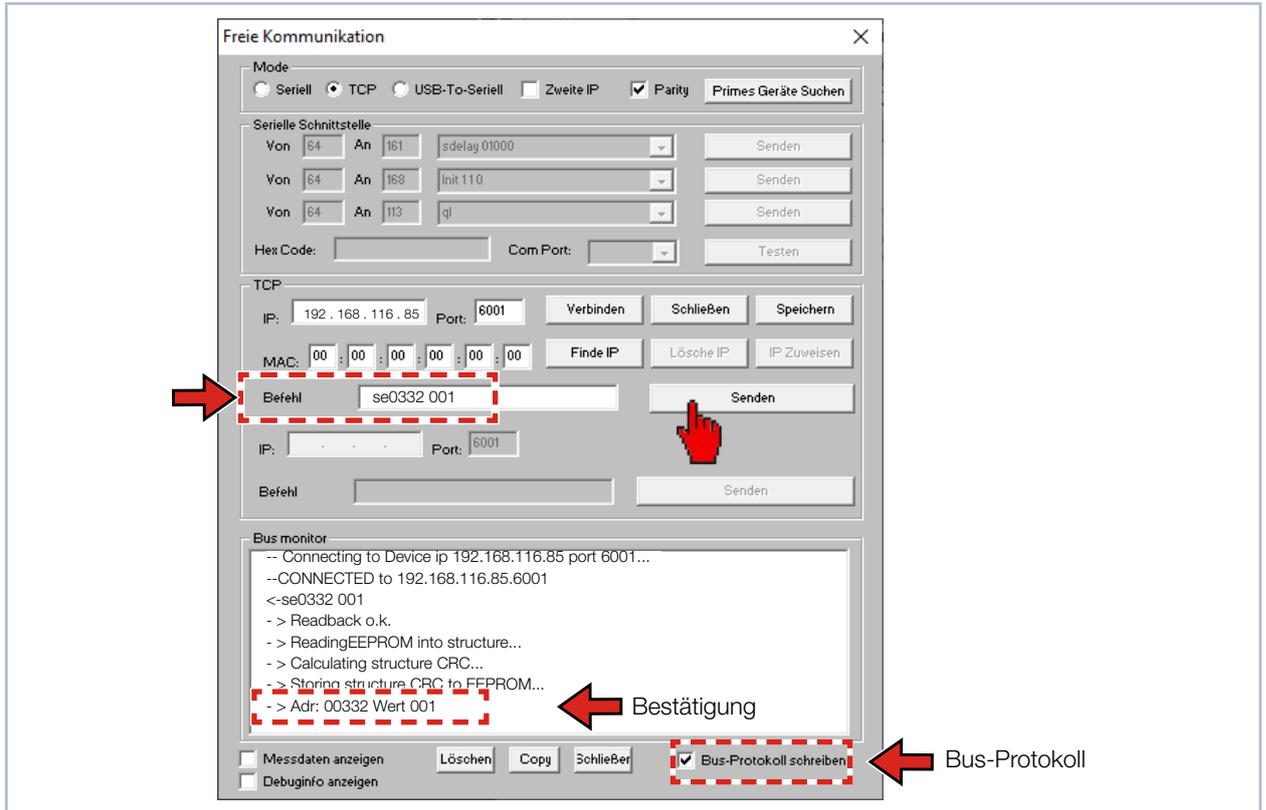


Abb. 11.5: DHCP im Dialogfenster *Freie Kommunikation* aktivieren

Nach dem Neustart des Gerätes im Netz wird eine neue IP-Adresse angefordert und vom Server/Router automatisch zugewiesen. Die Funktion **FindIP** über die MAC-Adresse ist dann nicht ausführbar. Sollte keine Verbindung zum Netz bestehen (keine Antwort vom Server) wird im HP-MSM-HB bis zum wiederholten Neustart die statische IP-Adresse (siehe Typenschild) aktiviert.

Die DHCP-Funktion können Sie mit dem Befehl **se0332 ★ 000** deaktivieren.

## 12 Beschreibung der LaserDiagnosticsSoftware LDS

Die LaserDiagnosticsSoftware LDS ist die Steuerzentrale für alle PRIMES-Messgeräte, die Strahlverteilungen oder Fokusgeometrien vermessen und daraus die Strahlpropagationseigenschaften ermitteln.

Die LaserDiagnosticsSoftware 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.



Starten Sie die LaserDiagnosticsSoftware LDS erst, wenn sämtliche Geräte verkabelt und eingeschaltet sind.

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

### 12.1 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“).

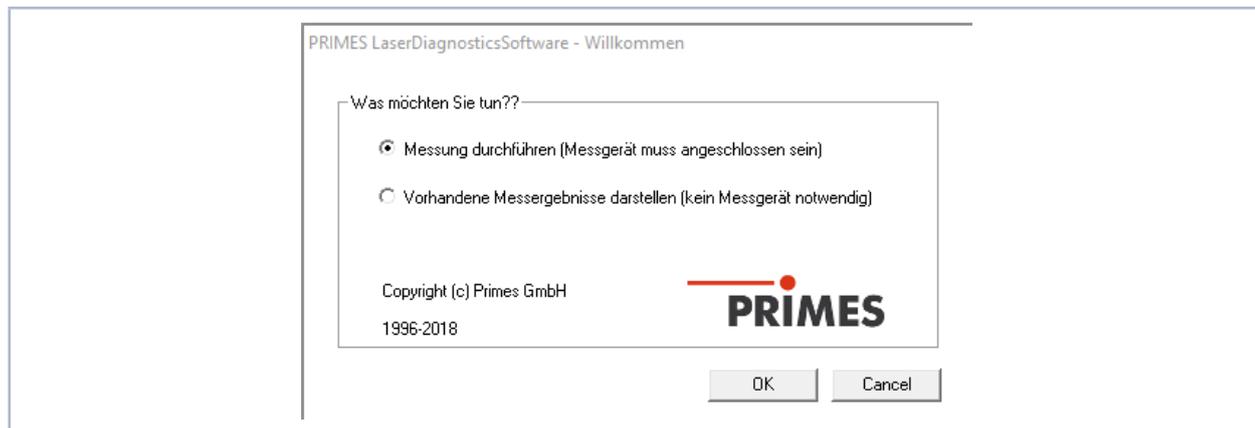


Abb. 12.1: Startfenster der LaserDiagnosticsSoftware LDS

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
<b>Text</b>	Kennzeichnet Menü Punkte. Beispiel: Dialogfenster <b>Sensorparameter</b>
<b>Text1 &gt; Text2</b>	Kennzeichnet die Navigation zu bestimmten Menüpunkten. Die Reihenfolge der Menüs wird durch das Zeichen „ > “ dargestellt. Beispiel: <b>Darstellung &gt; Kaustik</b>
<b>Text</b>	Kennzeichnet Menüpunkte, Schaltflächen, Optionen und Felder. Beispiel: Mit der Schaltfläche <b>Start</b>

Abb. 12.2: Textauszeichnungen für Menüpunkte, Menüpfade und Texte der Bedienoberfläche

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

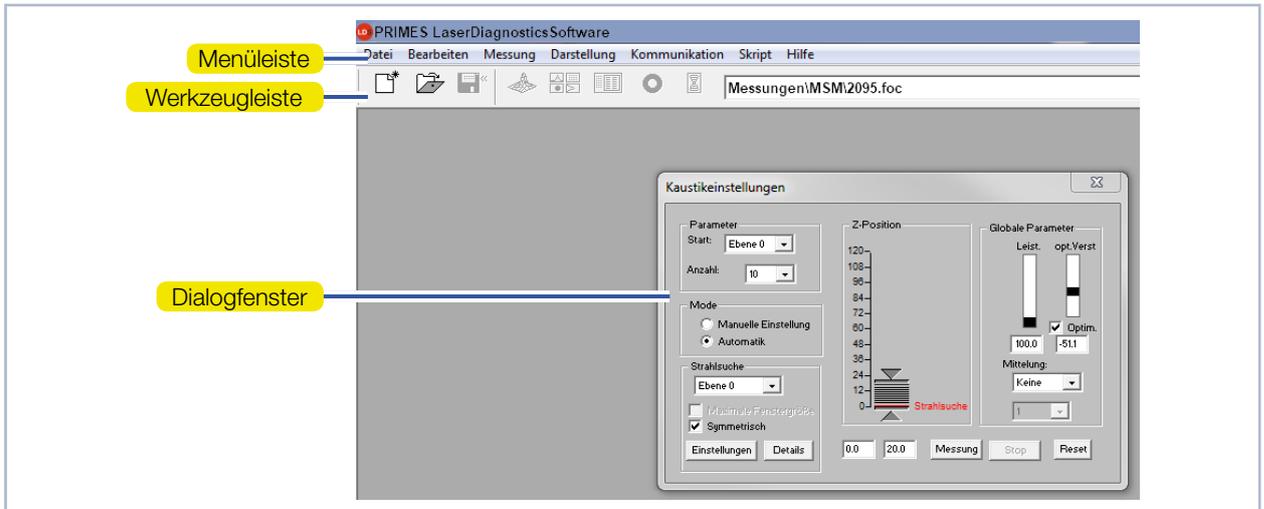


Abb. 12.3: Die wichtigsten Elemente der Benutzeroberfläche

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 überblendet, sobald Sie ein neues Fenster öffnen.

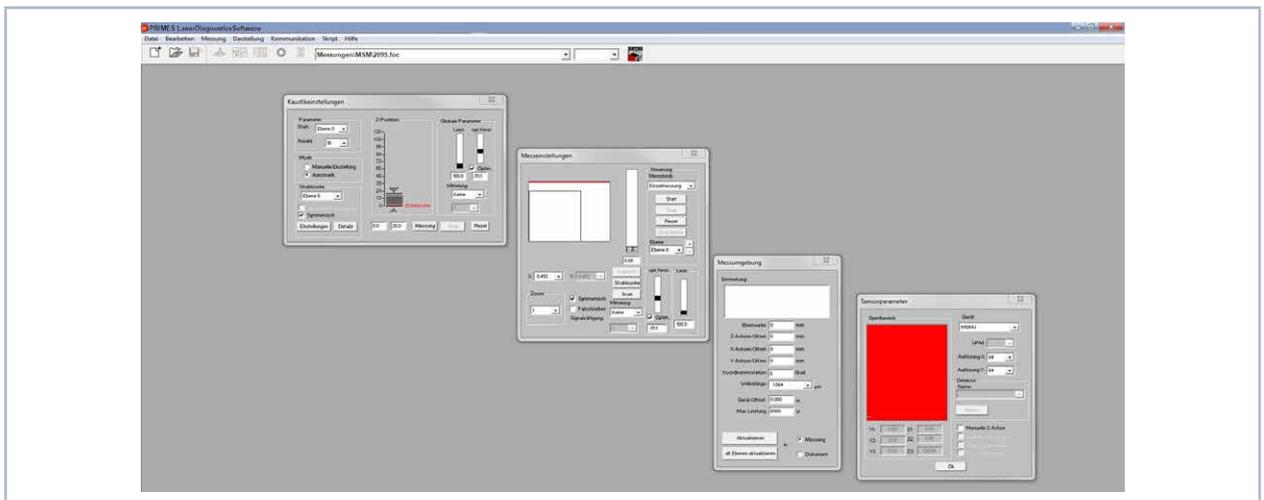


Abb. 12.4: Die wichtigsten Dialogfenster

**12.1.1 Die Menüleiste**

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

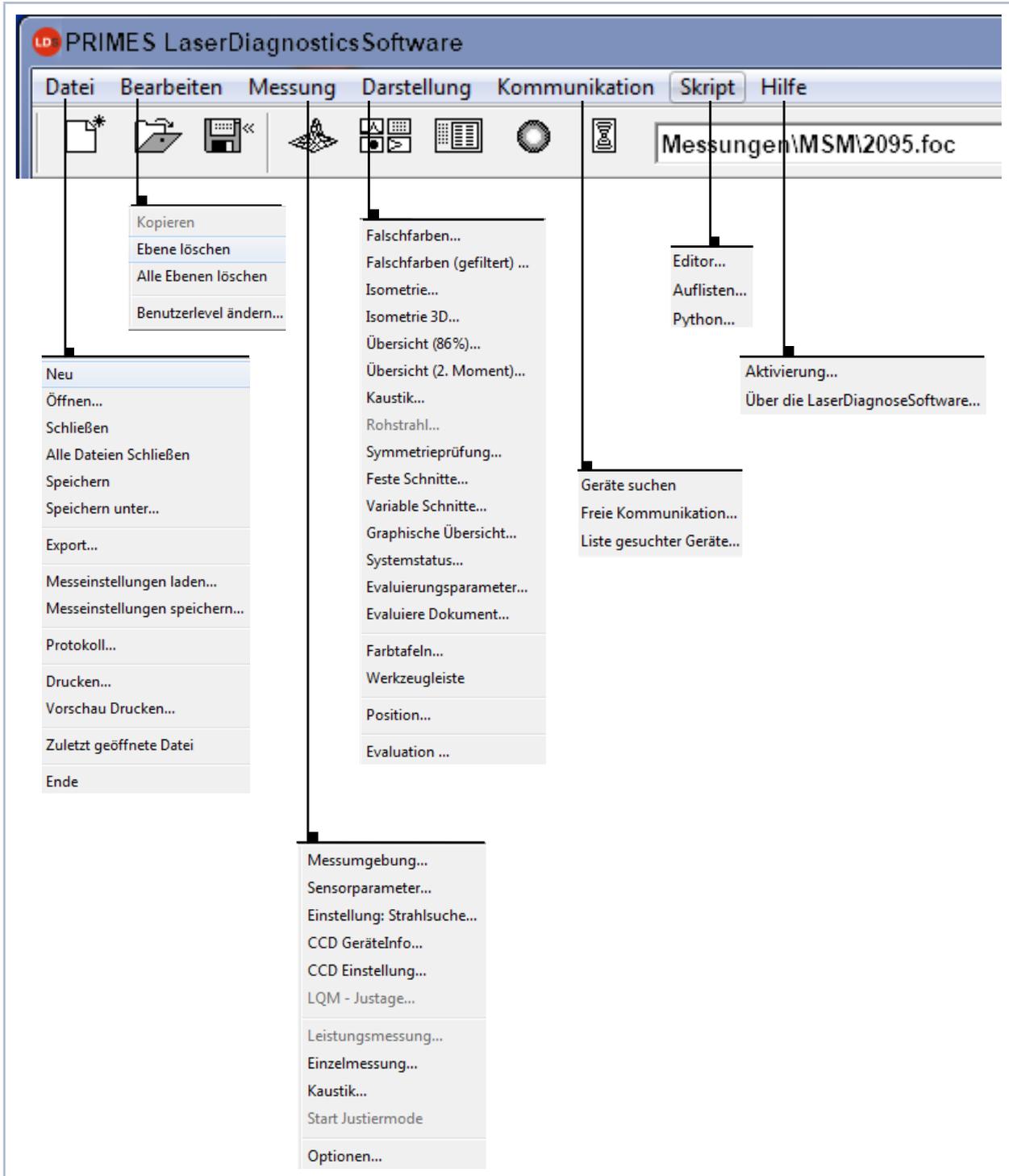


Abb. 12.5: Die Menüleiste

### 12.1.2 Die Werkzeugleiste

Durch Anklicken der Symbole in der Werkzeugleiste sind die folgenden Programmmenüs zu öffnen.

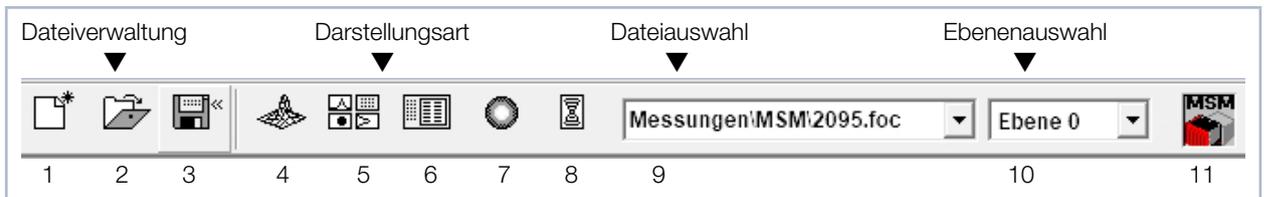


Abb. 12.6: Symbole in der Werkzeugleiste

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 (86 %) 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.

### 12.1.3 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 den Inhalt des Druckauftrags
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, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Referenzwert für die Laserleistung</li> <li>- Brennweite</li> <li>- Wellenlänge</li> <li>- Bemerkungen</li> <li>- Geräteoffset (für den HP-MSM-HB nicht relevant)</li> </ul>
Sensorparameter	Folgenden Geräteparameter können hier z. B. eingestellt werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- den mechanischen Sperrbereich der z-Achse</li> <li>- die räumliche Auflösung (32, 64, 128 oder 256 Pixel)</li> <li>- die mechanischen Bewegungsgrenzen in z-Richtung</li> <li>- Auswahl eines der am Bus angeschlossenen Messgeräte</li> <li>- die Deaktivierung der z-Achse</li> </ul>
Einstellung Strahlsuche	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
CCD Geräteinfo	Liefert Informationen über Geräteparameter
CCD Einstellungen	Spezielle Einstellungen können hier vorgenommen werden, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Triggermode</li> <li>- Triggerlevel</li> <li>- Integrationszeit</li> <li>- Wellenlänge</li> </ul>

LQM-Justage	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
Leistungsmessung	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
Einzelmessung	Dieser Menüpunkt ermöglicht den Start von Einzelmessungen, des Monitorbetriebs und dem Videomode
Kaustik	Ermöglicht den Start einer Kaustikmessung. 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 muss eingegeben werden.
Start Justiermode	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
Optionen	Ermöglicht die Einstellung von Geräteparametern
<b>Darstellung</b>	
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 sowie eine optionale Isophotendarstellung
Übersicht (86%)	Numerische Übersicht der Messergebnisse in den verschiedenen Ebenen basierend auf der 86 % Strahlradiusdefinition
Übersicht (2. Momente)	Numerische Übersicht der Messergebnisse in den verschiedenen Ebenen basierend auf der 2. Momente Strahlradiusdefinition
Kaustik	Ergebnisse der Kaustikmessung und die Resultate des Kaustikfits - wie Strahlpropagationsfaktor K, Fokuslage und Fokusradius
Rohstrahl	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
Symmetriepfung	Analysewerkzeug zur Prüfung der Strahlsymmetrie besonders für die Justage von Laserresonatoren. Keine Standardfunktion des Gerätes.
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 HP-MSM-HB nicht relevant
Evaluierungsparameter	Laden gespeicherter Evaluierungsparameter
Farbtafeln	Verschiedene Farbtabelle sind verfügbar um z. B. Beugungsphänomene detailliert analysieren zu können
Werkzeugleiste	Zum Anzeigen oder Ausblenden der Werkzeugleiste
Position	Verfahren des Gerätes in eine definierte Position
Evaluation	Vergleich der Messwerte mit definierten Grenzwerten und Auswertung (optional)
<b>Kommunikation</b>	
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.

Skript	
Editor	Öffnet den Skriptgenerator, ein Werkzeug, um komplexe Messabläufe automatisch zu steuern (mit einer von PRIMES entwickelten Skriptsprache).
Auflisten	Zeigt eine Liste der geöffneten Fenster an.
Python	Öffnet den Skriptgenerator, um komplexe Messabläufe automatisch zu steuern (Skriptsprache Python).
Hilfe	
Aktivierung	Ermöglicht die Freischaltung von Sonderfunktionen
Über die LaserDiagnosticsSoftware LDS	Liefert Informationen über die Softwareversion

Tab. 12.1: Menü-Übersicht



Weiterführende Informationen zu der Software finden Sie im Anhang.

## 13 Messen

### 13.1 Sicherheitshinweise



#### **GEFAHR**

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Während der Messung wird der Laserstrahl auf das Gerät geleitet. Dabei entsteht gestreute oder gerichtete Reflexion des Laserstrahls (Laserklasse 4). Die reflektierte Strahlung ist in der Regel nicht sichtbar.

- ▶ Tragen Sie Laserschutzbrillen, 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).



#### **GEFAHR**

Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung

Wird das Gerät aus der eingemessenen Position bewegt, kann im Messbetrieb vermehrt reflektierte Strahlung (Laserklasse 4) 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

Hindernisse im Verfahrbereich des HP-MSM-HB können zu Kollisionen führen und das Gerät schädigen.

- ▶ Halten Sie den Verfahrbereich frei von Hindernissen (Schneiddüsen, Andruckrollen usw.).

#### **ACHTUNG**

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Verschmutzungen können die optischen Bauteile beschädigen oder zerstören.

- ▶ Öffnen Sie das Gerät nur in staubfreier Umgebung.

### 13.2 HP-MSM-HB mit 5-fach-HP-Objektiv und Zyklon

1. Stellen Sie sicher, dass die Verbindungen der Wasserkühlung fest montiert und dicht sind.
2. Schalten Sie die Wasserkühlung ein.
3. Schalten Sie das Messgerät ein.
4. Warten Sie bis das Messgerät den Referenzierungsvorgang abgeschlossen hat (Dauer ca. 30 Sekunden).
5. Starten Sie die LaserDiagnoseSoftware auf Ihrem PC.
6. Ändern Sie die z-Position auf 60 mm (Mitte des Messbereichs; 20 mm beim HP-MSM-HB 20 kW)).
7. Öffnen Sie die Druckluftzufuhr.

8. Setzen Sie die Einrichthilfe auf den Zyklon. Der obere Rand entspricht der z-Position der Messebene des Objektivs. Schalten Sie den Pilotlaser an. Trifft der Laserstrahl senkrecht auf die kleine Bohrung in der Einrichtblende, wird dieser mittig auf dem Sensor abgebildet.
9. Entfernen Sie die Einrichthilfe.
10. Vermessen Sie den Laser zunächst bei kleiner Leistung und legen Sie den Messbereich für die Kaustikmessung fest. Der Messbereich umfasst typisch 2 bis 3 Rayleighlängen ober- und unterhalb der Fokusebene).
11. Führen Sie eine Probemessung über den gewünschten z-Bereich bei kleiner Leistung durch.
12. Prüfen Sie während der Messung die Umgebung des Messobjektivs auf Streustrahlung (gegebenfalls die Fehlwinkel in x und y Richtung auf unter 10 mrad reduzieren).
13. Erhöhen Sie die Leistung schrittweise bis zur Messleistung und führen Sie eine Kaustikmessung durch (eventuell müssen Sie einige Messparameter anpassen).
14. Nach Beendigung der letzten Messung sollte das Objektiv mit der Einrichthilfe abgedeckt werden, wenn es am Platz bleibt. Soll das Gerät transportiert werden, so verwenden Sie bitte die Transportsicherung des Objektivs.

### 13.3 HP-MSM-HB mit Faserbrücke

#### ACHTUNG

##### Beschädigung/Zerstörung des Gerätes

Beim HP-MSM-HB mit Faserbrücke wird der Verfahrweg in z-Richtung durch den Faseradapter begrenzt. Der maximale Verfahrweg ist abhängig vom verwendeten Faseradapter-Typ.

- ▶ Beachten Sie die in Tabelle Tab. 13.1 angegebenen Grenzwerte  $z_{max}$ , gemessen von der Oberfläche der Aperturplatte aus.

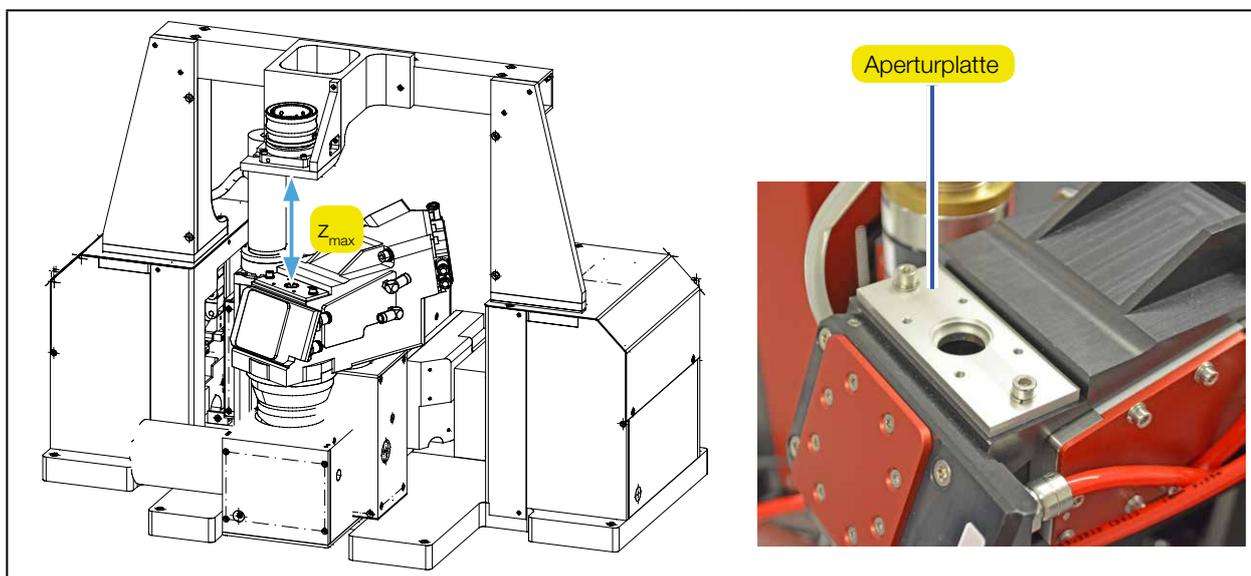


Abb. 13.1: Verfahrweg beim HP-MSM-HB mit Faserbrücke

Faseradapertyp	Maximaler Verfahrweg $z_{max}$ in mm	
	HP-MSM-HB	HP-MSM-HB 20 kW
QBH	106	26
HLC-16	118	38
LLK-D	120	40

Tab. 13.1: Maximaler Verfahrweg  $z_{max}$

### 13.4 Messung vorbereiten

Die folgenden Checklisten sollen Ihnen helfen, die wichtigsten Voraussetzungen für eine Messung zu realisieren und alle notwendigen Einstellungen der LaserDiagnosticsSoftware LDS vorzunehmen.

#### 13.4.1 Checkliste Sicherheitsvorkehrungen

<input type="checkbox"/>	Das Messgerät steht stabil und ist befestigt
<input type="checkbox"/>	Der Verfahrbereich (z-Achse) des Messgerätes ist frei von Hindernissen

Tab. 13.2: Checkliste Sicherheitsvorkehrungen

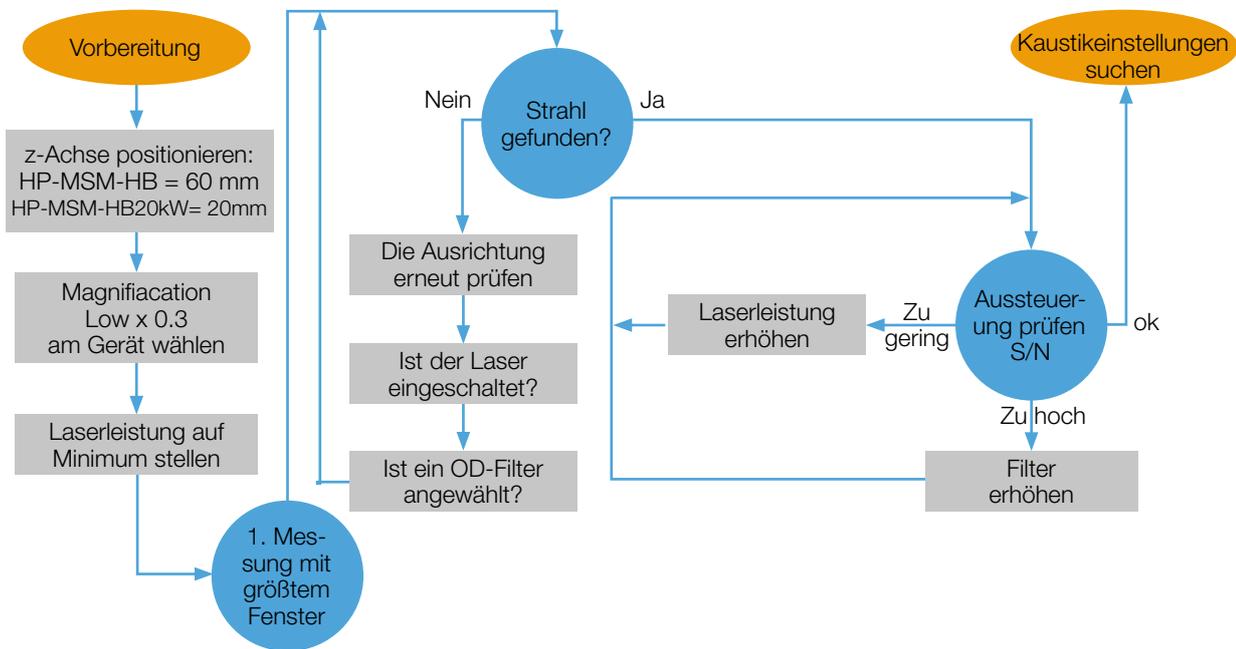
#### 13.4.2 Checkliste Messeinstellungen

LDS-Menüpfad	Handlung
<b>Messung &gt; Umgebung</b>	<input type="checkbox"/> Brennweite der Fokussierung eintragen
<b>Messung &gt; Sensorparameter</b>	<input type="checkbox"/> Auflösung x auf 64 Pixel einstellen <input type="checkbox"/> Auflösung y auf 64 Pixel einstellen
<b>Messung &gt; CCD Einstellung</b>	<input type="checkbox"/> Triggermodus Cw/Quasi-cw-Messung auswählen <input type="checkbox"/> CCD-Betriebsmodus Messdaten auswählen <input type="checkbox"/> Die richtige Wellenlänge auswählen
<b>Messung &gt; Einzelmessung</b>	<input type="checkbox"/> Das Kontrollkästchen Optim. aktivieren
<b>Messung &gt; Kaustik</b>	<input type="checkbox"/> Den Modus Automatik aktivieren <input type="checkbox"/> Das Kontrollkästchen Optim. aktivieren
<b>Messung &gt; Optionen</b>	<input type="checkbox"/> Füllfaktor Max: 0,7 Min: 0,5 Soll: 0,6 einstellen <input type="checkbox"/> Auswertungseinstellung: Das Kontrollkästchen Nullwertkorrektur für positive Volumen aktivieren

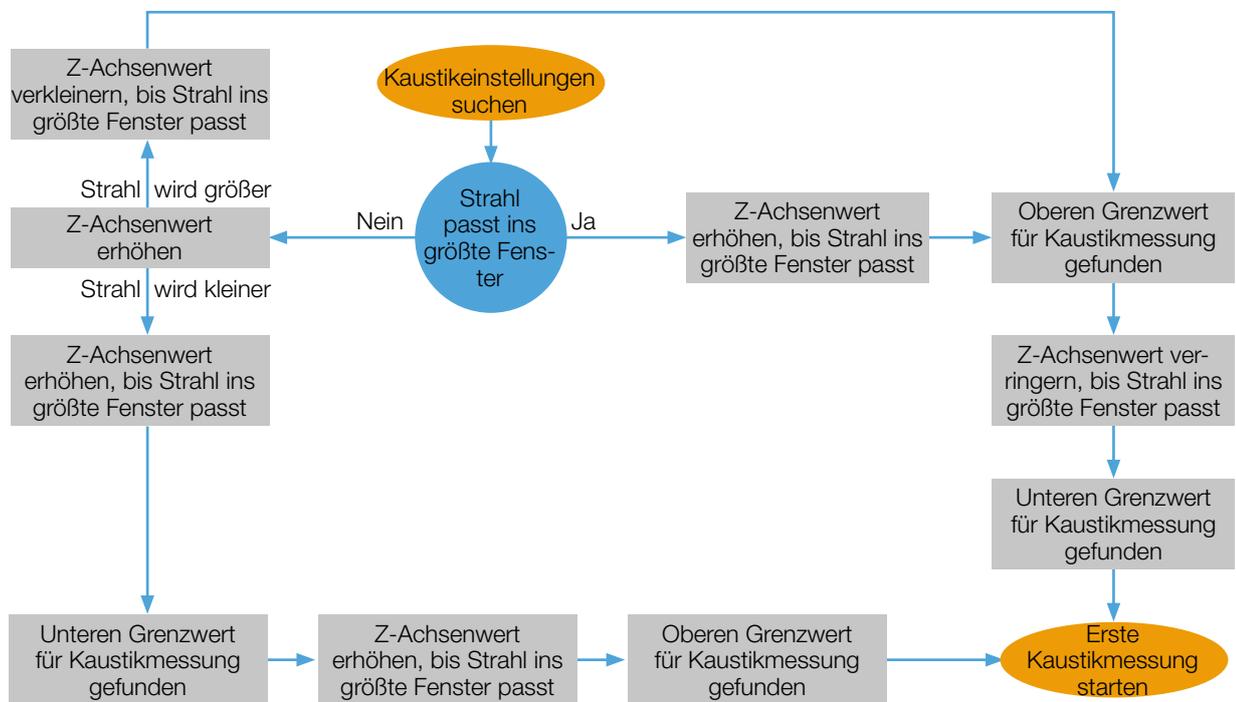
Tab. 13.3: Checkliste Messeinstellungen

**13.5 Flussdiagramm einer Messung**

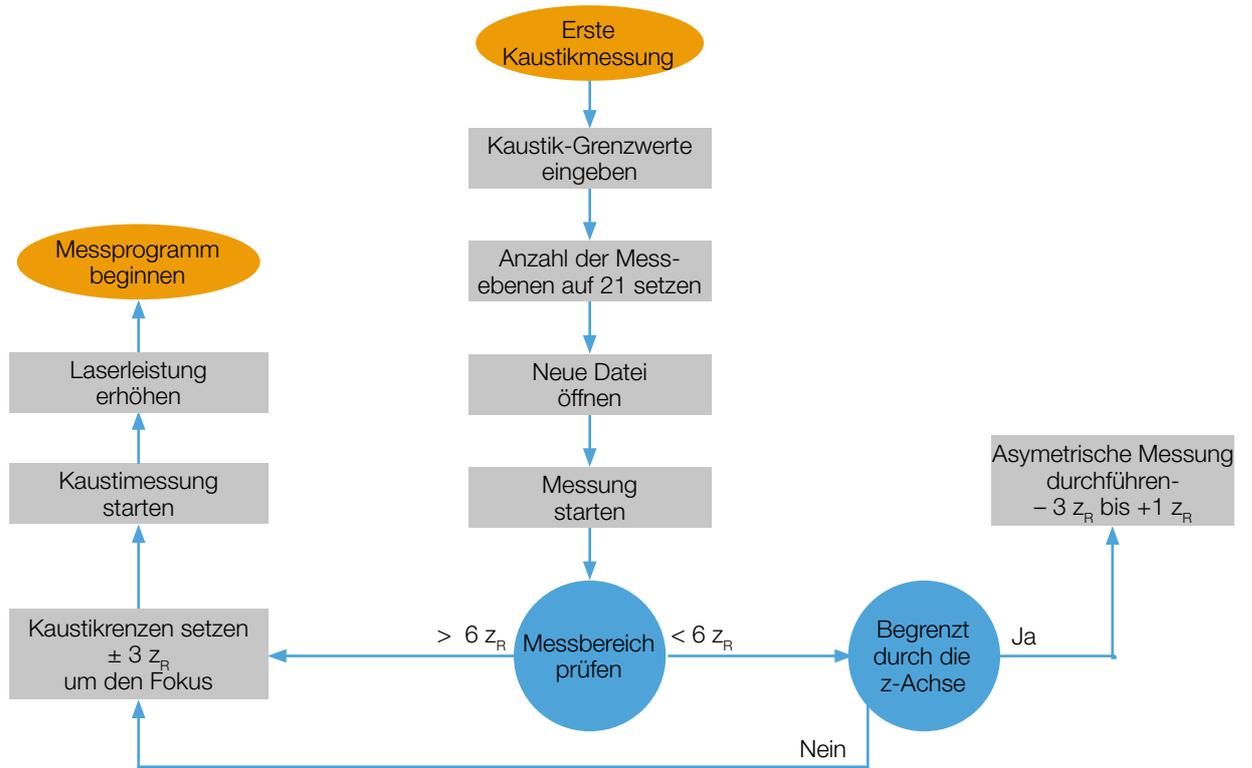
**13.5.1 Messung vorbereiten**



**13.5.2 Kaustikgrenzen bestimmen**



13.5.3 Kaustikmessung durchführen



### 13.6 Messeinstellungen in der LaserDiagnosticsSoftware LDS vornehmen

Die folgenden Erläuterungen zu den Konfigurationsmöglichkeiten sollen Ihnen helfen, die richtigen Einstellungen für die jeweilige Aufgabenstellung vorzunehmen.

In den folgenden Kapiteln werden wichtige Einstelloptionen farblich hervorgehoben:

Farbe	Bedeutung
Rot	Diese Einstellung muss immer wie abgebildet gesetzt sein.
Gelb	Diese Einstellung hängt vom gewünschten Betriebsmodus (cw, Puls, Einzelpuls, Messserie, etc.) ab.
Grün	Diese Einstellung muss vor jeder Messung neu vorgenommen werden. Die Einstellungen sind abhängig von der konkreten Messaufgabe, wie zum Beispiel der Wellenlänge, der Laserleistung oder auch der Geometrie des Laserstrahls.

Tab. 13.4: Farbliche Kennzeichnung der Einstelloptionen

#### 13.6.1 Sensorparameter (Menü *Messung* > *Sensorparameter*)

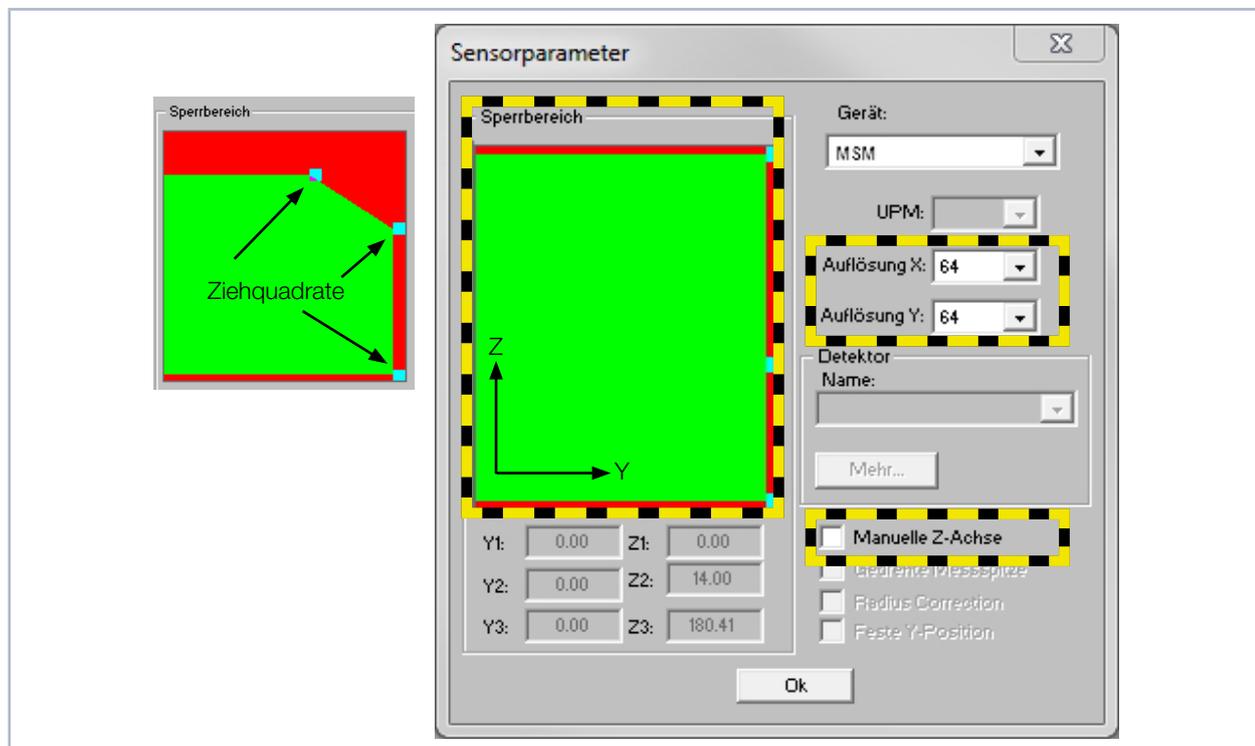


Abb. 13.2: Dialogfenster *Sensorparameter*

#### Sperrbereich

Durch Ziehen des türkisfarbenen Quadrates mit dem Mauszeiger können Sie in diesem Fenster den Bewegungsbereich der y- und z-Achse einschränken. Diese Funktionalität soll helfen, Beschädigungen zu vermeiden, wenn andere Bauteile in den Bewegungsbereich des Gerätes ragen. Der Maximalwert entspricht den Werten Y3 und Z3.

#### Auflösung

Hier geben Sie die Anzahl der Pixel im Messfenster von 32 x 32 bis 256 x 256 Pixel vor. In der Regel sind 64 x 64 Pixel ausreichend. Bitte beachten Sie, dass eine größere Anzahl von Pixeln zu einer längeren Messdauer führt.

### Manuelle Z-Achse

Mit Hilfe dieser Funktion können Sie die z-Achse des Gerätes deaktivieren. Hilfreich ist diese Funktion, wenn externe Bewegungsachsen benutzt werden sollen. Ist diese Funktion aktiviert, kann im Dialogfenster **Einzelmessung** jeder Messebene ein z-Wert manuell zugeordnet werden.

Weitere Informationen zum Menu **Messung > Sensorparameter** finden Sie im Kapitel 24.3.2 auf Seite 111. **Messumgebung (Menü *Messung > Messumgebung*)**

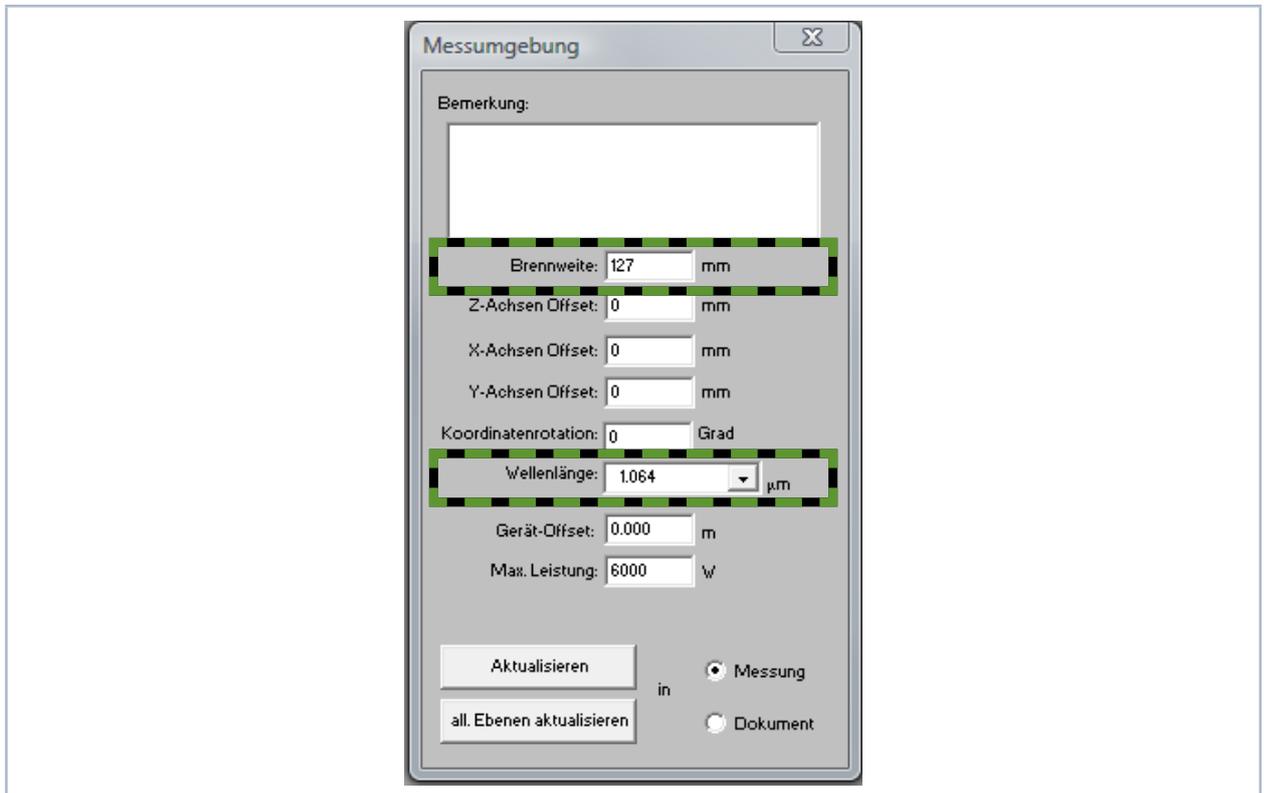


Abb. 13.3: Dialogfenster **Messumgebung**

### Brennweite

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.

### Wellenlänge

Die Wellenlänge bildet die Basis für die korrekte Bestimmung der Beugungsmaßzahl  $M^2$ . Wählbar ist derzeit nur eine Wellenlänge:

- 1.064  $\mu\text{m}$  für Nd:YAG-Laser

Sie können die Wellenlänge auch numerisch eingeben.

Weitere Informationen zum Menu **Messung > Messumgebung** finden Sie im Anhang, Kapitel 24.3 auf Seite 109.

13.6.2 Messeinstellungen (Menü *Messung* > *Einzelmessung*)

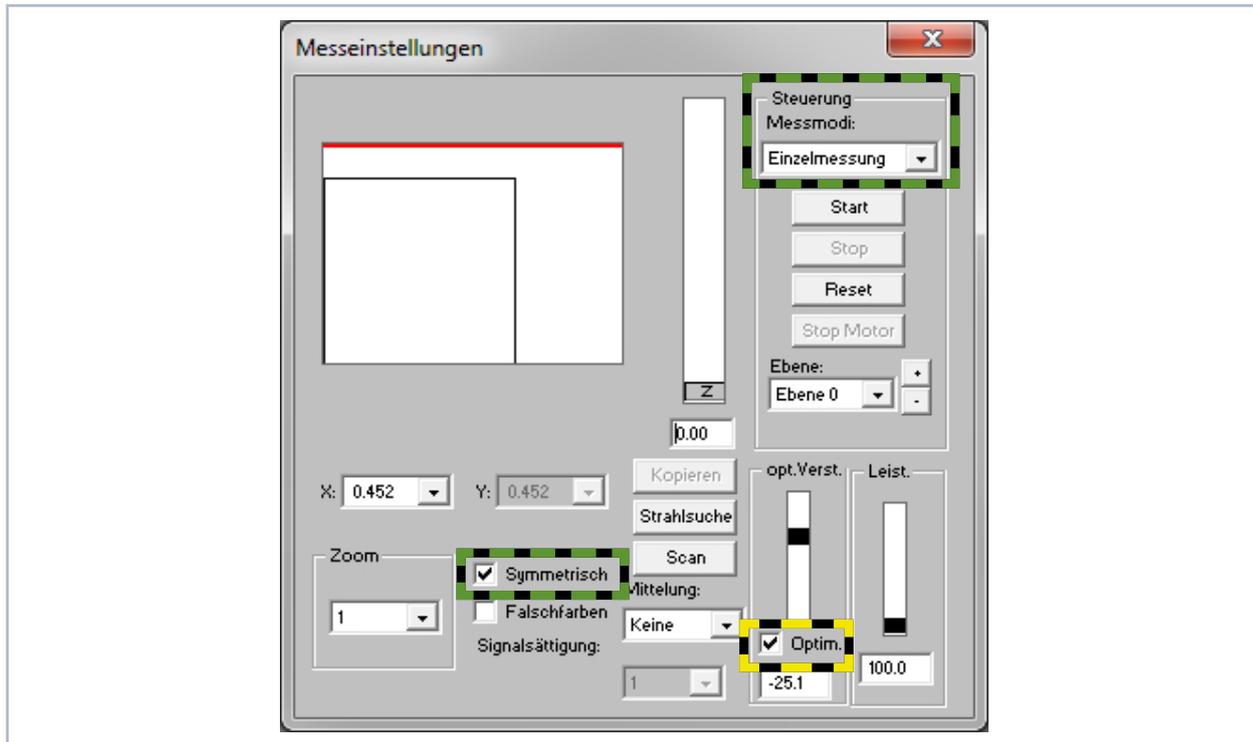


Abb. 13.4: Dialogfenster *Messeinstellungen*

**Steuerung Messmodi (Einzelmessung, Monitor und VideoMode)**

Insgesamt können hier drei verschiedene Messmodi ausgewählt werden. In den Messmodi *Einzelmessung* und *Monitor* werden alle nötigen Kompensationen (Smear-Effekt, Diffusion) und Belichtungszeitanpassung bei jeder Messung neu durchgeführt. In diesen Modi werden gültige Messdaten erzeugt.

Der Messmodus *VideoMode* erzeugt keine validen Messdaten. Hier wird die Belichtungszeit aus der letzten Messung übernommen und nicht variiert. Auch werden keine Kompensationsmessungen durchgeführt, so dass Messartefakte wie das Ausleserauschen (Smear-Effekt) nicht berücksichtigt bzw. kompensiert werden. Aufgrund der „hohen“ Messfrequenz von ca. 5 Hz kann es dennoch sinnvoll sein, mit dieser Betriebsart zu arbeiten (z. B. beim Einrichten). Die numerischen Ergebnisse sollten nicht absolut, sondern immer relativ zueinander bewertet werden.

**Optische Verstärkung (opt. Verst.)**

Diese Funktion aktiviert die automatische Anpassung der Belichtungszeit des CCD bei jeder Messung. Nur bei aktivierter Funktion kann das Signal/Rausch-Verhältnis über eine Kaustikmessung konstant hoch gehalten werden.

Für spezielle Messanwendungen kann es allerdings auch durchaus sinnvoll sein, diese Funktion zu deaktivieren und die Belichtungszeit fest auf einen Wert zwischen 12 µs und 200 ms einzustellen. Wichtig ist dabei, dass mit Hilfe der festen ND-Filter, bzw. des Filterrads, eine ausreichende Abschwächung des Laserstrahls gewährleistet wird.

**Symmetrisch**

Ist diese Funktion aktiviert, werden nur quadratische Messfenster zugelassen. Soll ein elliptischer oder auch ein rechteckiger Laserstrahl vermessen werden, sollte zur optimalen Anpassung der Messfenster diese Funktion deaktiviert werden.

**Weitere Informationen zum Menü *Messung* > *Einzelmessung* finden Sie im Kapitel 24.3.8 auf Seite 115.**

### 13.6.3 Kaustikeinstellungen (Menü *Messung* > *Kaustik*)

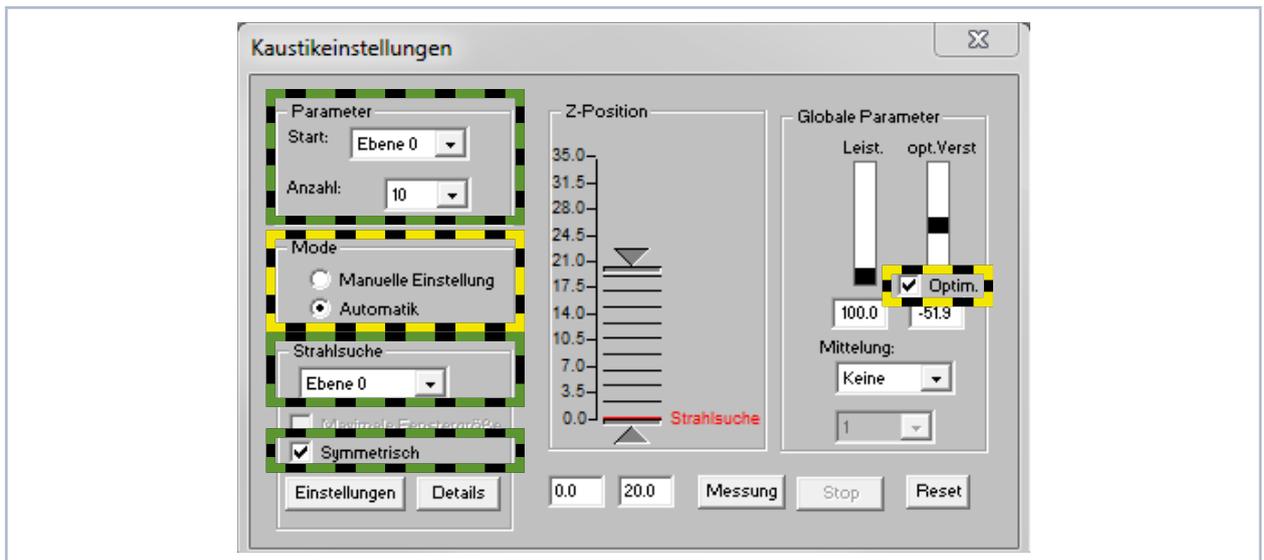


Abb. 13.5: Dialogfenster *Kaustikeinstellungen*

#### Parameter (Startnummer der Ebene und Anzahl der Ebenen)

Unter Start kann die Startnummer der Ebene angegeben werden, bei der mit dem Messen begonnen werden soll. Standardmäßig liegt die Startnummer auf Null und sollte nur verändert werden, wenn man in ein bestehendes Dokument messen und dabei die vorhandenen Messdaten nicht überschreiben möchte. Hat man beispielsweise eine Kaustik mit 21 Ebenen gemessen und möchte den Messbereich zu kleineren z-Werten hin vergrößern, kann man die Startebene auf 21 setzen und den Messbereich entsprechend verändern. Die neuen Messwerte werden dann ab Ebene 21 in das bestehende Dokument geschrieben.

In dem Auswahlfeld Anzahl wird die Anzahl der im vorgegebenen z-Bereich zu messenden Ebenen festgelegt. Hier sollte Folgendes berücksichtigt werden.

- Da die LaserDiagnosticsSoftware LDS die Messebenenabstände immer äquidistant (gleiche Abstände aufweisend) setzt und der Messbereich so gut wie immer symmetrisch um den Fokus liegt, sollte eine ungerade Anzahl von Messebenen ausgewählt werden. Die Fokusebene wird anhand der Messebenen berechnet und in der Kaustikdarstellung angezeigt.
- Die Strahlvermessungsnorm DIN 11146 schreibt vor, dass mindestens 10 Messebenen gemessen werden sollen. Weiterhin sollen 5 Messungen innerhalb einer Rayleighlänge gemessen werden und die anderen 5 außerhalb von 2 Rayleighlängen. Um allen Anforderungen zu entsprechen, müssen bei äquidistanter Verteilung mindestens 17 Messebenen in einem Bereich von  $\pm 3$  Rayleighlängen gemessen werden.

#### Mode (Automatik und Manuelle Einstellung)

Für die Kaustikmessung gibt es zwei verschiedene Messmodi. Im „Automatik“-Modus bestimmen das Messsystem und die LDS für jede Messebene die ideale Messfensterposition (x- und y-Richtung) und die für den Füllfaktor optimale Messfenstergröße. Weiterhin wird anhand der Vorgaben (Messebenen Anzahl, Messgrenzen z-Richtung) die Ebenenlage in z-Richtung errechnet.



Gerade bei der Anpassung der Messfenstergröße und der Messfensterposition in x- und y-Richtung kann es durch die Anzahl der Iterationen (max. 3 pro Ebene) zu einer verlängerten Messdauer kommen.

Für wiederkehrende Messaufgaben und für Wiederholungsmessungen gibt es deshalb die Möglichkeit den Messmodus auf „Manuelle Einstellung“ zu ändern. Hier übernimmt das Messsystem die Messfensterpositionen und Messfenstergrößen aus der vorangegangenen Messung oder aus einer .ptx-Datei. Dies reduziert die

Messdauer deutlich, setzt allerdings voraus, dass der Laserstrahl sich nur minimal in der Lage und seinen Parametern geändert hat.

**Strahlsuche**

In diesem Auswahlfeld wird die Ebene vorgegeben, in der die Kaustikmessung begonnen werden soll. Ist im Dialogfenster **Optionen** die Funktion **BeamFind** aktiviert, ist das auch die Ebene bei der diese Funktion ausgeführt wird. Bei deaktivierter BeamFind-Funktion muss eben diese Ebene manuell vorgemessen werden, um sicherzustellen, dass der Laserstrahl gefunden wird.

Weitere Informationen zum Menü **Messung > Kaustik** finden Sie im Kapitel 24.3.9 auf Seite 119.

**13.6.4 CCD-Einstellung (Menü *Messung > CCD Einstellung*)**

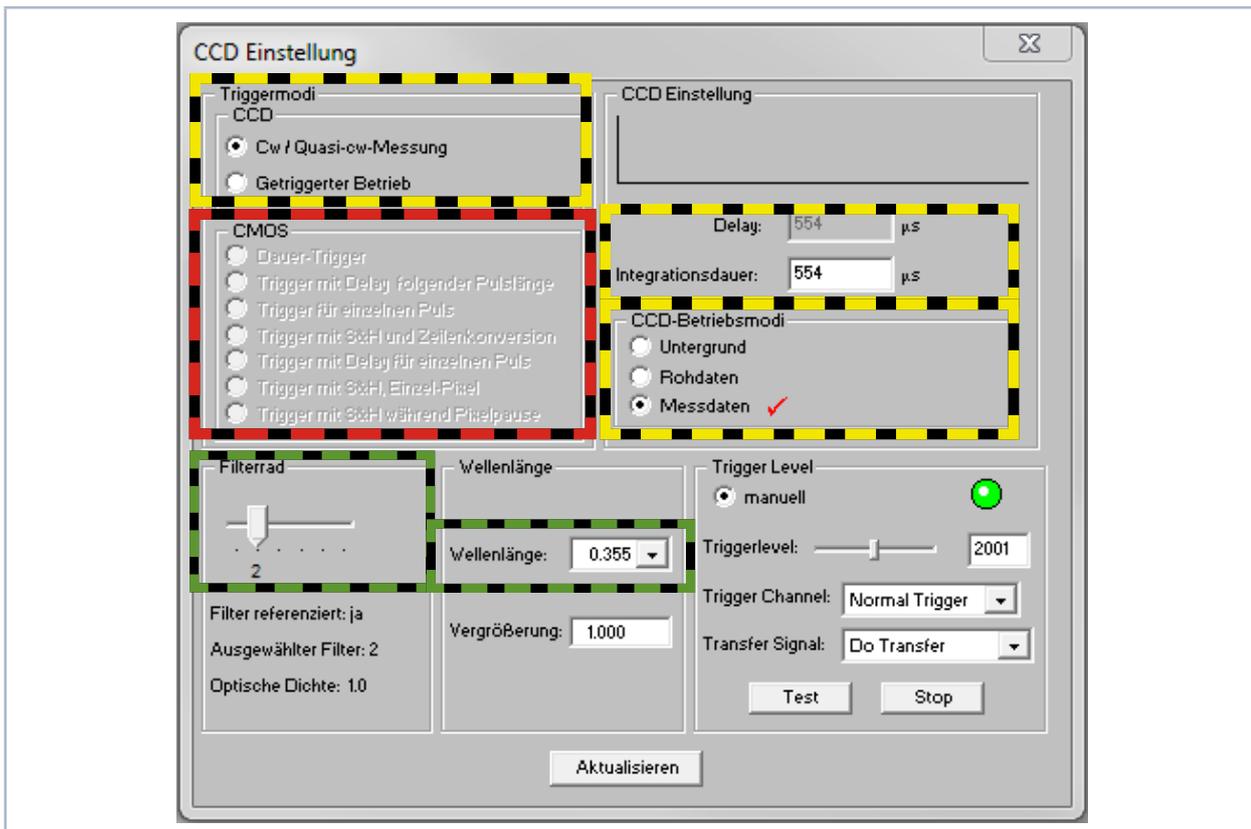


Abb. 13.6: Dialogfenster **CCD-Einstellung**

Im Dialogfenster **CCD-Einstellung** werden die Wellenlänge, die Abschwächung und der Betriebsmodus festgelegt.

**Triggermodi**

Je nach Betriebsmode des zu vermessenden Lasers muss hier die passende Einstellung vorgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, dass gepulste Laser mit einer Pulsfrequenz größer 500 Hz im Modus cw vermessen werden können. Steht der Betriebsmode jedoch auf gepulst und es handelt sich um ein cw Lasersystem, wird das Messgerät immer mit einer Fehlermeldung „Error Black Pixel Measurement“ oder „Time out during Measurement“ auf eine Messanforderung reagieren.

**Delay**

Diese Funktion kann nur bei dem Triggermodus „getriggert Betrieb“ benutzt werden. Eingestellt wird an dieser Stelle die Zeit, die das Messsystem zwischen dem Erkennen eines Triggerpulses und dem Start der Messung warten soll. Zusammen mit der Funktion „Integrationsdauer“, können definierte „Fenster“ aus Pulszyklen (z. B. genau 1 Puls, oder Teile eines ms-Pulses) vermessen werden. Der minimale Delay beträgt 12 µs.

### CCD-Betriebsmodi

Hier können drei verschiedene Modi eingestellt werden. Ist die Einstellung **Rohdaten** aktiviert, liefert das Messsystem bei Messanforderung die unkompensierten Daten des CCD zurück. Diese können gerade bei NIR-Laserstrahlung stark mit Messfehlern wie zum Beispiel dem Ausleserauschen „Smear-Effekt“ behaftet sein. Auch die aus diesen Daten generierten numerischen Strahldaten sind davon betroffen.

Ist als Betriebsmode **Untergrund** ausgewählt, werden beim Messen nur die Korrekturdaten übermittelt. Die Defaulteinstellung sollte hier aber immer der Mode **Messdaten** sein. Nur wenn dieser Mode eingestellt ist, kann das Messsystem belastbare Messwerte liefern.

### Integrationsdauer

Diese Funktion legt eine definierte Integrationsdauer fest. Hierzu muss zuerst der Optimizer deaktiviert werden, da sonst die Integrationsdauer vom Messgerät selbst optimiert und somit verändert wird. Auch diese Funktion findet hauptsächlich bei der Vermessung von gepulsten Lasersystemen Anwendung.

### Filterrad

Der zum Messen notwendige Filter ist abhängig von der Wellenlänge und der Intensität des zu messenden Laserstrahls und muss passend zu jeder Messaufgabe gewählt werden.

Passend ist der Filter dann, wenn innerhalb einer Kaustikmessung alle Messebenen mit einer Belichtungszeit zwischen 18 ms (-20 dB) und 0,18 ms (-60 dB) vermessen werden. Außerhalb dieser Grenzen sinkt das Signal-zu-Rauschverhältnis des CCD, so dass die Messgenauigkeit verringert wird.

### Wellenlänge

Aufgrund der wellenlängenabhängigen Gesamtvergrößerung des kamerabasierten Messgerätes muss vor jeder Messung geprüft werden, dass hier die richtige Auswahl getroffen wurde. Bei den hier angezeigten Wellenlängen handelt es sich um die Kalibrierpunkte des Messobjektivs. Aufgrund der achromatischen Eigenschaften der Messobjektive kann beispielsweise mit dem Kalibrierpunkt bei 1 064 nm in einem Wellenlängenbereich zwischen 1 030 und 1 100 nm gemessen werden, ohne dass signifikante Messfehler entstehen.

### Allgemeine Ablaufsteuerung

- Leeren der CCD-Register
- Wartepunkt in Zeile a (Zeile in dem der Phototransfer stattfindet) ansteuern; falls während Sub-Puls Trigger kommt, Zeile a wiederholen (- > KZW = KeinZeilenWechsel)
- Evtl. auf Trigger warten, dabei Zeile a wiederholen (KZW)
- Evtl. Delay abwarten, dabei Zeile a wiederholen (KZW)
- In Zeile a über SUB-Puls (- > Löschen der Ladung in den Photodioden) Wartepunkt ansteuern
- Integration – kein Takten (Schieben der Ladungen durch die Register) des CCD
- Takten beginnt wieder, wenige AD-Zyklen später: Phototransfer
- Auslesen der CCD-Register; bei passenden Adressen (= gewünschtes Pixel) wird Messwert an AD-Wandler weitergeleitet.

Die verschiedenen Signale, die auf den Transferausgang gelegt werden können, markieren bestimmte Zeitpunkte während der Ablaufsteuerung:

Transfer-Signale	Bedeutung
Do Transfer	Ist high, wenn das CCD in Zeile a am Wartepunkt steht (heißt so, weil in dieser Zeile auch der Phototransfer stattfindet – wenn er nicht gerade durch KZW unterdrückt wird).
Do Transfer & XEnde	Ein kurzer high-Puls, wenn wir das Ende der Zeile a erreichen.
Sub	Ist high, solange ein Sub-Puls läuft.
Start Done	Wird high, wenn das CCD bereit ist zur Integration (bzw. zum Warten auf Trigger), also in Zeile a am Wartepunkt steht. Wird erst wieder low, wenn das CCD ausgelesen ist. Die positive Flanke könnte man nutzen, um den Laser zu zünden.

Transfer-Signale	Bedeutung
Wait For Trigger	Wird high, wenn das CCD in Zeile a am Wartepunkt steht und auf Triggersignal wartet. Wird low, sobald der Trigger eintrifft und der Delay beginnt. Bei ungetriggertem Betrieb entsteht nur ein kurzer high-Puls. Könnte man, neben der Trigger out-Buchse, zur Überprüfung der Triggerung nutzen.
Integration Done	Wird high, sobald die Integration abgeschlossen ist. Wird wieder low, wenn das CCD ausgelesen ist.
Photo Cycle	Wird high, wenn das CCD bereit ist zur Integration. Wird low, sobald die Integration abgeschlossen ist. Bei ungetriggertem Betrieb gibt die high-Phase also genau die Integrationszeit wieder.

Tab. 13.5: Signale die auf den Transferausgang gelegt werden können

Weitere Informationen zum Menü *Messung > CCD Einstellung* finden Sie im Kapitel 24.3.5 auf Seite 113.

### 13.6.5 Optionen (nur für advanced User (Menü *Messung > Optionen*))

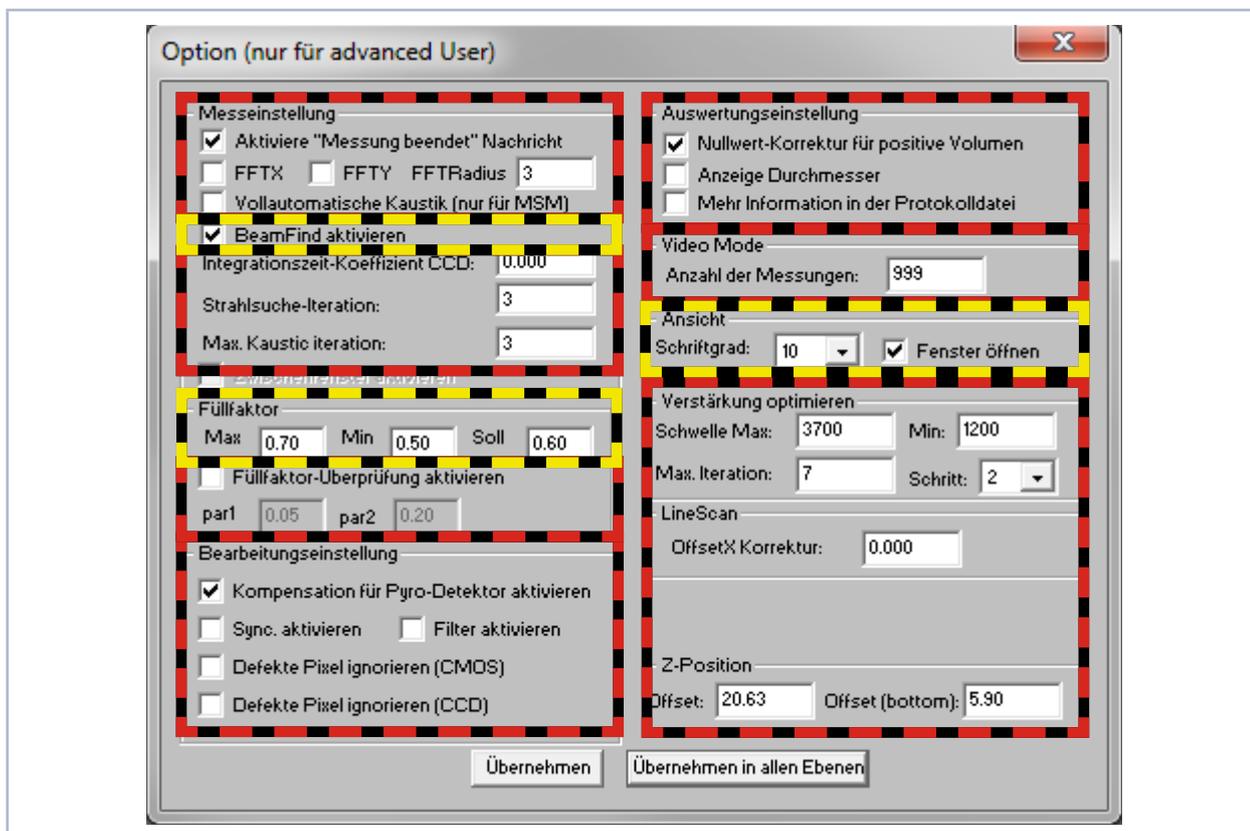


Abb. 13.7: Dialogfenster *Option*

#### BeamFind aktivieren

Die Funktion BeamFind wird bei Kaustikmessungen benötigt. Es handelt sich um einen Algorithmus, der über eine einstellbare Triggerschwelle das Messsignal von den Messartefakten (z. B. Rauschen) trennt und die Größe des Messfensters auf dieses Signal abstimmt. Dieser Algorithmus wird nur in der Strahlsuchebene (Dialogfenster *Kaustik*) ausgeführt. In allen anderen Messebenen wird die Messfenstergröße über den Füllfaktor bestimmt.

Deaktiviert man diese Funktion, muss dem Messsystem die Strahlsuchebene manuell „vorgemessen“ werden. Andernfalls kann es passieren, dass das Messsystem das Messfenster am Rand des Messbereichs positioniert, so dass kein Messsignal darin liegt. Eine sinnvolle Messung ist dann nicht mehr möglich. Schaltet man den BeamFind-Funktion ab und misst dem Messsystem die Strahlsuchebene vor jeder Kaustikmessung vor, kann man pro Kaustikmessung ca. 20 sec Messzeit einsparen.

Fazit: Diese Funktion sollte standardmäßig aktiviert sein, und nur von erfahrenen Usern deaktiviert werden. Das Abschalten dieser Funktion kann bei Kaustikmessungen die Messdauer um ca. 15 % verkürzen.

### Füllfaktor

Der Füllfaktor ist der Quotient aus dem Strahldurchmesser und der Seitenlänge des Messfensters. Solange das Messsignal nicht beschnitten wird und im Messergebnis keine Rauschanteile und kein Fehler in der Offsetbestimmung enthalten sind, hat der Füllfaktor keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit. Da aber jedes reale Messsignal mit Rauschen behaftet ist und da die Genauigkeit mit welcher der Nulllevel eines Messsignal bestimmt werden kann endlich ist, können zu kleine Füllfaktoren zu großen Messungenauigkeiten führen. Je nachdem wie groß das RMS-Rauschen und der Fehler in der Nulllevelbestimmung in einer Messebene sind, hat der für das rechnerisch bestmögliche Messergebnis optimale Füllfaktor einen anderen Wert. Für TopHat- und Gaußstrahlformige Laserstrahlen sollte der Füllfaktor zwischen 0,5 und 0,7 liegen. Weist ein Strahl jedoch Beugungsringe auf und sollen diese vollständig im Messfenster liegen, kann der optimale Wert für den Füllfaktor auch zwischen 0,5 und 0,6 liegen.

Standardmäßig sollte der Wert: „Max 0,7 Min 0,5 Soll 0,6“ eingestellt sein. Für stark deformierte Strahlen kann der Wert auf „Max 0,6 Min 0,4 Soll 0,5“ geändert werden.

### Schriftgrad

Hier kann die Schriftgröße für die wichtigsten Darstellungsfenster geändert werden. Werkseitig ist 10 Punkt eingestellt.

### Fenster öffnen

Bei aktivierter Fenster öffnen-Funktion werden beim Start der LaserDiagnosticsSoftware LDS einige grundlegende Fenster geöffnet. Ist dies nicht erwünscht, kann die Funktion deaktiviert werden.

### 13.6.6 CCD Geräteinfo (Menü *Messung* > *CCD Geräteinfo*)

Im Menü *Messung* > *CCD Geräteinfo* sind die wichtigsten Gerätedaten dargestellt. Man kann dort sowohl die Vergrößerungsdaten des Messobjektivs ablesen als auch prüfen, welcher Strahlweg geschaltet ist. Werden statt der tatsächlichen Vergrößerung offensichtliche Default-Werte (1:1) angezeigt, dann prüfen Sie bitte die Montage des Messobjektivs.

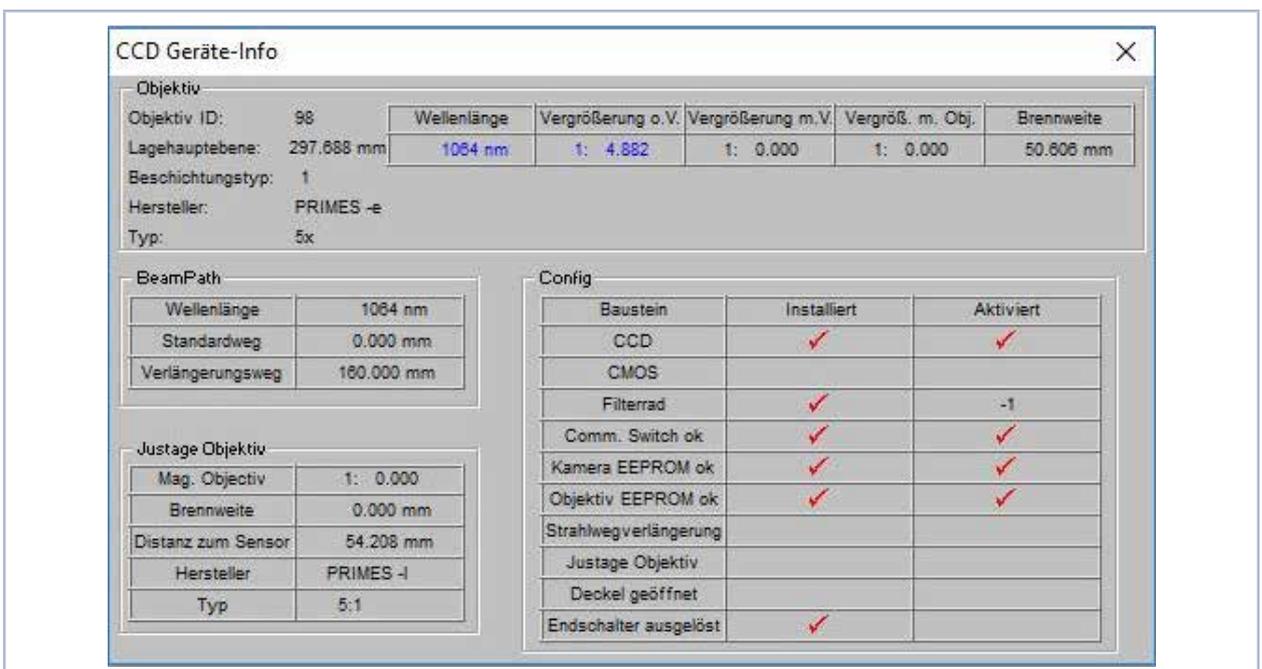


Abb. 13.8: Fenster *CCD Geräteinfo*

**13.6.7 Einzelmessung (Menü *Messung* > *Einzelmessung*)**

Dieser Menüpunkt dient dem Ausführen von Einzelmessungen. Die dazu notwendigen Einstellungen der Messfensterposition können manuell oder automatisch vorgenommen werden. Bei Geräten mit x- und y-Achsen ist der anfahrbare Messbereich von 2 mm x 2 mm sehr viel größer als das größte Messfenster. Es empfiehlt sich daher eine Strahlsuche manuell durchzuführen oder die **Scan**-Funktion zu benutzen.

Wird ein **Scan** ausgelöst, tastet der HP-MSM-HB automatisch den Messbereich ab. Ist ein Punkt maximaler Intensität ermittelbar, zoomt der HP-MSM-HB automatisch auf dieses Gebiet und passt die Messfenstergröße an. Besitzt das Gerät keine x- oder y-Achse, so kann zum automatischen Messen auch die **Strahlsuche**-Funktion verwendet werden.

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 geeigneter Größe und Position im Messfeld des Einzelmessungsfensters eingeblendet. Mit der Schaltfläche **Messung** kann dann der Strahl aufgenommen werden. Die Größe des Messfensters hängt von der Vergrößerung des Messobjektivs ab. Einflussgrößen sind hierbei Objektivtyp, die Wellenlänge und der Betriebsmode (Standard, Vergrößerungsobjektiv und Justage Mode).

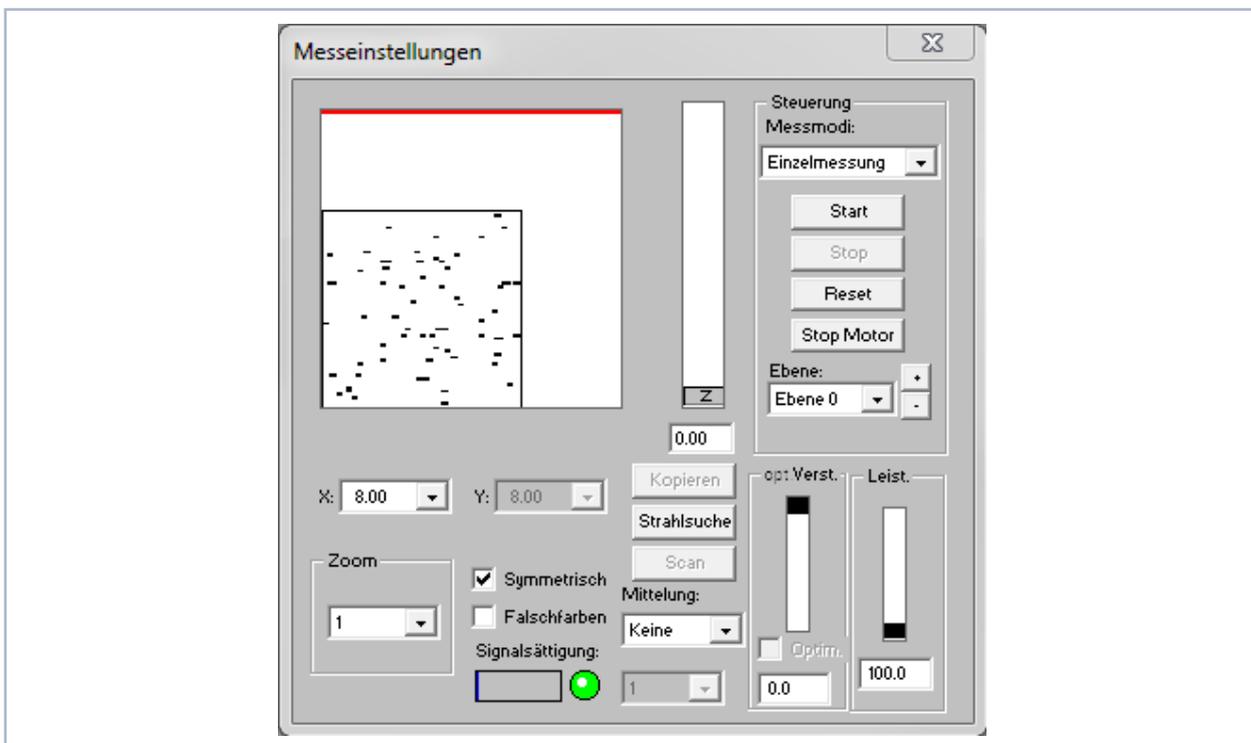


Abb. 13.9: Dialogfenster **Messeinstellungen**

Bei der manuellen Strahlsuche können Sie die Lage und die Größe des Messfensters innerhalb der mechanischen Grenzen selbst festlegen. Wählen Sie [x] für quadratische bzw. [x] und [y] für rechteckige Messfenster. Die Lage des Messfensters wird durch Anklicken und Verschieben des Rahmens mit der Maus verändert. Die Lage des Fensters in z-Richtung (Höhe) kann durch den z-Schieberegler oder über eine numerische Eingabe festgelegt werden. Die **Zoom**-Funktion ermöglicht eine Detailvergrößerung des Messbereichs.

Eine Messung wird mit der Schaltfläche **Start** gestartet. Der Messmodus **Monitor** startet eine fortlaufend wiederholende Messung mit aktuellen Einstellungen. Die Wiederholrate ist abhängig von der räumlichen Auflösung und der Art der Kommunikation PC - HP-MSM-HB.

Der Messmodus **VideoMode** funktioniert nur bei Ethernet-Kommunikation. Im **VideoMode** liefert der HP-MSM-HB ca. 4 Bilder pro Sekunde. Anders als der **Monitor**-Betrieb werden im **VideoMode** nur Rohdaten übermittelt.

Falls der Detektor bei einer Messung übersteuert (ersichtlich an der Farbe rot in der Anzeige zur **Signalsättigung** bzw. einem A/D-Wandlerwert von 4 095 in der Darstellung **Freie Schnitte**), ist es empfehlenswert, die Verstärkung mit dem Schieber **opt.Verst.** zu reduzieren und die Messung zu wiederholen. Der **VideoMode** wird hauptsächlich zur Justage verwendet.

Die eingestrahlte Leistung kann über den Schieberegler **Leist.** eingestellt werden. Der Referenzwert für den Schieberegler wird im Menü **Messung > Messumgebung** eingegeben. Die Berechnung der Leistungsdichten erfolgt bezogen auf die hier eingestellten Leistungswerte. In eine Messdatei können bis zu 50 Einzelmessungen aufgenommen werden. Das ist relevant für Vermessungen der Strahlkaustik sowie für Zeit- oder Leistungsreihen. Zwischen den einzelnen Messebenen kann hin- und hergeschaltet werden.

Die Schaltfläche **Kopieren** erlaubt die Übernahme der Messeinstellungen (Fenstergröße, -position, Leistung und Verstärkung) aus der jeweils vorhergehenden Messebene.

Über den Menüpunkt **Mittelung** werden die Ergebnisse einer einstellbaren Zahl von bis zu 10 Einzelmessungen gemittelt. Es stehen verschiedene Mittelungsalgorithmen bereit:

- **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.

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 den Balken angezeigt



Abb. 13.10: Anzeigefenster **Monitor**

Mit der Schaltfläche **Abbrechen** kann eine laufende Messung abgebrochen werden (das Verfahren der Z-Achse wird hierbei nicht unterbrochen). Wir empfehlen danach einen **Reset**-Zyklus auszulösen. Abbrechen beendet auch den **Monitor**-Betrieb. Mit der Schaltfläche **Stop** kann die Messung gestoppt werden. Danach sollte vor dem erneuten Messen zunächst ein **Reset**-Zyklus ausgelöst werden.

**13.6.8 Kaustikmessung (Menü *Messung* > *Kaustik*)**

Die Kaustikmessung ist eine Serienmessung, bei der die z-Position variiert wird. Ziel ist es, die Propagation in Ausbreitungsrichtung zu untersuchen. Die Ergebnisse werden in verschiedenen Ebenen abgelegt. Dabei wird jeder Messebene eine z-Position zugeordnet. Da sich über der z-Position der Messebene der Strahlradius und die Leistungsdichte verändern, kann von Ebene zu Ebene die Lage des Fensters, dessen Größe und die Signalverstärkung variieren. Für jede Messebene sind deshalb diese Parameter getrennt einstellbar.

Die Kaustikmessung kann sowohl manuell als auch automatisch durchgeführt werden. Für die automatische Messung werden ausgewählt:

- die minimale und maximale z-Position
- die Zahl der zu vermessenden Ebenen
- die Startebene für die Strahlsuche

Nach der Strahlsuche misst das System in äquidistanten Abständen den Strahl und bestimmt die Fokusslage, den Fokusradius und das Strahlparameterprodukt. Bei der manuellen Messung werden alle Parameter nach Einzelmessungen von Hand eingestellt. Danach ist eine Kaustikmessung - manuell - möglich. Die Messparameter können über den Menüpunkt **Datei > Messeinstellungen speichern** gespeichert und bei Bedarf wieder geladen werden.

**Kaustikmessung vorbereiten**

Bei der Ausrichtung des HP-MSM-HB sollte der Strahlfokus in der Mitte des Verfahrbereichs der z-Achse liegen. Je nach Gerätetyp sind das ca. 60 mm beim Standardgerät und 20 mm beim HP-MSM-HB 20 kW oberhalb der Nullposition der integrierten z-Achse. Global können eingestellt werden:

- die Leistung
- die Verstärkung
- die Zahl und die Art der Mittelung

Im Bereich von je 2 Rayleighlängen beiderseits des Fokus sollten minimal 10 Messebenen liegen. Mindestens 5 davon im Abstand von  $\pm 1$  Rayleighlänge um den Fokuspunkt.

Für eine normkonforme Messung gemäß ISO 11146 sollte minimal über 4 Rayleighlängen gemessen werden. Wir empfehlen über  $\pm 3$  Rayleighlängen in 21 Ebenen zu messen.

**Automatische Kaustikmessung (Menü *Messung* > *Kaustik* > *Automatik*)**

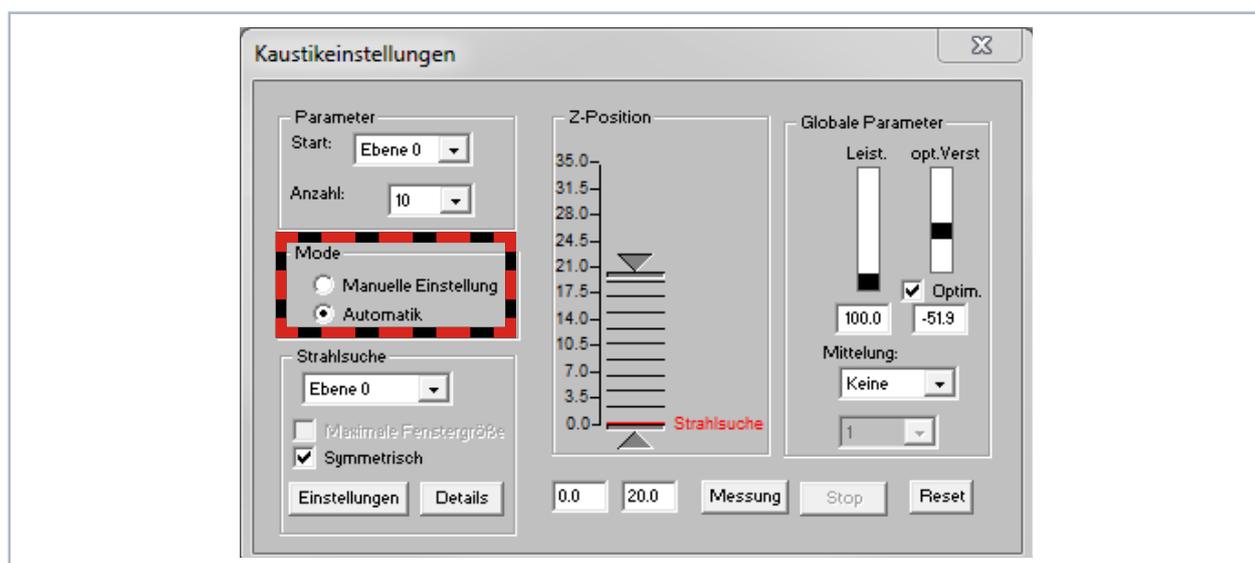


Abb. 13.11: Dialogfenster **Kaustikeinstellungen**

Bei der automatischen Kaustikmessung werden nur noch minimale und maximale z-Position sowie die Zahl der gewünschten Messebenen festgelegt. Der Messzyklus beginnt mit einer automatischen Strahlsuche in der ausgewählten Startebene. Die Strahlsuche erfolgt nur im Bereich des in der Startebene eingestellten Fensters.

Falls die Suchfenstergröße nicht das Maximalfenster (objektivabhängig) sein soll, so kann, nach dem das Kontrollkästchen **Maximale Fenstergröße** deaktiviert wurde, mit dem Menü **Einstellungen** die Fenstergröße angepasst werden. Der Menüpunkt **Details** erlaubt eine Einstellung der Strahlsuchparameter hinsichtlich räumlicher Auflösung, Schwellwerthöhe und minimaler Signalhöhe.



Soll die automatische Strahlsuche aus Zeitgründen entfallen, muss diese im Dialogfenster **Optionen** (Menü **Messung > Optionen**) (Kontrollkästchen **Beamfind aktivieren**) deaktiviert werden.

### Manuelle Kaustikmessung (Menü **Messung > Kaustik**) und (Menü **Messung > Einzelmessung**)

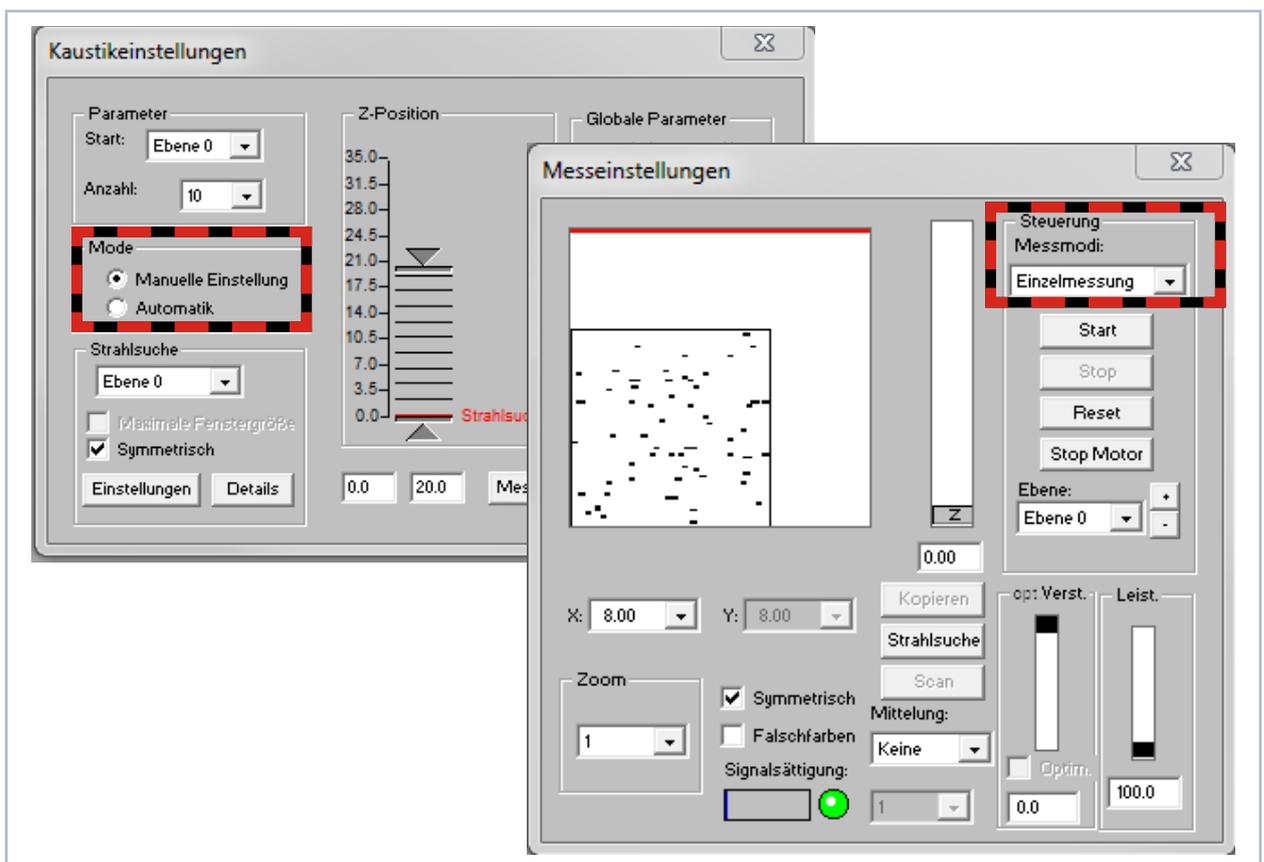


Abb. 13.12: Dialogfenster **Kaustikeinstellungen** und Dialogfenster **Messeinstellungen**

Die manuelle Kaustikmessung besteht aus einer Folge von Einzelmessungen in verschiedenen z-Positionen, wobei die Ergebnisse in jeweils einer eigenen Ebene gespeichert werden.



Die Startebene und die Anzahl der Messebenen müssen mit den Einstellungen im Einstellfenster **Messeinstellungen** übereinstimmen.

Für eine manuelle Kaustikmessung sind die folgenden Schritte notwendig:

1. Löschen Sie die alten Daten im Dialogfenster **Bearbeiten > Alle Ebenen löschen** oder erstellen Sie ein neues Dokument **Datei > Neu**.
2. Klicken Sie im Dialogfenster **Messung > Kaustik > Kaustikeinstellungen** auf **Manuelle Einstellung**.
3. Wählen Sie die erste Ebene im Dialogfenster **Messeinstellungen (Menü Messung > Einzelmessung)**.
4. Stellen Sie die z-Position im Dialogfenster **Messeinstellungen** ein.
5. Stellen Sie die Messfenstergröße und Position im Dialogfenster **Messeinstellungen** ein.
6. Führen Sie eine Messung in der eingestellten Ebene durch.
7. Wählen Sie die nächste Ebene an und beginnen Sie wieder bei Punkt 3.

Die Schritte 3. bis 6. werden ca. 10 bis 15 mal wiederholt.

**Eine Zeitreihe aufnehmen (Menü Messung > Einzelmessung)**

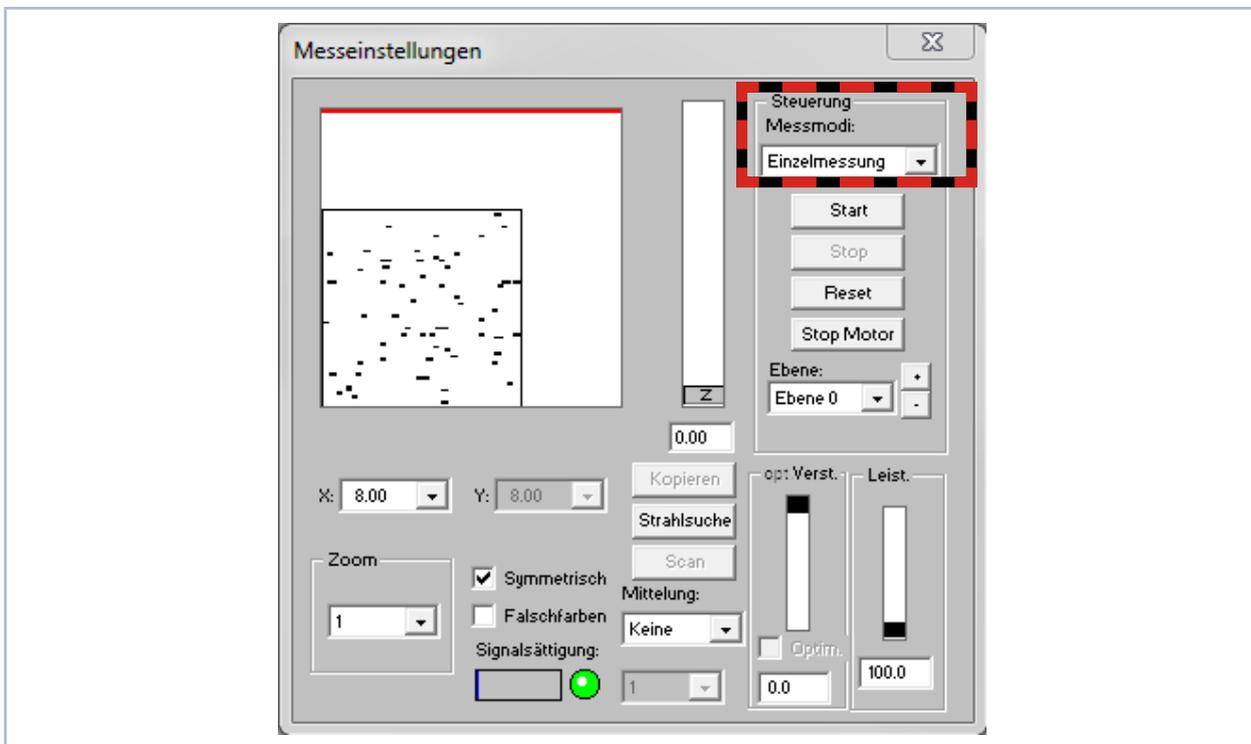


Abb. 13.13: Dialogfenster **Messeinstellungen**

Die Aufnahme einer Zeitreihe entspricht der einer manuellen Kaustikmessung jedoch mit gleichbleibender z-Position in allen Ebenen.

1. Löschen Sie die alten Daten im Dialogfenster **Bearbeiten > Alle Ebenen löschen** oder erstellen Sie ein neues Dokument **Datei > Neu**.
2. Wählen Sie die erste Ebene im Dialogfenster **Messeinstellungen (Menü Messung > Einzelmessung)**.
3. Stellen Sie die z-Position im Dialogfenster **Messeinstellungen** ein.
4. Stellen Sie die Messfenstergröße und Position im Dialogfenster **Messeinstellungen** ein.
5. Führen Sie eine Messung in der eingestellten Ebene durch.
6. Wählen Sie die nächste Ebene an und übernehmen Sie die Einstellungen mit der Schaltfläche **Kopieren**.

## 14 Fehleranalyse

### 14.1 Fehler während einer Messung

Es liegt entweder ein Fehler in der Datenübertragung vor, ein Prozessor im Messsystem ist abgestürzt oder während der Programmausführung ist ein Fehler aufgetreten. Versuchen Sie das System mit dem **Reset** Button in der LaserDiagnosticsSoftware LDS neu zu starten. Führt dies zu keinem Ergebnis schalten Sie die 24 V Spannungsversorgung für das Bussystem aus und wieder ein und lösen erneut einen „Reset“-Zyklus aus. Gegebenenfalls sollte der Computer neu gestartet werden.

#### **ACHTUNG**

**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes**

**Wird die Spannungsversorgung des HB-MSM-HB aus- und wieder eingeschaltet, so justiert sich das Gerät neu. Dadurch kann es passieren, dass der Laser das Gerät zerstört.**

- ▶ **Schalten Sie vor jedem Neustart des HP-MSM-HB den Laser aus.**

### 14.2 Kein Messsignal am HP-MSM-HB

Wenn außer einem Rauschpegel, beim HP-MSM-HB von typischerweise ca. 270 - 300 cts. (die aktuelle Zahl der „Counts“ kann im Menüpunkt **Darstellung > VariableSchnitte** abgelesen werden), kein Messsignal zu erkennen ist, prüfen Sie die Geräteposition. Gegebenenfalls ist es hilfreich das Justageobjektiv zuzuschalten. Neben einer falschen Positionierung kann auch eine zu hoch gewählte Abschwächung zu einem solchen Fall führen.

## 15 Wartung und Instandhaltung

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 kann das Wartungsintervall auch auf bis zu 24 Monate festgelegt werden.

Folgende Teile des HighBrilliance-Messobjektivs können im Rahmen einer Wartung gereinigt oder getauscht werden:

- Blende an der Strahleintrittsöffnung
- Schutzglas vor der Leistungsausgangsöffnung und
- Spiegel bzw. Strahlteiler im Messobjektiv

Die Blende an der Strahleintrittsöffnung kann ohne weitere vorbereitenden Maßnahmen gewechselt werden. Für den Schutzglas- bzw. Spiegelaustausch muss zuvor das Messobjektiv demontiert werden.

Bei dem Messobjektiv handelt es sich um ein hochwertiges, sehr empfindliches Bauteil, welches sehr leicht beschädigt werden kann. Bevor Sie das Messobjektiv demontieren, halten Sie Rücksprache mit PRIMES. Die Demontage des Messobjektivs darf nur von einer Fachkraft durchgeführt werden. Die Demontage sollte nach Möglichkeit in einem Reinraum erfolgen.

Beachten Sie in jedem Fall die folgenden Warnhinweise



#### **GEFAHR**

**Schwere Verletzungen der Augen oder der Haut durch Laserstrahlung**

**Ist das Schutzglas nicht korrekt eingelegt, kann durch Reflexion gerichtete Laserstrahlung entstehen.**

- ▶ **Achten Sie darauf, dass das neue Schutzglas plan in der Vertiefung des Schutzglashalters liegt.**

**ACHTUNG**

**Beschädigung/Zerstörung des Gerätes**

Verschmutzungen und Fingerabdrücke am Schutzglas / Strahlteiler können im Messbetrieb zur Beschädigung oder zum Zerspringen oder Splintern des Schutzglases führen.

- ▶ Wechseln Sie das Schutzglas / den Strahlteiler nur in staubfreier Umgebung.
- ▶ Tragen Sie beim Wechsel puderfreie Latexhandschuhe.

**15.1 Messobjektiv demontieren**

1. Spannungsversorgung ausschalten.
2. Kühlwasser- und Druckluftzufuhr abstellen.
3. Transportsicherung an der Strahleintrittsöffnung montieren.
4. Kühlwasserleitungen an den Schnellverschlusskupplungen trennen.
5. Druckluftschlauch vom Anschluss für Gehäuseespülung abziehen.
6. Befestigungsschrauben entfernen (Abb. 15.2)
7. Messobjektiv ausbauen.
8. Kühlwasser ablassen und Kühlwasserleitungen mit Druckluft ausblasen.
9. Messobjektiv trocknen und reinigen.

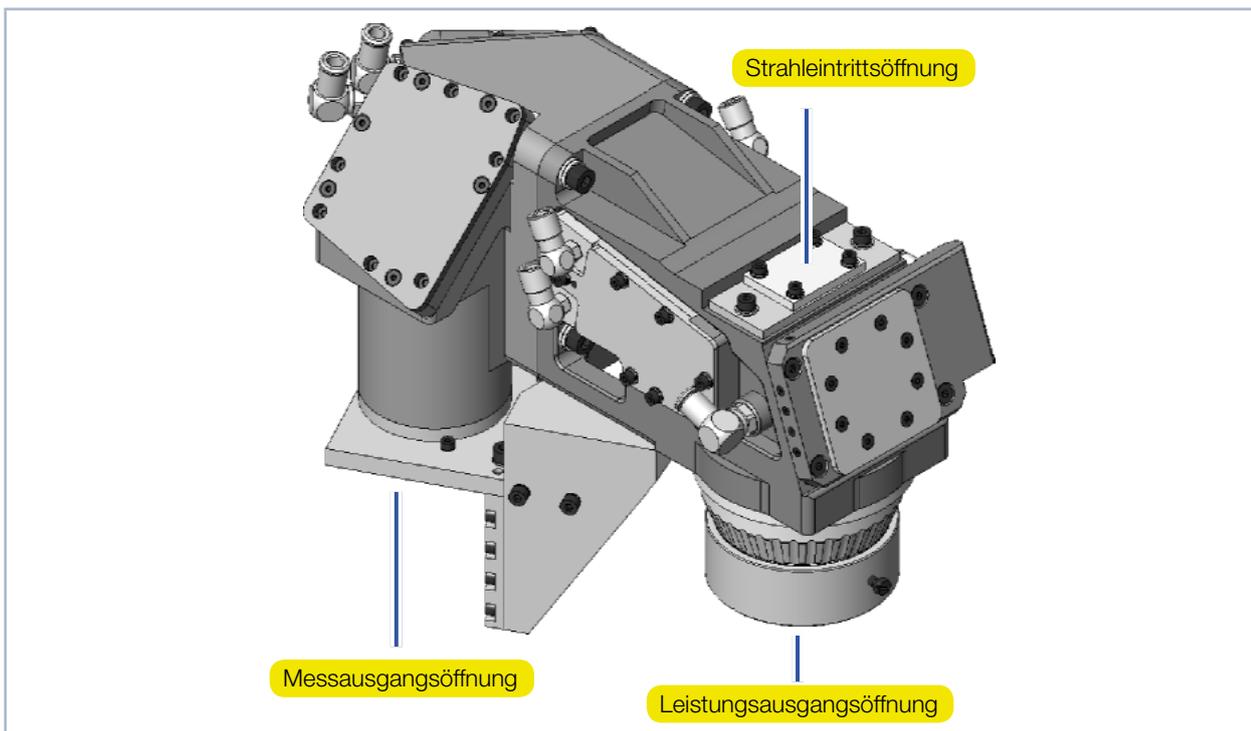


Abb. 15.1: Öffnungen am Messobjektiv



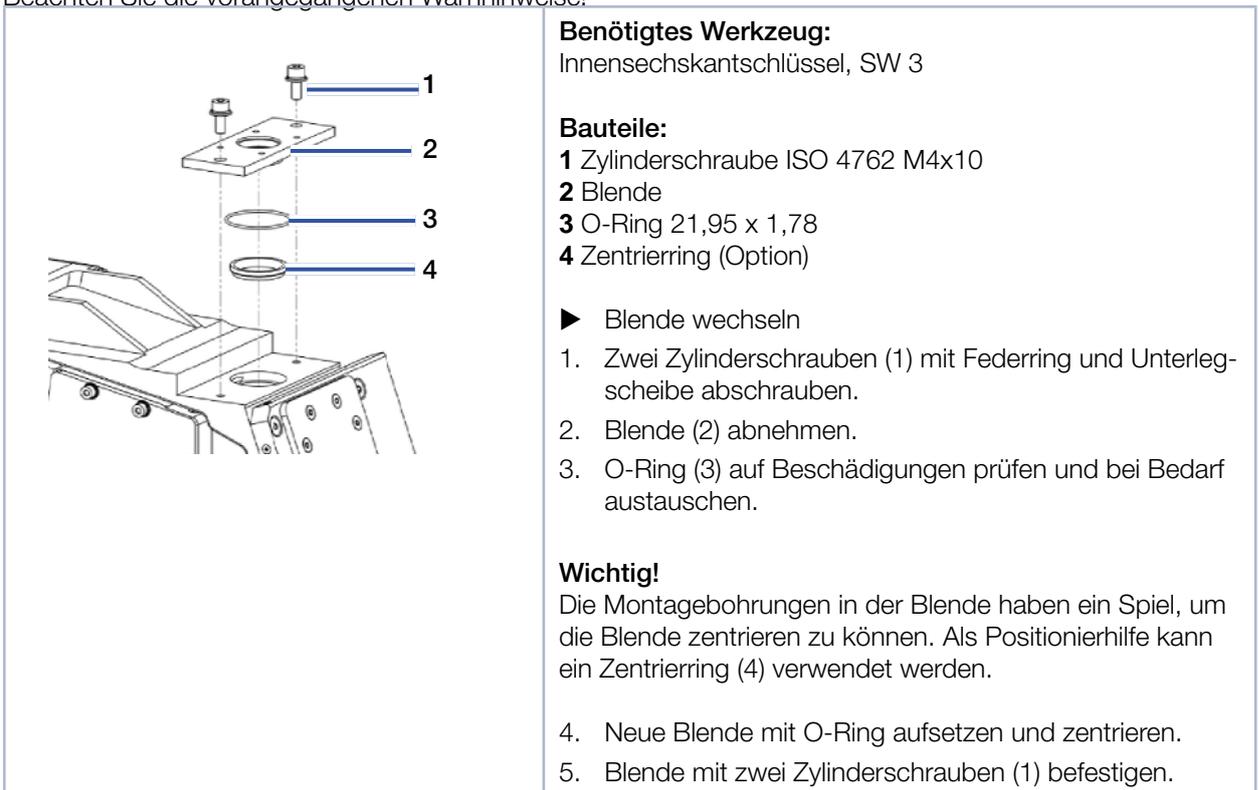
Das Objektiv wird mit drei Schrauben am Gerät befestigt. Die beiden Schrauben S1 und S2 (M3x16, SW 2,5 mm) benötigen Sie für die Befestigung des Objektivs auf der Geräteoberseite.

Eine weitere Schraube S3 (M5x15, SW 4 mm) fixiert die Stütze des Objektivs seitlich.

Abb. 15.2: Befestigungsschrauben am Messobjektiv

## 15.2 Blende an der Strahleintrittsöffnung wechseln

Beachten Sie die vorangegangenen Warnhinweise!



### Benötigtes Werkzeug:

Innensechskantschlüssel, SW 3

### Bauteile:

1 Zylinderschraube ISO 4762 M4x10

2 Blende

3 O-Ring 21,95 x 1,78

4 Zentrierring (Option)

### ► Blende wechseln

1. Zwei Zylinderschrauben (1) mit Federring und Unterlegscheibe abschrauben.
2. Blende (2) abnehmen.
3. O-Ring (3) auf Beschädigungen prüfen und bei Bedarf austauschen.

### Wichtig!

Die Montagebohrungen in der Blende haben ein Spiel, um die Blende zentrieren zu können. Als Positionierhilfe kann ein Zentrierring (4) verwendet werden.

4. Neue Blende mit O-Ring aufsetzen und zentrieren.
5. Blende mit zwei Zylinderschrauben (1) befestigen.

Abb. 15.3: Blende an der Strahleintrittsöffnung wechseln

### 15.3 Schutzglas vor der Leistungsausgangsöffnung wechseln

- Beachten Sie die Warnhinweise am Anfang dieses Kapitels!
- Halten Sie das neue Schutzglas frei von Verschmutzungen.
- Berühren Sie beim Einlegen nicht die Planflächen des Schutzglases.

Das Schutzglas schützt die dahinterliegenden optischen Elemente vor Verschmutzung. Ein verschmutztes Schutzglas beeinträchtigt nicht die Funktion des Messobjektivs. Allerdings kommt es durch die erhöhte Streuung des Laserlichts zu einer Erwärmung des Schutzglases und des Gehäuses bis hin zur Zerstörung des Schutzglases selbst. Dadurch können empfindliche optische Bauelemente im Messobjektiv beschädigt werden. Ein verschmutztes Schutzglas ist deshalb umgehend auszutauschen.

**Benötigtes Werkzeug:**  
Einschraubwerkzeug für Einschraubring, im Lieferumfang enthalten

**Bauteile:**

- 1 Schutzglashalter
- 2 Schutzglas
- 3 Schraubring
- 4 O-Ring 60,08 x 1,78
- 5 Nut für O-Ring (4)
- 6 Optiktubus

► Schutzglas wechseln

1. Schutzglashalter (1) vorsichtig abziehen.
2. O-Ring (4) in der Nut (5) auf Beschädigungen und festen Sitz prüfen, bei Bedarf austauschen.
3. Schraubring (3) mit dem Einschraubwerkzeug aus dem Schutzglashalter herausschrauben.
4. Schutzglas (2) aus dem Schutzglashalter herausnehmen und durch ein neues Schutzglas ersetzen.
5. Schraubring (3) wieder in den Schutzglashalter einschrauben.
6. Schutzglashalter wieder auf den Optiktubus (6) schieben.

Abb. 15.4: Schutzglas vor der Leistungsausgangsöffnung wechseln (am Bspiel eines 10 kW-Gerätes)

## 15.4 Strahlteiler austauschen

Beachten Sie die Warnhinweise am Anfang dieses Kapitels!

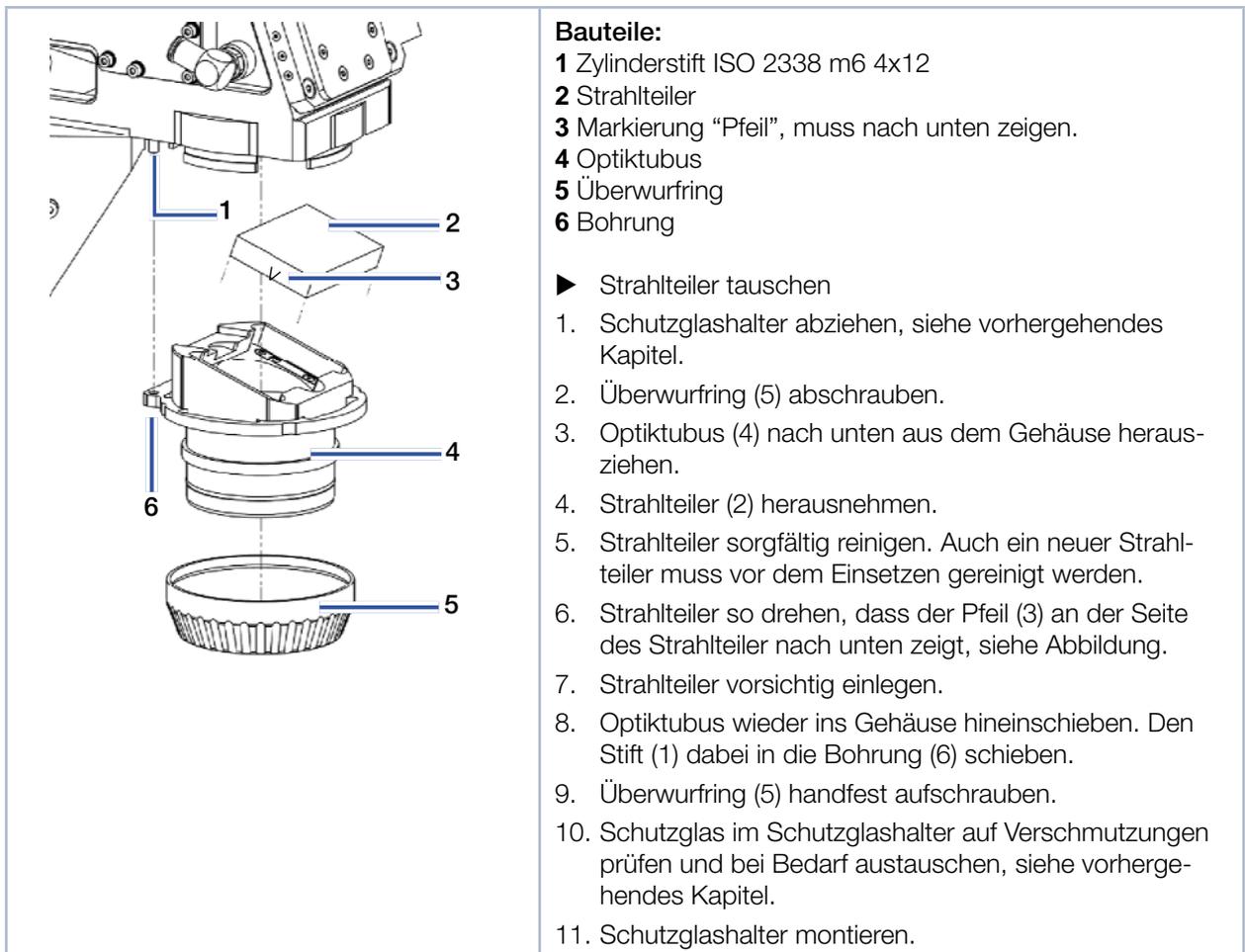
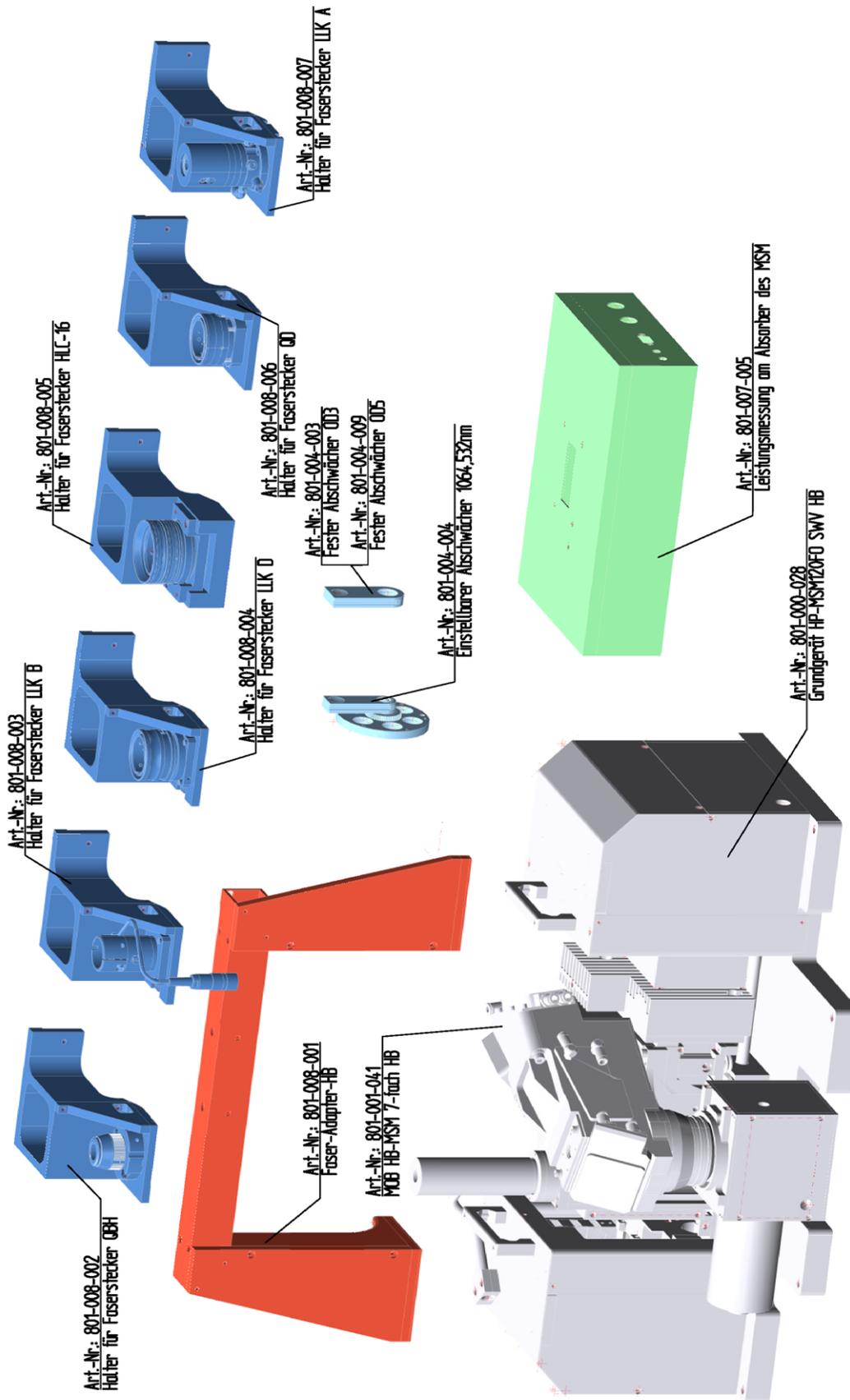


Abb. 15.5: Strahlteiler austauschen

16 Zubehör



## 17 Versand oder Lagerung

### ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung der optischen Komponenten durch Verschmutzungen oder harte Stöße

Verschmutzungen können die optischen Bauteile beschädigen oder zerstören. Durch harte Stöße oder Fallenlassen können die optischen Bauteile beschädigt werden.

- ▶ Das Gerät darf nur mit montierter Transportsicherung transportiert werden.
- ▶ Um Verunreinigungen zu vermeiden, verschließen Sie bitte die Apertur mit der mitgelieferten Apertursicherung oder optischem Klebeband.
- ▶ Lagern Sie das Gerät im originalen PRIMES-Transportkoffer.

Bitte beachten Sie vor einer Lagerung:

### ACHTUNG

Beschädigung/Zerstörung des Gerätes durch austretendes oder gefrierendes Kühlwasser

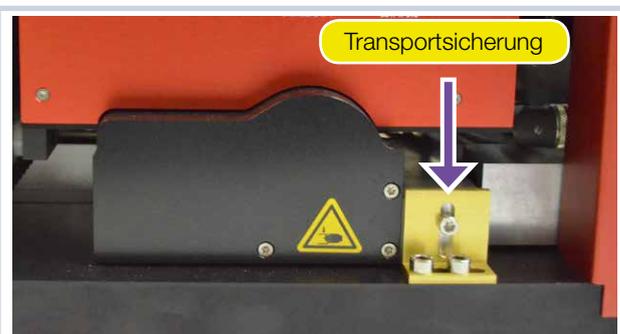
Auslaufendes Kühlwasser kann das Gerät beschädigen. Die Lagerung des Gerätes bei Temperaturen nahe oder unter dem Gefrierpunkt und nicht vollständig entleertem Kühlkreis kann zu Geräteschäden führen.

- ▶ Entleeren Sie das Leitungssystem des Kühlkreises vollständig.
- ▶ Verwenden Sie zum Entleeren des PowerLossMonitor-Kühlkreises keine Druckluft. Beim HP-MSM-HB können Sie zum Entleeren jedoch gerne Druckluft verwenden.
- ▶ Auch wenn das Leitungssystem des Kühlkreises entleert wurde, verbleibt immer eine geringe Menge Restwasser im Gerät. Dieses kann austreten und ins Geräteinnere gelangen. Verschließen Sie die Anschlussstecker des Kühlkreislaufs mit den beiliegenden Verschlussstopfen.
- ▶ Lagern Sie das Gerät im originalen PRIMES-Transportkoffer.

### 17.1 Transportsicherung montieren

Die Transportsicherung fixiert die Kamerakassette auf der Grundplatte des Gerätes und verhindert eine Dejustage der Achsen durch mechanische Einflüsse. Die Dejustage der Kamerakassette hat direkten Einfluss auf die Justage der Fasermessbrücke.

- ▶ Transportsicherung montiere
  1. Gerät per Software (LDS) in die Parkposition fahren (Menü: *Darstellung->Position->In Parkposition fahren*).
  2. Transportsicherung mit drei Zylinderkopfschrauben M4x10 montieren.

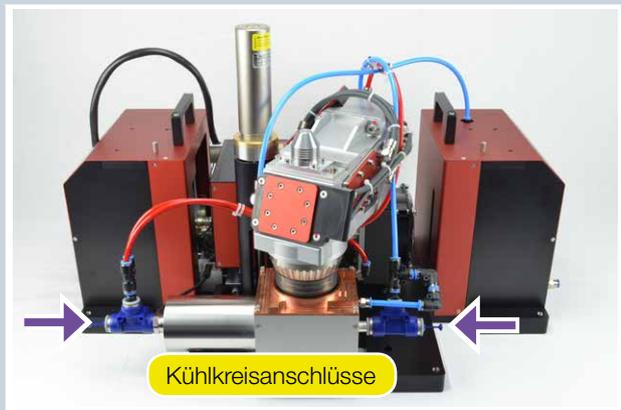


### 17.2 Kühlkreis des HP-MSM-HB entleeren

Der Kühlkreislauf des HP-MSM-HB muss vollständig entleert werden. Eine Lagerung oder Transport bei Temperaturen nahe oder unter dem Gefrierpunkt und nicht vollständig entleertem Kühlkreis kann durch Eisbildung zu Geräteschäden führen.

- ▶ Kühlkreis vollständig entleeren.

Zum Entleeren des Kühlkreises des HP-MSM-HB können Sie Druckluft verwenden.

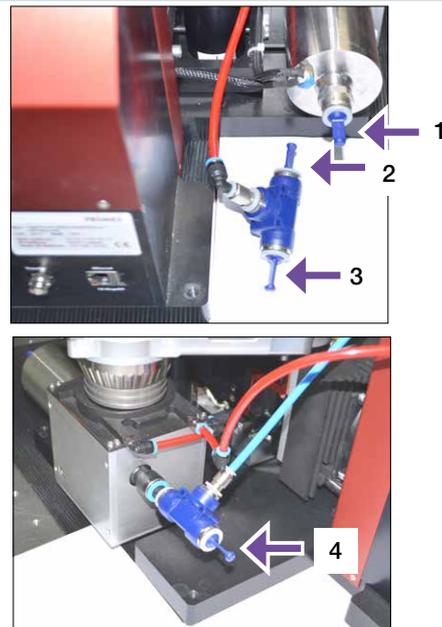


### 17.3 Kühlkreis des HP-MSM-HB verschließen

Auch wenn das Leitungssystem des Kühlkreises entleert wurde, verbleibt immer eine geringe Menge Restwasser im Gerät. Dieses kann beim Transport austreten und elektronische sowie mechanische Komponenten beschädigen.

- ▶ Kühlkreisanschlüsse mit den beigelegten Stopfen verschließen.

Insgesamt werden 4 Stopfen mit 12 mm Außendurchmesser benötigt.



## 17.4 Kühlkreis des PowerLossMonitor entleeren

Falls Sie zusätzlich zwecks Leistungsmessung einen PLM im Einsatz haben und diesen ebenfalls lagern oder transportieren möchten, so muss auch der Kühlkreislauf des PLM vollständig entleert werden. Eine Lagerung oder Transport bei Temperaturen nahe oder unter dem Gefrierpunkt und nicht vollständig entleertem Kühlkreis kann durch Eisbildung zu Geräteschäden führen.

### ACHTUNG

**Beschädigungsgefahr der Turbine**

**Die Turbine für die Durchflussmessung ist nicht für hohe Drehzahlen ausgelegt**

- ▶ **Verwenden Sie zum Entleeren des Kühlkreises keine Druckluft!**

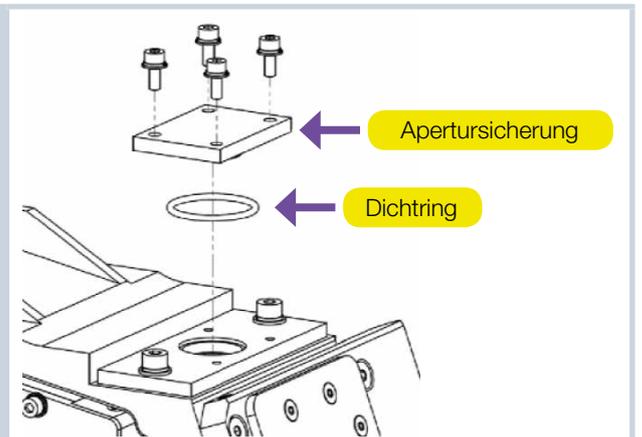
1. Kühlkreisleitungen entfernen.
2. Das Gerät vollständig entleeren.
3. Kühlkreisanschlüsse mit den beigelegten Stopfen verschließen.



## 17.5 Apertur des HB-Objektives verschließen

Das magnetisch gehaltene Einrichtwerkzeug kann beim Versand herunterfallen. Dadurch könnte Schmutz ins Objektiv gelangen. Das Objektiv des HP-MSM-HB muss deshalb für den Versand mit der beigelegten schwarzen Apertursicherung verschlossen werden.

1. Druckluft einschalten.
2. Einrichtwerkzeug entfernen.
3. Zyklon demontieren.
4. Apertursicherung mit 4 Zylinderkopfschrauben M3x8 und Dichtring montieren.
5. Druckluft ausschalten.

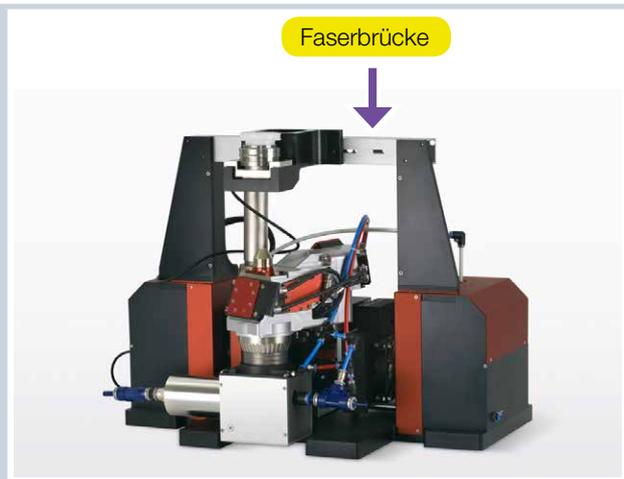


## 17.6 Gerät verpacken

1. Verpacken Sie das Gerät vollständig in einer Plastikfolie, damit keine Partikel der Kofferpolsterung anhaften können.
2. Legen Sie das verpackte Gerät in den PRIMES-Transportkoffer und verschließen Sie den Deckel mit allen vorhandenen Spannverschlüssen. Alle Zubehörteile müssen vollständig beigelegt werden.

Die zum Gerät gehörende Faserbrücke muss beim Versand zu jedem Service zwingend beigelegt werden. Bei mechanischen Arbeiten am HP-MSM-HB kann ansonsten nicht für die korrekte Justage der Brücke zum Gerät garantiert werden.

1. Faserbrücke demontieren.
2. Faserbrücke separat verpacken.



## 18 Maßnahmen zur Produktentsorgung

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.

## 19 Konformitätserklärung

**Original-EG-Konformitätserklärung**

Der Hersteller: PRIMES GmbH, Max-Planck-Straße 2, 64319 Pfungstadt  
erklärt hiermit, dass das Gerät mit der Bezeichnung:

**MicroSpotMonitor (MSM)**

**Typen: MSM 35; MSM 120; HP-MSM; HP-MSM-HB**

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, 2.Mai 2018

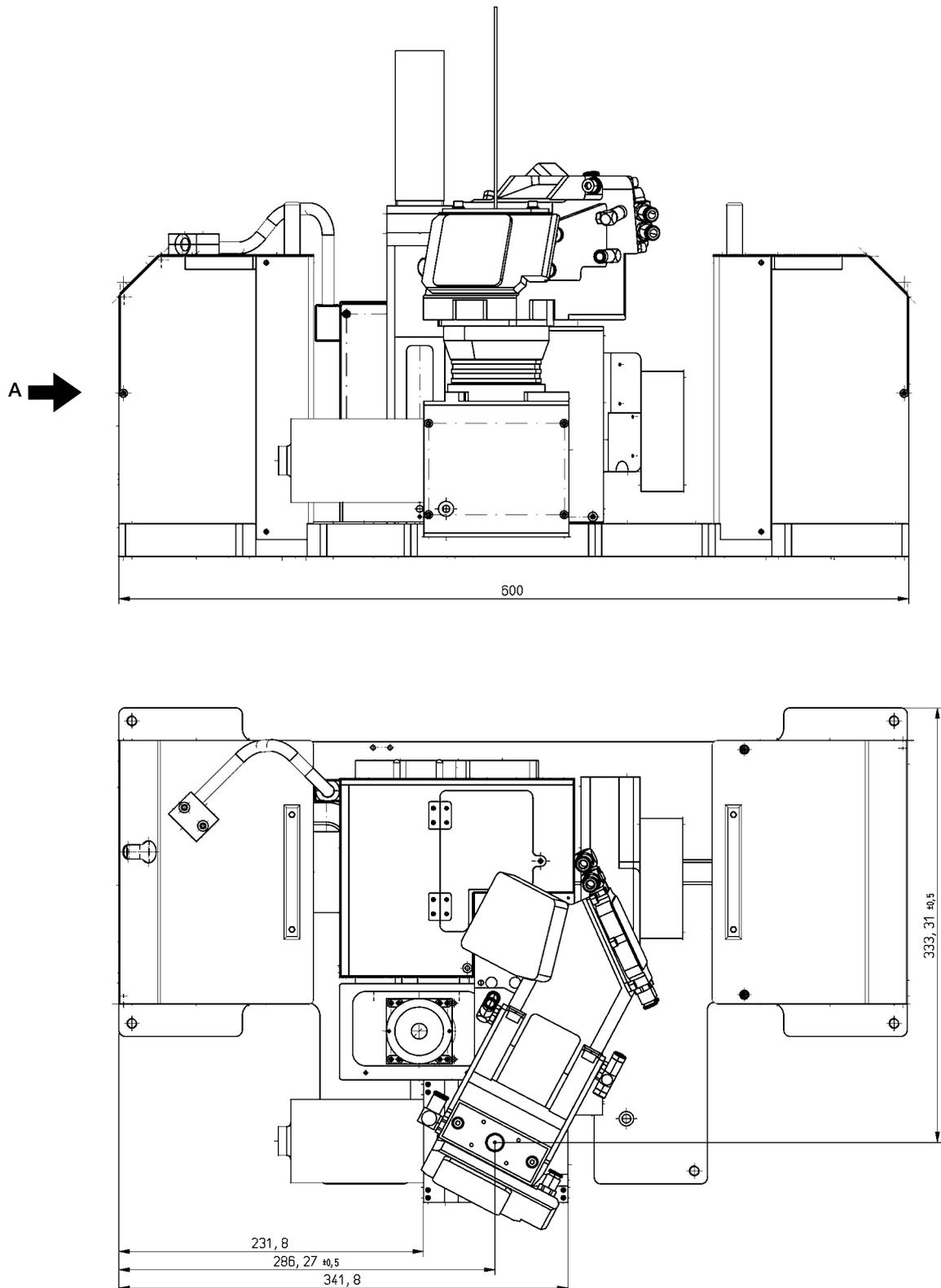
  
Dr. Reinhard Kramer, Geschäftsführer

## 20 Technische Daten

	HP-MSM-HB	HP-MSM-HB 20 kW
<b>Kenndaten Messung</b>		
Max. mittlere Leistung		
Singlemode	5 kW	10 kW
Multimode	10 kW	20 kW
Strahldurchmesser	20 µm... 1000 µm	
Wellenlängenbereich	1000 nm...1100 nm	
Zulässiger Wellenlängenbereich des Laserlichts	1025 nm- 1080 nm	
Zulässiger Messbereich	± 3z <sub>R</sub>	
Design-Wellenlänge	1064 nm	
Vergrößerung	4,5	
Max. Eingangs-NA	0,11	
Max. Energiedichte an der 1. optischen Oberfläche bei 10 ns	auf Anfrage	
Max. Leistungsdichte an der 1. optischen Oberfläche (im cw-Betrieb)	auf Anfrage	
Max. Verfahrweg	120 mm	40 mm
Max. Verfahrbereich mit Faserbrücke	siehe Tab. 13.1 auf Seite 50	siehe Tab. 13.1 auf Seite 50
<b>Versorgungsdaten</b>		
Versorgungsspannung, DC	24 V ± 5 %	
Maximale Stromaufnahme	1,8 A	
im Standby-Betrieb	0,4 A	
Kühlwasserdurchfluss, min.	0,7 l/min/kW	
Kühlwassertemperatur T <sub>in</sub> <sup>1)</sup>	Taupunkttemperatur < T <sub>in</sub> < 30 °C	
Maximaler Wasserdruck am Geräteeingang	< 5 bar	4 bar... 5 bar
Druckluftk	0,5 bar bis 1,0 bar	
Maximaler Druck	2 bar	
Spezifikation der Druckluft für den Zyklon gemäß ISO 8573-1: 2010	6:4:4	
<b>Kommunikation</b>		
Ethernet	100 Mbit/s	
PRIMES-Bus (RS485)		
Sicherheitskreis (Interlock)		
<b>Maße und Gewichte</b>		
L x B x H (in mm; ohne Kabel und Stecker)	600 x 401 x 388	727 x 400 x 385
Gewicht, ca.	35 kg	42 kg
<b>Umgebungsbedingungen</b>		
Gebrauchstemperaturbereich	+15 °C ... +40 °C	
Lagerungstemperaturbereich	+5 °C ... +50 °C	
Referenztemperatur	+ 22 °C	
Zulässige relative Luftfeuchte (nicht kondensierend)	80 %	

## 21 Abmessungen

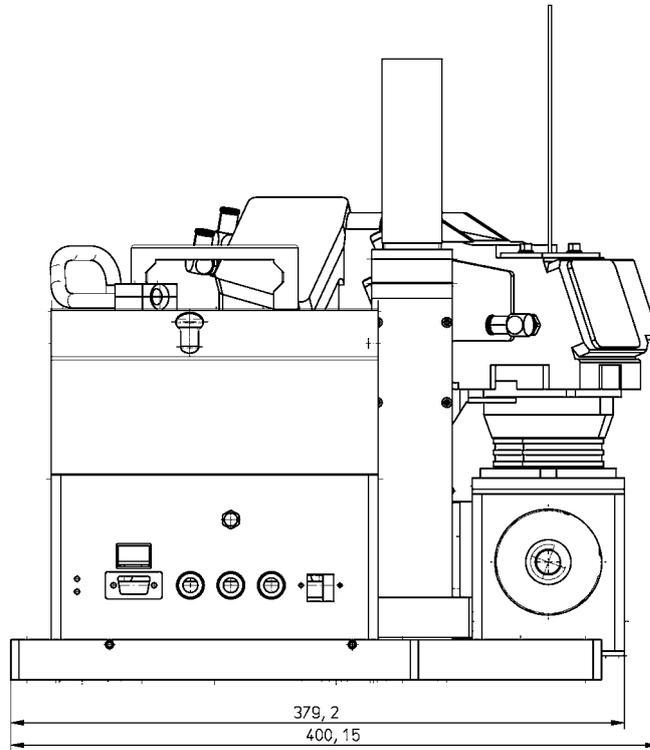
### 21.1 Hauptabmessungen des HP-MSM-HB



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

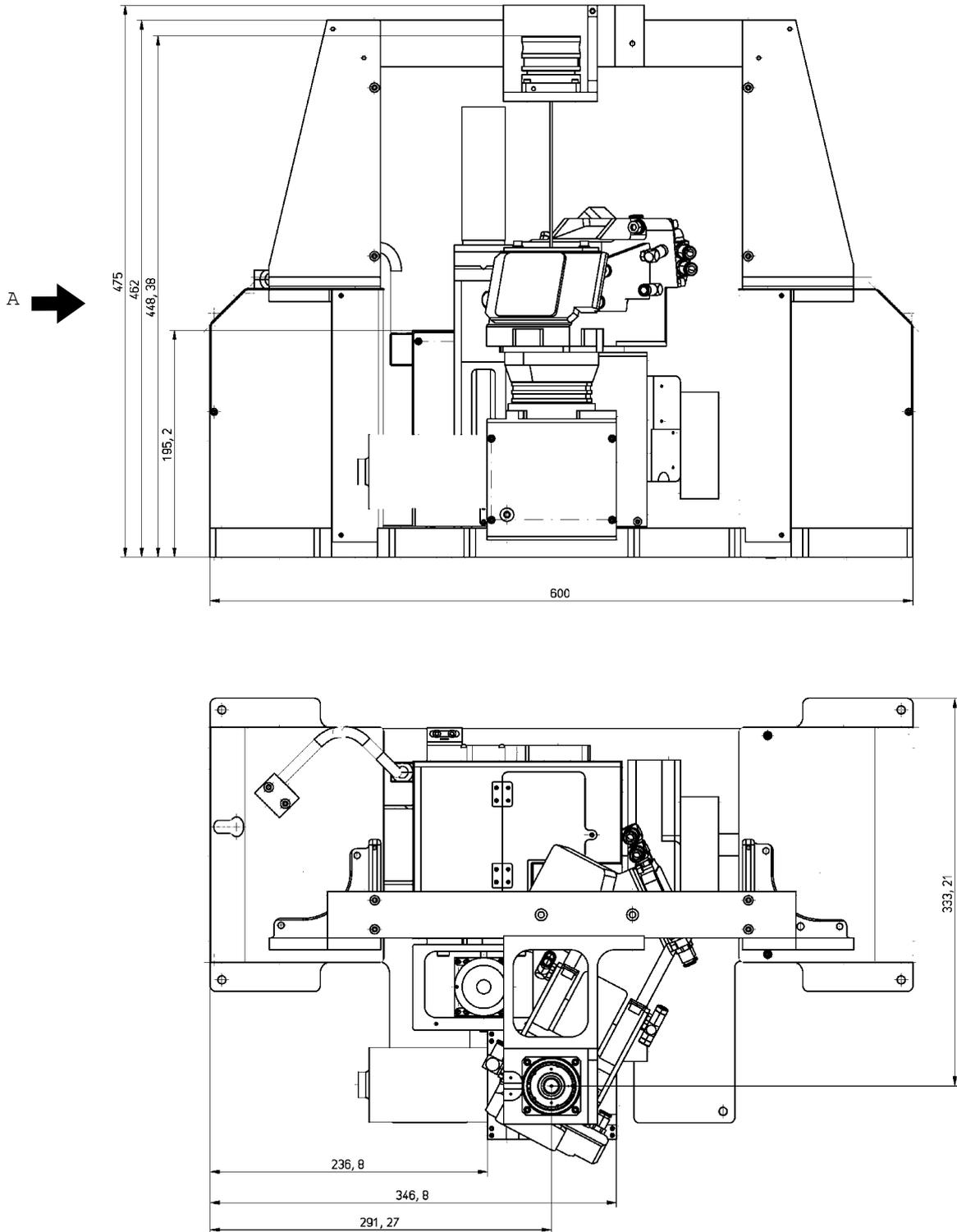
Hauptabmessungen des HP-MSM-HB (Fortsetzung)

Ansicht A



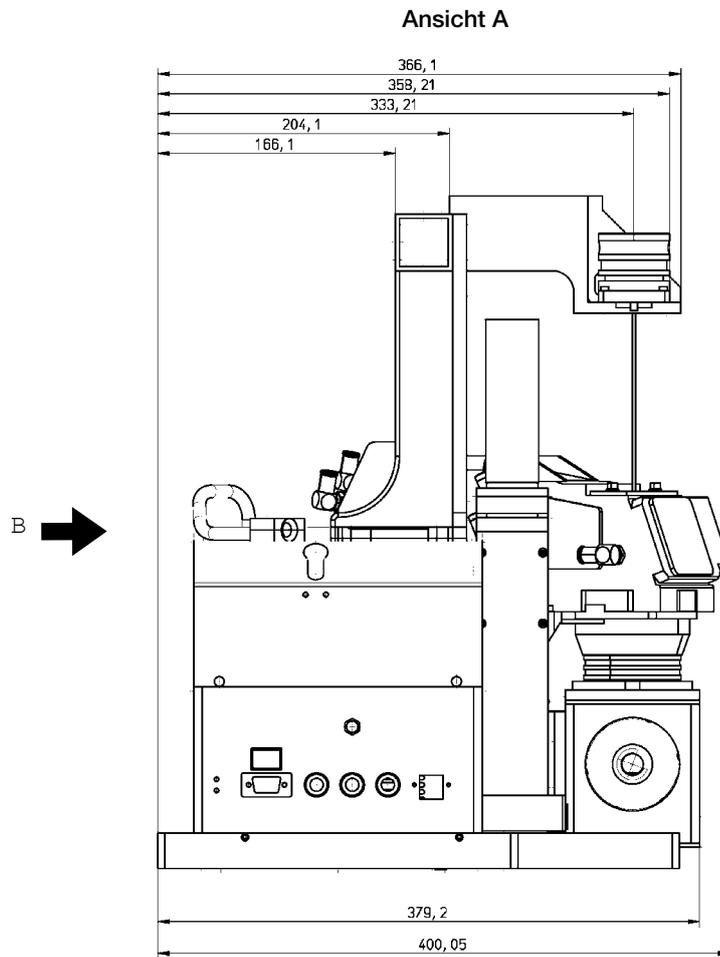
Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

21.2 Hauptabmessungen des HP-MSM-HB mit Faserbrücke



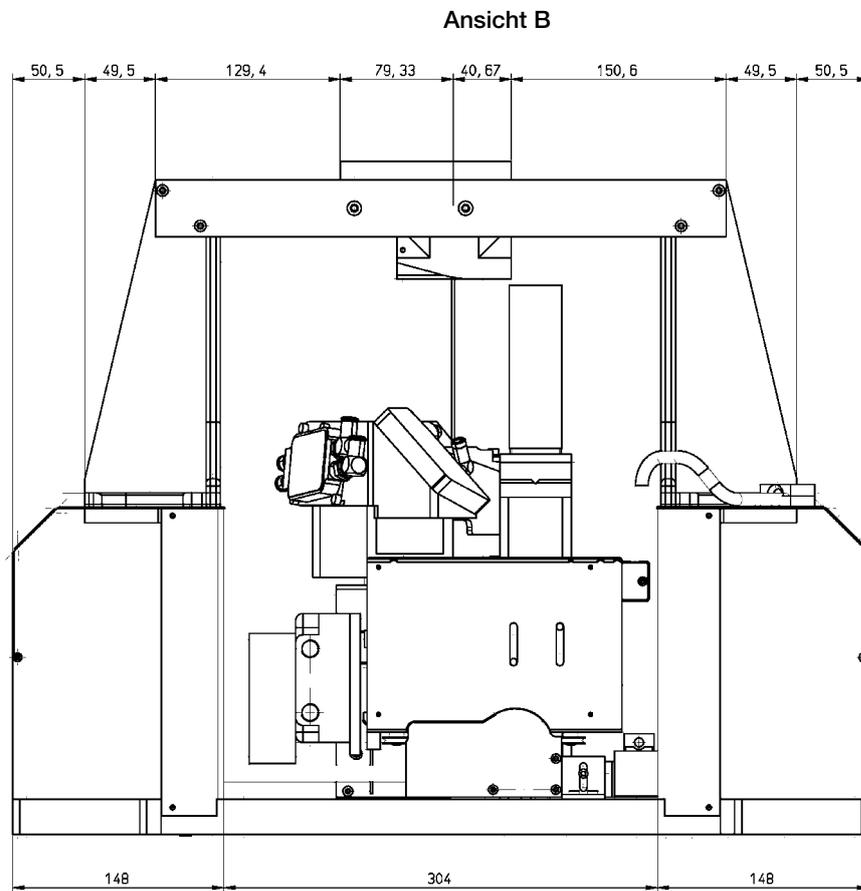
Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

Hauptabmessungen des HP-MSM-HB mit Faserbrücke (Fortsetzung)



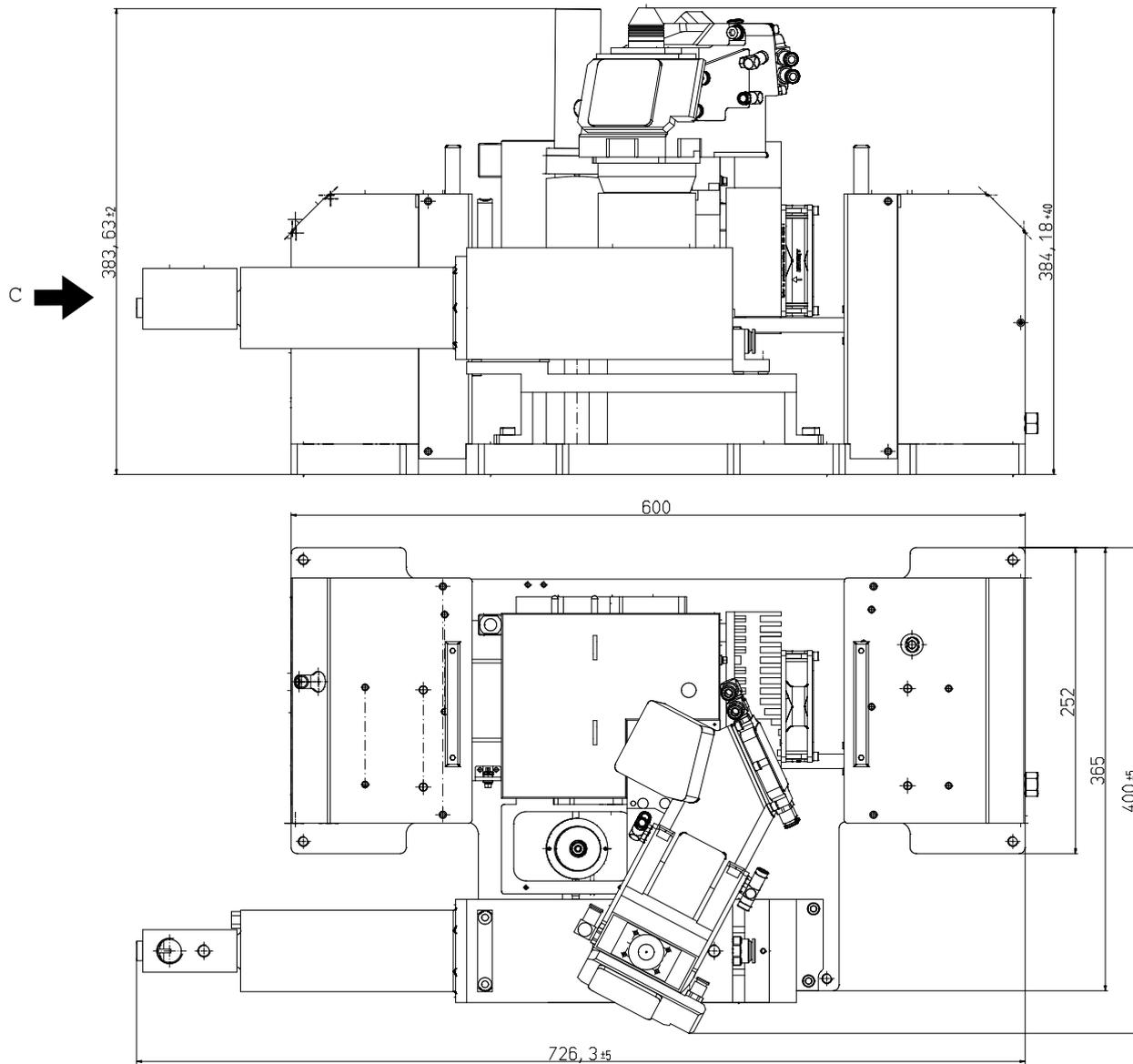
Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

Hauptabmessungen des HP-MSM-HB mit Faserbrücke (Fortsetzung)



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

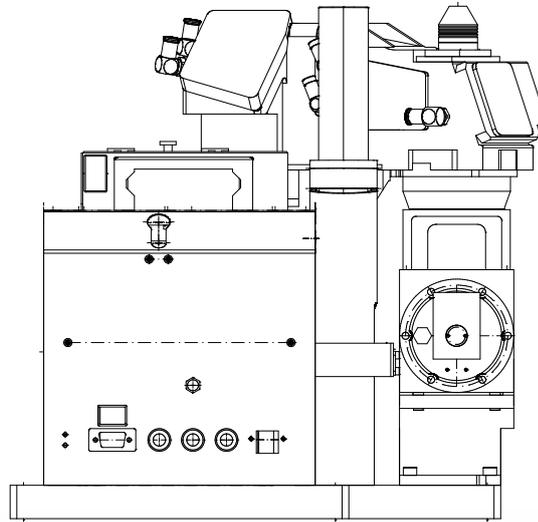
21.3 Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

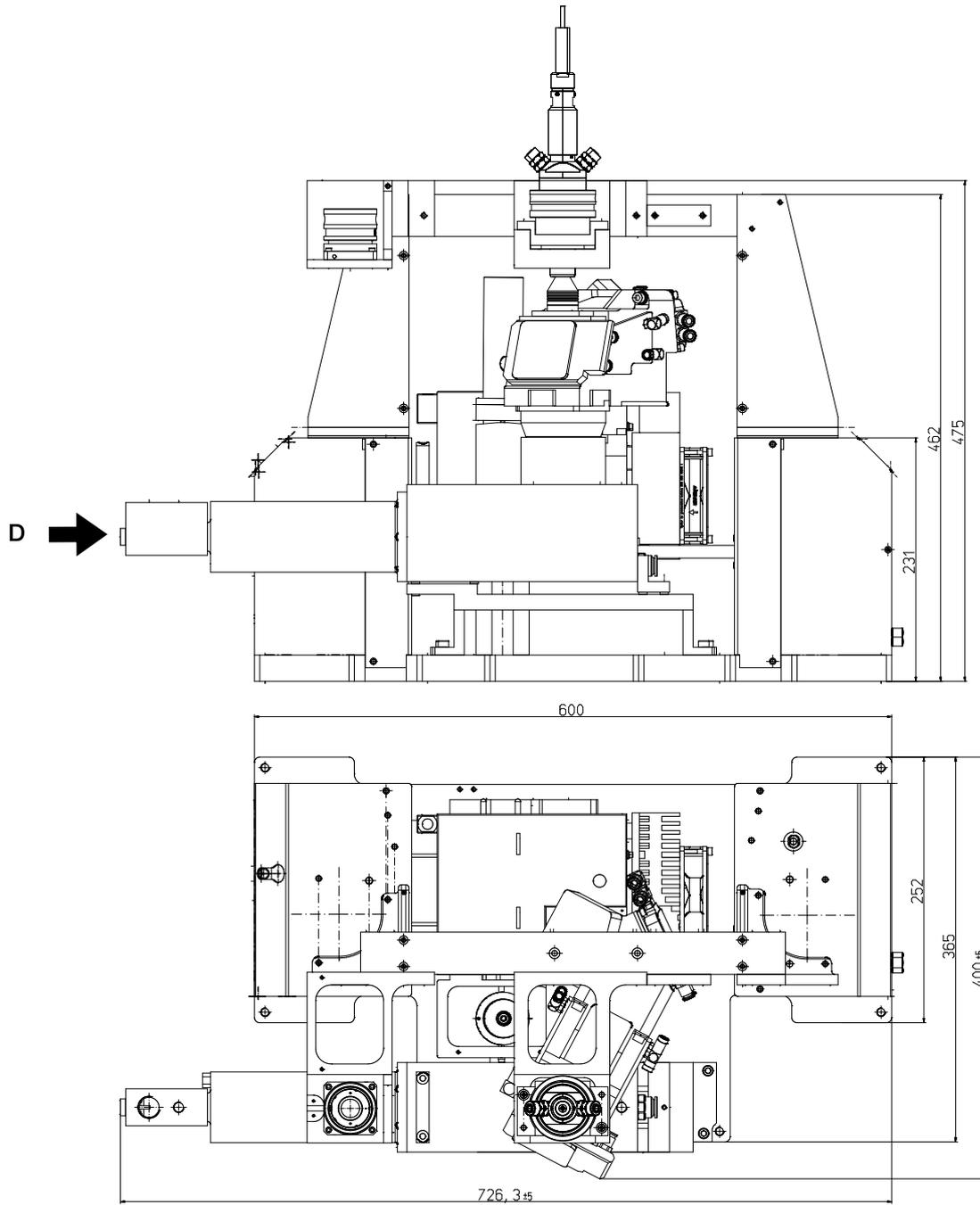
Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW, Fortsetzung)

Ansicht C



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

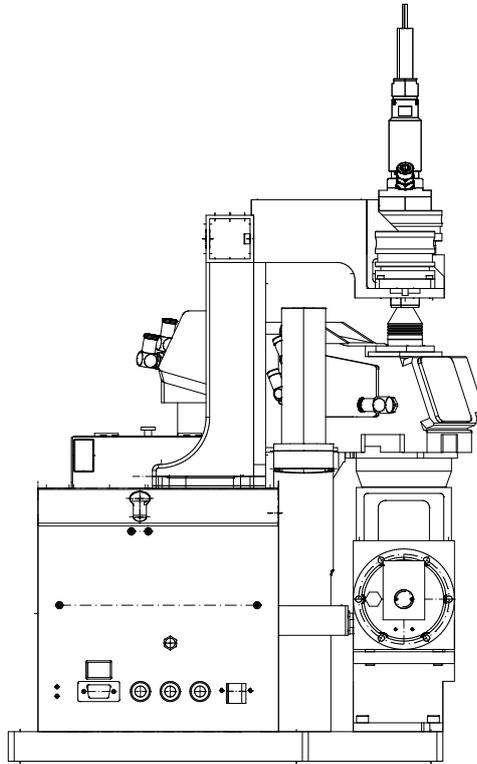
21.4 Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW mit Faserbrücke



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

Hauptabmessungen des HP-MSM-HB 20 kW mit Faserbrücke (Fortsetzung)

Ansicht D



Alle Angaben in mm (Allgemeintoleranz ISO 2768-v)

## 22 Anhang A:

### 22.1 Leistungsmessung mit dem PLM am HP-MSM-HB

Der PowerLossMonitor PLM ist ein System zur Bestimmung von Leistungsverlusten speziell an wassergekühlten optischen Komponenten. Das System ermittelt die Durchflussrate sowie die Temperaturerhöhung des Kühlmittels zwischen Ein- und Auslass. Basierend auf diesen Daten wird die absorbierte Leistung ermittelt.

#### **Wasseranschlüsse**

Beim HP-MSM-HB wird mit dem PLM der Leistungsverlust im wassergekühlten Absorber gemessen. Schließen Sie dafür den PLM in die Wasserzufuhr zum HP-MSM-HB; Das kalte Wasser fließt durch den PLM und von dort aus zum HP-MSM-HB. Das heiße Wasser fließt direkt zurück zur Kühlung.



Die Längen dieser Schläuche haben einen Einfluss auf die Zeitkonstanten des Messgerätes. Verwenden Sie nur die mitgelieferten Schläuche!

---

#### **Temperaturfühler**

Befestigen Sie den Temperaturfühler (schwarzes Kabel) am PLM und an dem zweiten T-Stück im Wasser rücklauf.

#### **Interlockanschluss**

Der PLM hat zwei Interlock Verbindungen:

- Ein Kabel verbindet den PLM mit dem HP-MSM-HB
- Das andere Kabel führt zum Laser (Safety SPS oder Emergency off)

Beide Verbindungen sind intern verbunden und können vertauscht werden.

## 22.2 Messen von gepulster Laserstrahlung

Der CCD-Sensor des MicroSpotMonitor MSM besitzt eine Dynamik von 55 dB. Um diese zu erweitern wurde eine Integrationszeitsteuerung implementiert. Die Integrationszeit kann zwischen 12  $\mu$ s und 186 ms frei gewählt werden.

Ist im Dialogfenster **Einzelmessung** bzw. **Kaustikmessung** die Funktion **Optim.** (Optimize) aktiviert, bestimmt die LaserDiagnosticsSoftware LDS automatisch – über eine Reihe von Vormessungen – bei welcher Integrationszeit das Ausgangssignal eines Pixel des Arrays übersteuert ist. Die optimale Integrationszeit liegt dann ein wenig darunter.

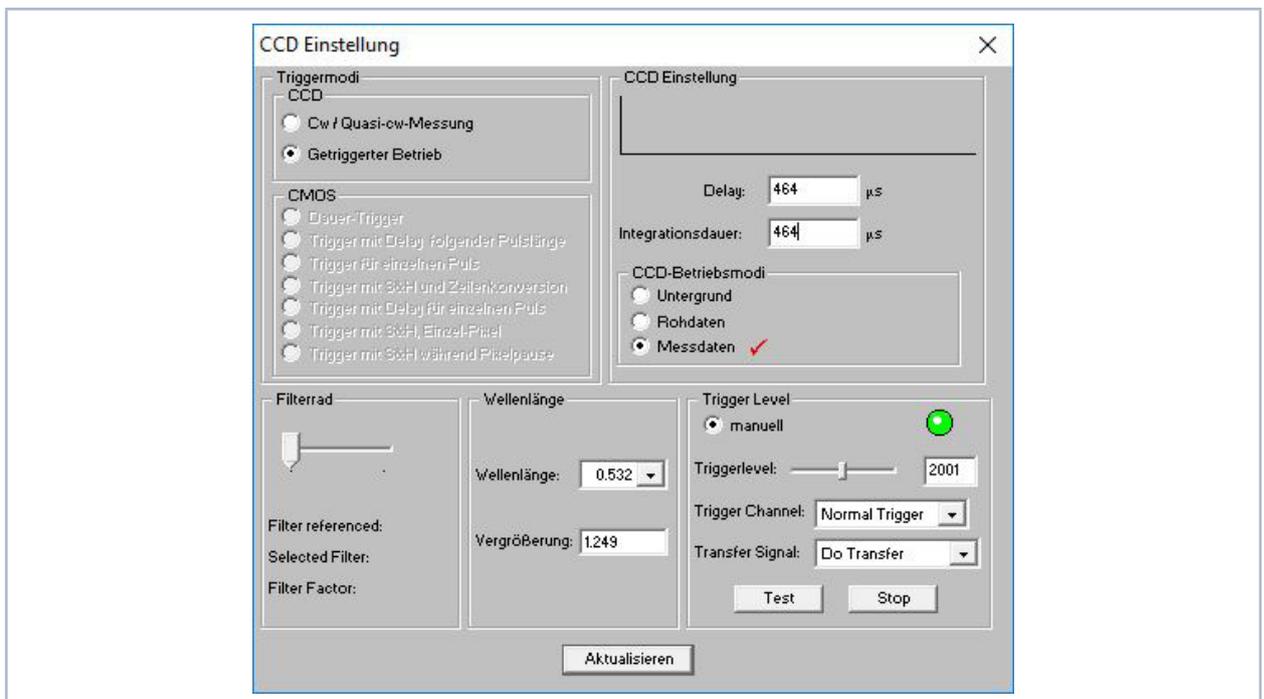


Abb. 22.1: CCD-Einstellungen im Dialogfenster **CCD Einstellung**

Die Integrationszeitsteuerung vergrößert die Dynamik des CCD-Sensors von 55 dB auf über 130 dB. Ist die Funktion **Optim.** deaktiviert, kann die Integrationszeit im Dialogfenster **CCD Einstellung** in der LaserDiagnosticsSoftware LDS (siehe Abb. 22.1 auf Seite 89) fest vorgegeben werden.

Die Integrationszeitsteuerung alleine reicht nicht aus, um die komplette Palette der gepulsten Laser vermessen zu können. Handelt es sich zum Beispiel um einen gepulsten Laser mit sehr niedriger Pulsfrequenz (< 5 Hz), genügt die maximale Integrationszeit von 186 ms nicht mehr. Aus diesem Grund wurden neben der Integrationszeitsteuerung auch noch eine Triggeroption und eine Verzögerungszeit (Delay) implementiert.

Bei den Triggern kann der interne Trigger und der externe Trigger unterschieden werden.

Als interner Trigger fungiert eine Photodiode hinter einem Prisma.

Den Schwellenwert des Triggers kann der Anwender bestimmen. Der Schwellenwert muss im Bereich zwischen 1 und 4 095 liegen, er darf nicht „0“ sein.

Der Triggerlevel ist auf den Wert 2001 voreingestellt. Diese Einstellung funktioniert für den Großteil aller Anwendungen.

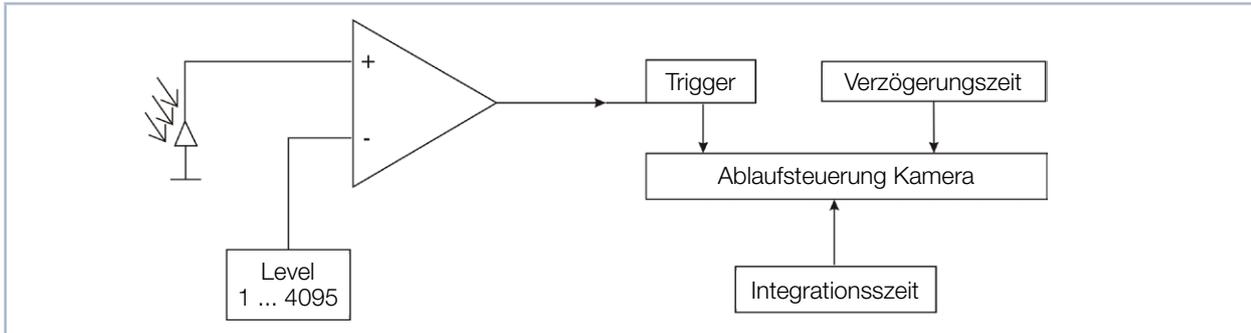


Abb. 22.2: Einflussmöglichkeiten auf die Ablaufsteuerung des CCD-Sensors

Die Abb. 22.2 auf Seite 90 zeigt, dass der Trigger zusammen mit der einstellbaren Verzögerungs- und Integrationszeit in die Ablaufsteuerung des CCD-Sensors eingreift. Der Anwender kann nun diskrete Zeiträume definieren, in denen der MSM messen darf. Der externe Trigger wird über eine dafür vorgesehene BNC-Buchse zugeführt. Er greift gleichermaßen in die Ablaufsteuerung ein, sodass sich in der Handhabung keine Unterschiede zu dem internen Trigger ergeben.

Sowohl die Einstellung der Verzögerungszeit (Delay), als auch die Triggerart (externer bzw. interner Trigger) werden im Dialogfenster **CCD-Einstellung** der LaserDiagnosticsSoftware LDS vorgenommen. Wenn Sie ein Delay oder eine Integrationszeit eingeben, so müssen Sie diese Eingaben immer mit der Schaltfläche **Aktualisieren** bestätigen.

Es ergeben sich folgende Zeitkonstanten:

Timeout:	20 sec (Standard)
minimale Integrationszeit:	12 µs
maximale Integrationszeit:	186 ms
minimaler Delay:	12 µs
maximaler Delay:	186 ms

Die lange Timeoutzeit (20 sec) hilft auch Laser zu vermessen, bei denen der Puls manuell ausgelöst werden muss. Ist dies der Fall, wird zuerst eine Messung gestartet. Der MicroSpotMonitor MSM fährt in die gewünschte Position und durchläuft intern eine bestimmte Routine. Wenn der MicroSpotMonitor MSM bereit für einen Trigger ist, wird dies im Dialogfenster **Freie Kommunikation** angezeigt. Direkt nach dem Start der Messung ist ein Kommunikationsfluss zu sehen.

Stoppt dieser mit dem Anzeigetext **waiting for Trigger**, wartet der MicroSpotMonitor MSM auf einen Trigger. Jede Messung des MicroSpotMonitor MSM besteht aus einer Dunkelmessung und einer Messung mit Phototransfer. Dies gilt für den getriggerten wie für den ungetriggerten Betrieb. Aus diesem Grund werden für jede Messung mindestens zwei Triggersignale bzw. zwei Laserpulse benötigt.

### 22.2.1 Auswahl der Messkonfiguration

Es müssen verschiedene Messoptionen unterschieden werden:

- Messung einer einzelnen Ebene oder einer kompletten Kaustik
- Messung eines kompletten Pulses oder nur eines Ausschnittes
- Messung mit fester Integrationszeit oder mit Integrationszeitsteuerung
- Messung im getriggerten oder ungetriggerten Betrieb
- Variation der optimalen Integrationszeit durch Änderung der Abschwächung

Kombiniert man diese Messoptionen mit den Pulsparametern:

- Pulsdauer: fs – ms
- Pulsfrequenz: 1 Hz – 1 kHz

ergeben sich viele Möglichkeiten. Im Folgenden kann lediglich eine grobe Struktur aufgezeigt werden, die bei der Auswahl der Messeinstellung helfen soll.

### 22.2.2 Einfluss der Pulsparameter auf die Integrationszeitsteuerung

Die softwaregesteuerte Integrationszeitsteuerung geht immer von einem kontinuierlichen Laserstrahl aus. Aus diesem Grund kann es bei langsam gepulsten Lasern (< 500 Hz) oder bei Lasern mit hoher Pulsenergie (Integrationszeit sehr kurz) zu einer Quantisierung der Integrationszeit kommen. Die Tab. 22.1 auf Seite 91 und das Diagramm in Abb. 3.1 auf Seite 12 verdeutlichen dies.

Pulsfrequenz	Anzahl der Pulse in	
	186 ms	1 ms
in Hz	186 ms	1 ms
1	0	0 - 1
5	1	0 - 1
10	2	0 - 1
50	9	0 - 1
100	19	0 - 1
200	37	0 - 1
500	93	0 - 1
1 000	186	1 - 2
2 000	372	2 - 3
5 000	930	5,00
10 000	1860	10,00

Tab. 22.1: Anzahl der detektierten Pulse in Abhängigkeit von der Integrationszeit und der Pulsfrequenz

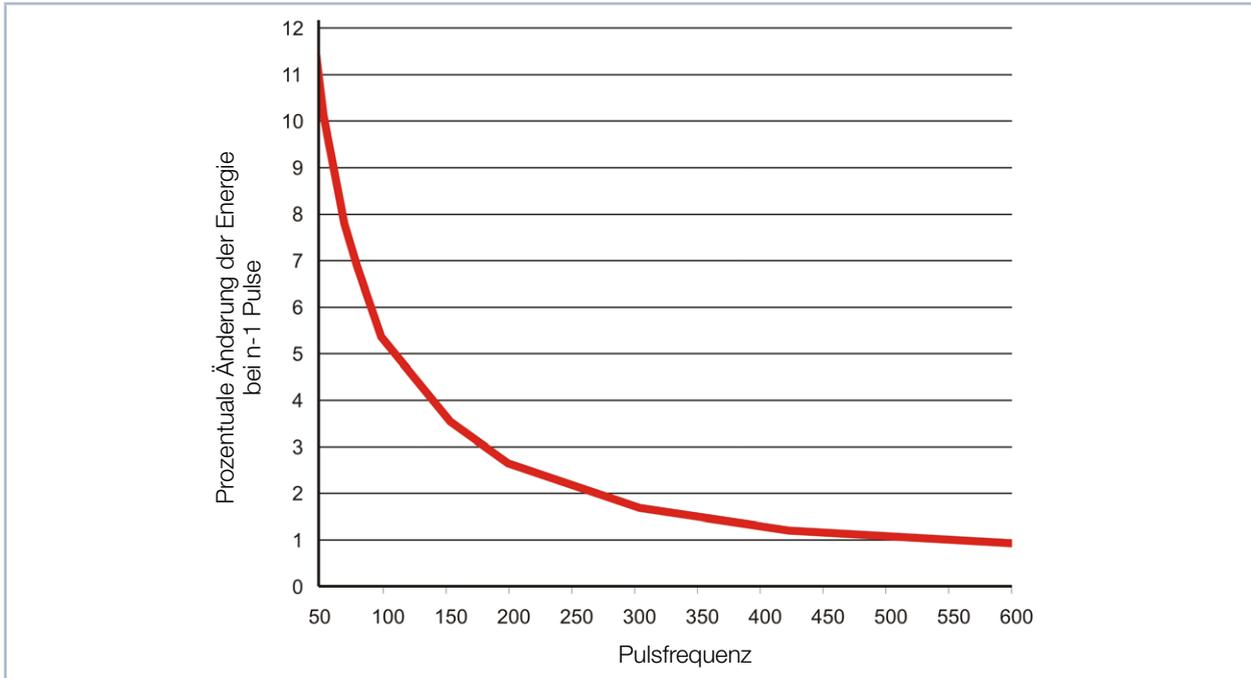


Abb. 22.3: Prozentuale Änderung der detektierten Energie bei Wegfall von genau einem Puls in Abhängigkeit der Pulsfrequenz

In der Tab. 22.1 auf Seite 91 sind für verschiedene Pulsfrequenzen die Anzahl der detektierten Pulse in der maximalen Integrationszeit (186 ms) und in einer Integrationszeit von 1 ms aufgetragen. Die Quantisierung mit niedrigeren Pulsfrequenzen wird in der Spalte der 186 ms Integrationszeit deutlich. Während bei einer Pulsfrequenz von 10 kHz noch 1 860 Pulse detektiert werden, sind es bei 10 Hz nur noch einer oder maximal zwei.

Ist die Messung im Fall der 10 Hz Pulsfrequenz übersteuert und die Software versucht die Integrationszeit anzupassen, gibt es nur drei mögliche Ergebnisse. Der Energieeintrag bei einer Messung bleibt gleich, er nimmt um 50 % ab, oder er ist Null. Diese Abstufung ist bei einer Pulsfrequenz von 10 kHz weit weniger signifikant. In der Abb. 22.3 auf Seite 92 ist dieser Zusammenhang verallgemeinert dargestellt. Es ist zu erkennen, dass ab einer Pulsfrequenz von 500 Hz der minimale Sprung bei einer Verkürzung der Integrationszeit 1 % beträgt.

Es kommt aber nicht nur durch kleine Pulsfrequenzen zu einer Quantisierung. Ist die Pulsenergie sehr hoch und es ist nicht möglich die Abschwächung weiter zu erhöhen, kommt es zu kürzeren Integrationszeiten. In der Tab. 22.1 auf Seite 91 ist neben der maximalen Integrationszeit auch eine Integrationszeit von 1 ms aufgetragen. In diesem Fall reicht eine Pulsfrequenz von 500 Hz nicht aus, um über die Integrationszeitsteuerung den Energieeintrag pro Messung „quasi“ kontinuierlich zu regeln.

Insgesamt können immer vier Zustände auf dem Weg von niedrigen zu hohen Pulsfrequenzen, bzw. von kurzen zu langen Integrationszeiten unterschieden werden. Verdeutlicht wird dies durch das folgende Beispiel für die Messung von gepulster Laserstrahlung in einem ungetriggerten Betrieb.

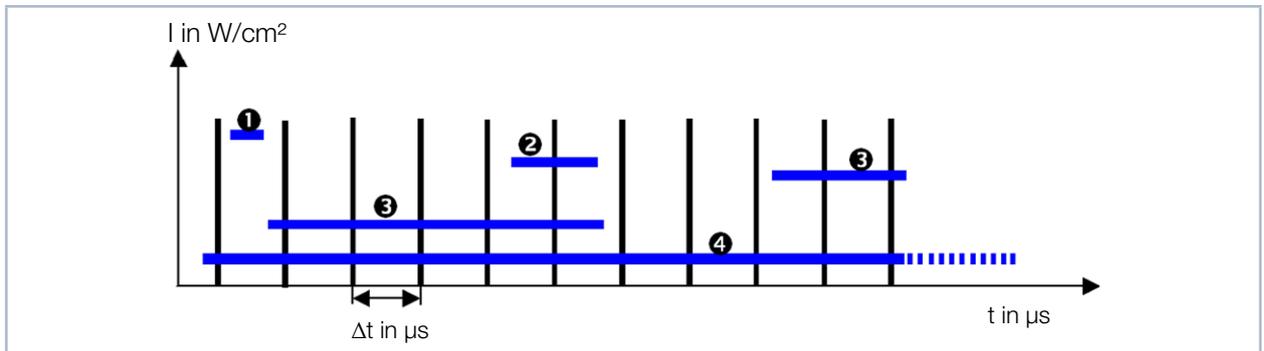


Abb. 22.4: Messen mit verschiedenen Integrationszeiten

- ❶ 12 – 200 µs: Sporadische Messung von Pulsen
- ❷ 200 – 400 µs: 1 Puls
- ❸ 200 – 2 ms: Quantisierungsrauschen durch verschiedene Anzahl von Pulsen
- ❹ 2 – 200 ms: Quasi kontinuierliche Integrationszeitsteuerung

Die Abb. 22.4 auf Seite 93 zeigt eine gepulste Bestrahlung. Die Pulspausen betragen 200 µs. Die nötige Integrationszeit des Sensors hängt direkt von der Intensität des Laserstrahls ab.

Ist sie wie in Fall 1 kleiner als die Pulspause, liegt statistisch maximal 1 Puls in der Messung. Die Wahrscheinlichkeit, dass sowohl während jeder Messung zur Integrationszeitsteuerung, als auch während der eigentlichen Messung ein Puls liegt, ist gering.

Liegt die optimale Integrationszeit genau zwischen der einfachen und der doppelten Dauer der Pulspause, liegt immer genau 1 Puls in jeder Messung (Fall 1). Das ist der ideale Zustand, um in einer Ebene zu messen. Eine Vermessung der Strahlkaustik ist in diesem Setup ebenfalls möglich, da die Dynamik des CCD-Sensors im Einzelpuls 55 dB beträgt, wohingegen im relevanten Kaustikbereich die Intensität nur um den Faktor 5 variiert. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Signalsättigung bei der Messung in der Strahltaile möglichst hoch ist. Nur dann ist gewährleistet, dass auch bei Messung der Ebenen weit außerhalb des Fokus noch ein ausreichendes S/N-Verhältnis zugrunde liegt.

Fall 3 beschreibt den Fall, bei dem die Integrationszeit zwischen der einfachen und der zehnfachen Dauer der Pulspause liegt. In diesem Bereich macht sich jeder Puls mehr oder weniger während der Integrationszeit als deutlicher Signalsprung bemerkbar. Die Integrationszeitsteuerung ist nur quantisiert möglich. Die Messergebnisse haben häufig ein schlechtes S/N-Verhältnis oder sind übersteuert. Wird die Integrationszeit noch höher, werden die Signalsprünge flacher. Die Integrationszeitsteuerung funktioniert quasi kontinuierlich (Fall 4). Der zu vermessende Laser kann nun wie ein cw-Laser vermessen werden.

Mit Hilfe von Neutralglasdichtefiltern, welche in den Strahlengang eingebracht werden können, ist es möglich, stets in dem gewünschten Bereich 1 - 4 zu arbeiten.

Zusätzlich ist der MicroSpotMonitor MSM, wie in der Eingangsbeobachtung bereits erwähnt, mit diversen Möglichkeiten zur Triggerung ausgestattet. Zusammen mit der Integrationszeitsteuerung und einer Verzögerungszeitsteuerung kann so auch in Fall 1 sinnvoll gemessen werden.

Prinzipiell kann man diese 4 Fälle in zwei Gruppen einteilen. Fall 1 und 2 müssen im getriggerten Messmode gemessen werden. Fall 4 hingegen lässt sich am besten ungetriggert im Messmode cw vermessen. Fall 3 sollte durch eine geeignete Filterauswahl ganz vermieden werden.

Zur Falleinteilung des zu vermessenden Laserstrahls soll das nachstehende Diagramm in Abb. 3.1 auf Seite 12 helfen.

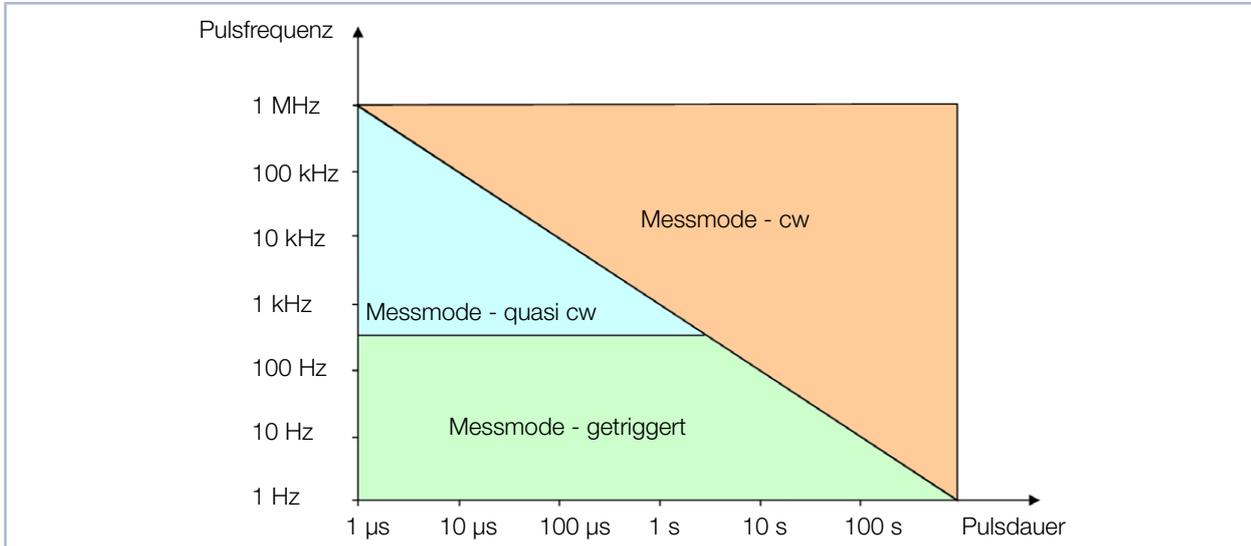


Abb. 22.5: Auswahl des Messmodes über die Laserparameter

Befindet sich der Laser im blauen Feld, wählt man am besten den Messmode cw. Es muss aber darauf geachtet werden, dass je näher man der Grenze zum getriggerten Betrieb kommt, desto größer muss die Integrationszeit sein, um den quasi-cw Fall zu gewährleisten. Als Faustformel gilt, dass die Integrationszeit im Fokus ungefähr der Zeit für 35 Pulse entsprechen soll. Unterschreitet der zu vermessende Laser die Grenzfrequenz von ca. 500 Hz sollte man in den getriggerten Messmodus wechseln.

Während es sich im Messmode cw oder quasi-cw fast immer anbietet, mit der Integrationszeitsteuerung zu messen (optim. Funktion), kommt sie im getriggerten Messmode nur bei sehr langen Pulsdauern ( $> 1$  ms) sinnvoll zum Einsatz. Mit Hilfe der Abschwächungsfilter wird die Integrationszeit hierbei so eingestellt, dass sie nur einen Bruchteil der Pulsdauer beträgt. Der Trigger gibt dem Messgerät dann nur den Startzeitpunkt der Messung vor. Die Integrationszeit kann im Verlauf der Kaustikmessung größer bzw. kleiner werden, ohne den Pulszug zu verlassen (siehe Abb. 3.1 auf Seite 12 bzw. Bsp. 2).

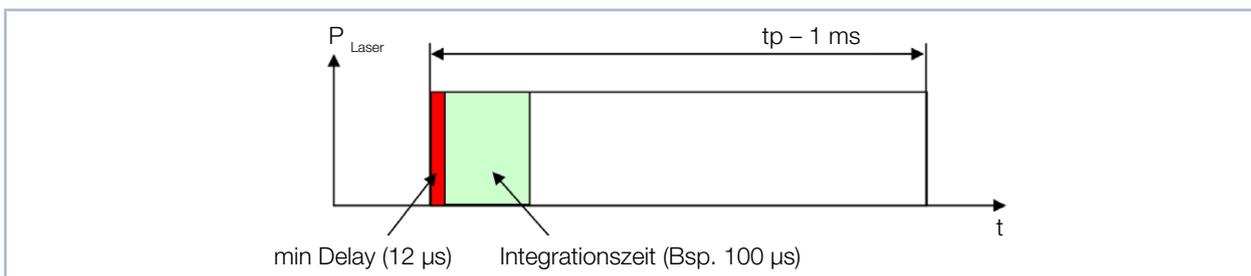


Abb. 22.6: Messparameter bei gepulsten Lasersystemen mit Pulsdauern größer 1ms

Für alle anderen Fälle empfiehlt es sich eine Integrationszeit fest vorzugeben, um so über eine geschickte Auswahl der Filter und der Delay- und Integrationszeit immer eine feste Anzahl von Pulsen zu vermessen (siehe Bsp. 1).

### 22.2.3 Beispiele für den getriggerten Messbetrieb

**Beispiel 1: Pulsdauer 50 ns  
Pulsfrequenz 1 kHz**

MicroSpotMonitor MSM-Einstellungen:

Delay: 950  $\mu$ s  
Integrationsdauer: 0,1 ms  
Triggerkanal: externer Trigger

Je nachdem wie exakt man den Trigger auslösen kann, kann man die Integrationszeit auch verlängern bzw. verkürzen.

Messen:

Eine Messung starten. Nun hat man 20 sec Zeit, einen Trigger auszulösen.  
Durch den Delay-Wert von 0,95 ms und der fest vorgegebenen Integrationszeit von 100  $\mu$ s detektiert der MicroSpotMonitor MSM den zweiten Laserpuls nach Auslösen des Triggers.

**Beispiel 2: Pulsdauer 1 ms**

MicroSpotMonitor MSM-Einstellungen:

Delay: 12  $\mu$ s  
Integrationsdauer: 1 ms  
Triggerkanal: Interner Trigger

Messen:

Eine Messung starten. Nun hat man 20 sec Zeit einen Laserpuls auszulösen.  
Der MicroSpotMonitor MSM misst 12  $\mu$ s nachdem der Trigger ausgelöst wurde.  
In diesem Beispiel werden die ersten 12  $\mu$ s des Laserpulses nicht gemessen.

**Beispiel 3: Messung von genau einem Puls  
Triggermode: Getriggert Betrieb**

Im Dialogfenster **CCD-Einstellung** gibt es das Auswahlmeneü **CCD-Betriebsmodi**. Man kann dort zwischen Untergrund, Rohdaten und Messdaten wählen.

Beim Messen im Rohdaten-Mode wird das CCD ganz normal ausgelesen. Es wird jedoch keine zweite Messung, die Dunkelmessung, gemacht. Je nach Anwendungsfall, Wellenlänge und Integrationszeit sind deutlich Fehler im Untergrund auszumachen.

In diesem Mode zu messen ist sinnvoll, wenn nur genau ein Puls ausgelöst werden kann. Weil es keine zweite Messung, die Dunkelmessung gibt, genügt dieser eine Puls. Hierbei sollte man die Abschwächung so wählen, dass die Integrationszeit länger als die Pulsdauer ist. Auf diese Weise können die meisten Untergrundeffekte vermieden werden. Wird die Integrationszeit allerdings zu lang, kommt es zu einer gestei-  
gerten Generation von Dunkelektronen.

Möchte man den kompletten Puls aufzeichnen, muss extern getriggert werden. Hierbei sollte der Mindestdelay zwischen Trigger und Start der Messung 12  $\mu$ s betragen.

#### 22.2.4 Zusammenfassung

Ist der Laser mit einer hohen Frequenz ( $> 500$  Hz) gepulst oder sind die Pulsdauern sehr groß ( $> 1$  ms), empfiehlt es sich mit der **Optim.**-Option zu messen. Auf diese Weise kann die Integrationszeit während einer Kaustikmessung variiert bzw. optimiert werden.

Wählen Sie bei den langen Pulsdauern die Abschwächung so, dass die Integrationszeit auch außerhalb des Fokus kleiner ist als die Pulsdauer ist.

Bei den hohen Pulsfrequenzen muss die Abschwächung hingegen so gewählt werden, dass während eines Messzyklus in ausreichender Zahl Laserpulse aufintegriert werden. Kommen zu wenige Pulse während einer Integrationszeit, ändert sich die Anzahl der Photoelektronen mit jedem Puls zu stark. Durch die Regelroutinen der LaserDiagnosticsSoftware LDS kommt es dann zu statistisch übersteuerten Messungen.

Vermeiden Sie auf jeden Fall, dass die Integrationszeit kleiner als die Pulspausen wird. Ist das der Fall, kann mit dem MicroSpotMonitor MSM ungetriggert nicht mehr richtig gemessen werden.

Manchmal ist es deshalb sinnvoll die Abschwächung so zu dimensionieren, dass genau ein Puls reicht um den Sensor im Fokus zu belichten. Dann kann man über einen festen Delay und der bei der Fokussmessung ermittelten Integrationszeit eine Kaustik messen. Die Dynamik des CCD-Sensors (55 dB) reicht aus, um mit einem akzeptablen S/N-Verhältnis die Kaustik durchzumessen.

## 23 Anhang B: Grundlagen der Strahldiagnose

### 23.1 Laserstrahlparameter

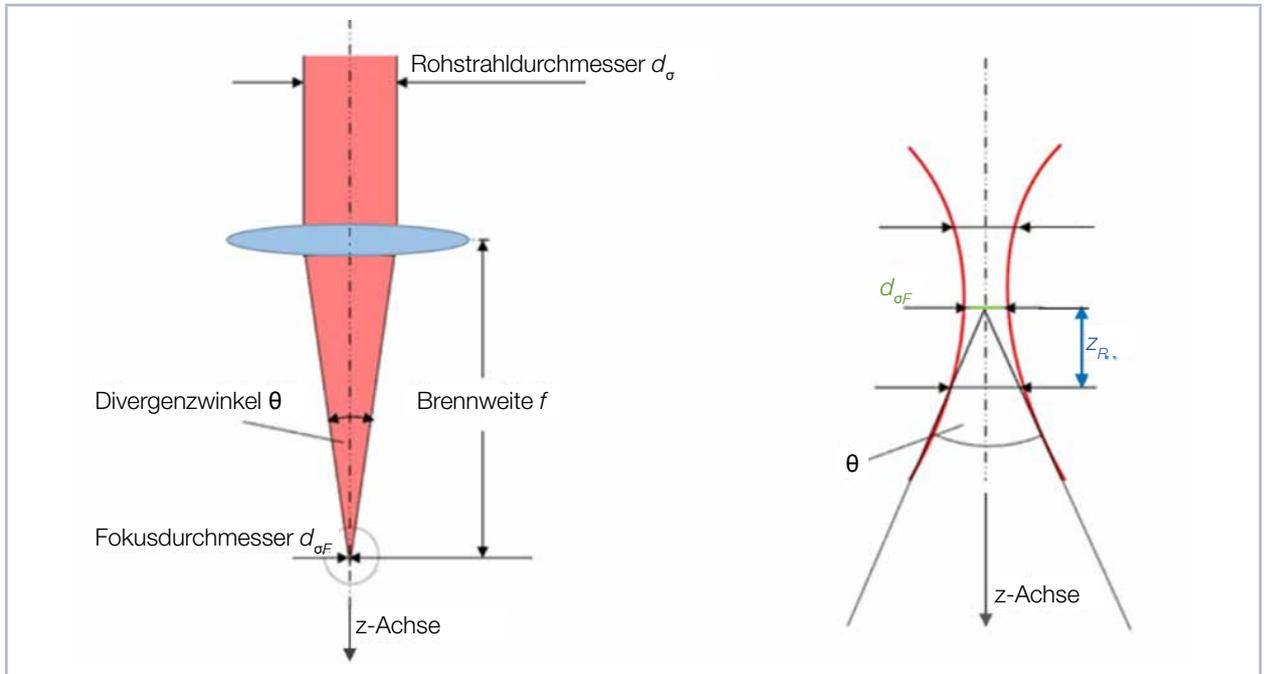


Abb. 23.1: Skizze zur Definition der Strahlparameter

**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 Strahltaille (Fokus)  $z_0$
- den Durchmesser der Strahltaille  $d_{\sigma F}$
- den Fernfelddivergenzwinkel  $\Theta$

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 Fokussdurchmesser sowie Divergenzwinkel sind nach der 2. Momente-Methode berechnet worden.

$$d_{\sigma}(z)^2 = d_{\sigma 0}^2 + (z - z_0)^2 \cdot \Theta_{\sigma}^2 \tag{1.1}$$

Weiterhin wird die Strahlausbreitung durch den sogenannten Strahlpropagationsfaktor K beschrieben.

$$K = \frac{1}{M^2} = \frac{4 \cdot \lambda}{\pi} \cdot \frac{1}{d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma}} \tag{1.2}$$

mit:

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

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

$$SPP = \frac{d_{\sigma 0} \cdot \theta}{4} = \frac{\lambda}{\pi \cdot k} = \frac{M^2 \cdot \lambda}{\pi} \tag{1.3}$$

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:

$$z_R = \frac{d_{\sigma 0}}{\Theta_{\sigma}} = \frac{\pi \cdot d_{\sigma 0}^2}{4 \cdot \lambda \cdot M^2} \tag{1.4}$$

### 23.1.2 Nicht rotationssymmetrische Strahlen

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

- die z-Positionen der Strahltaile (Fokus)  $z_x$  und  $z_y$
- die Durchmesser der Strahltaile  $d_{\sigma_{0x}}$  und  $d_{\sigma_{0y}}$
- die Fernfelddivergenzwinkel  $\Theta_{\sigma_x}$  und  $\Theta_{\sigma_y}$
- den Winkel  $\phi$  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.)

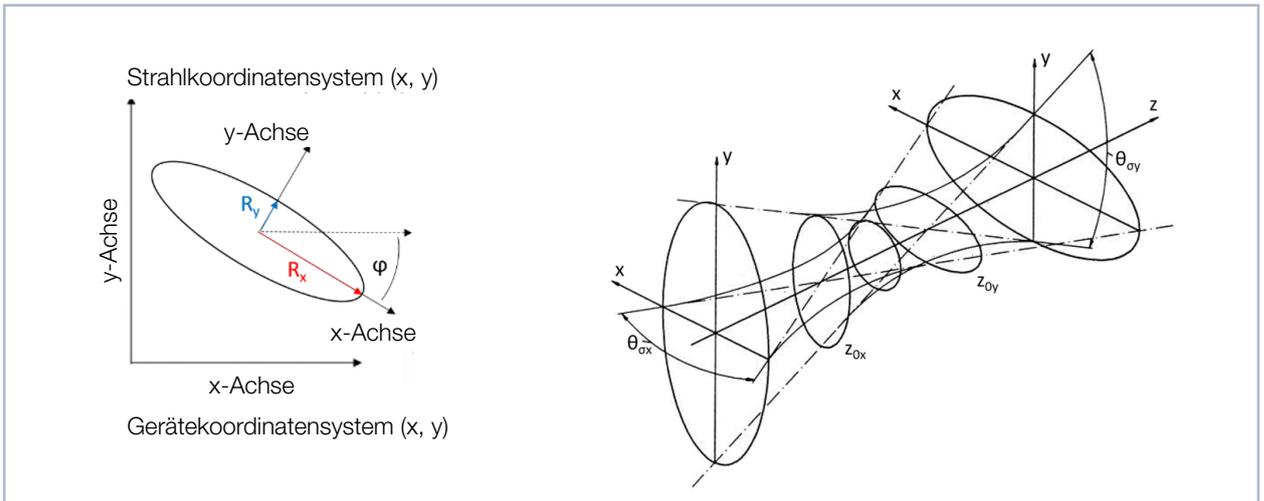


Abb. 23.2: Strahlparameter des nichtrotationssymmetrischen Strahls

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. Momente-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 auf Seite 100).

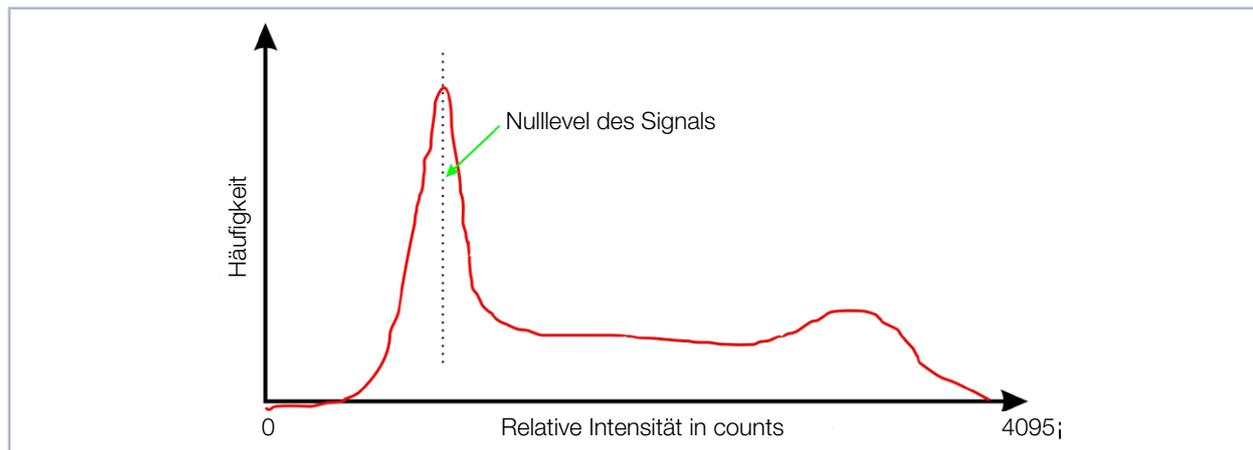


Abb. 23.3: Schematisches Histogramm der abgetasteten Messpunkte

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.

$$\bar{x} = \frac{\iint x \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad \bar{y} = \frac{\iint y \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (1.5)$$

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 (1.6).

$$\sigma_x^2(z) = \frac{\iint (x - \bar{x})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad \sigma_y^2(z) = \frac{\iint (y - \bar{y})^2 \cdot E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (1.6)$$

Ausgehend von Gleichung (1.6) berechnet sich der Strahldurchmesser folgendermaßen:

$$d_{\alpha x}(z) = 4 \cdot \sigma_x(z) \quad (1.7)$$

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

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 0,35 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.

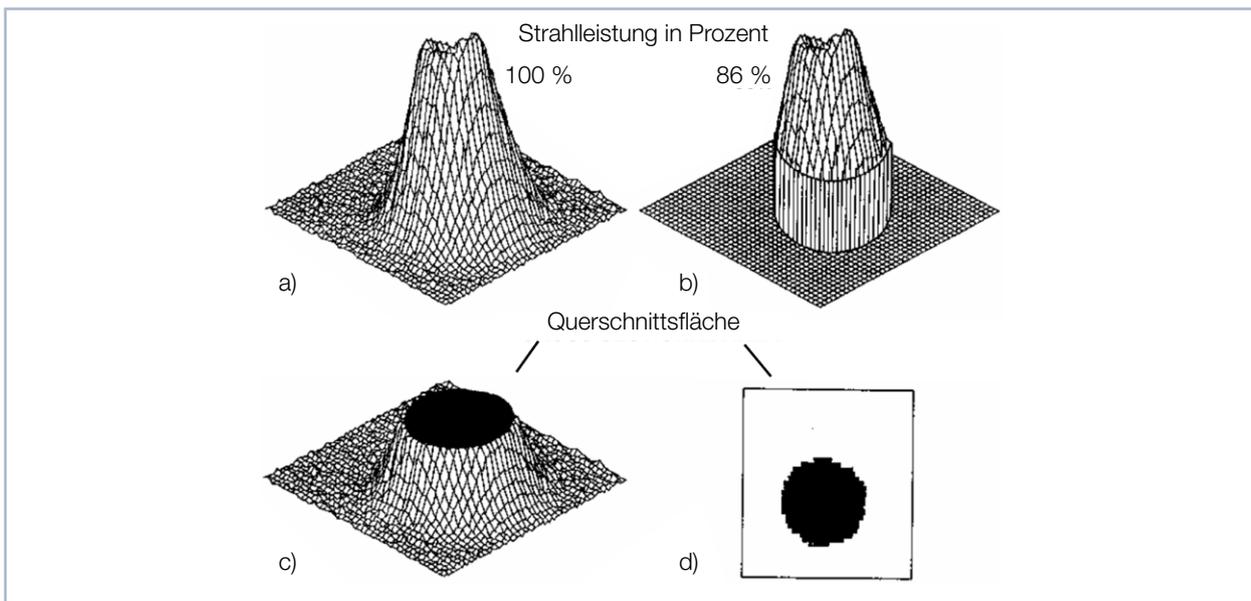


Abb. 23.4: Grafische Darstellung der Berechnung des 86%-Radius

- 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

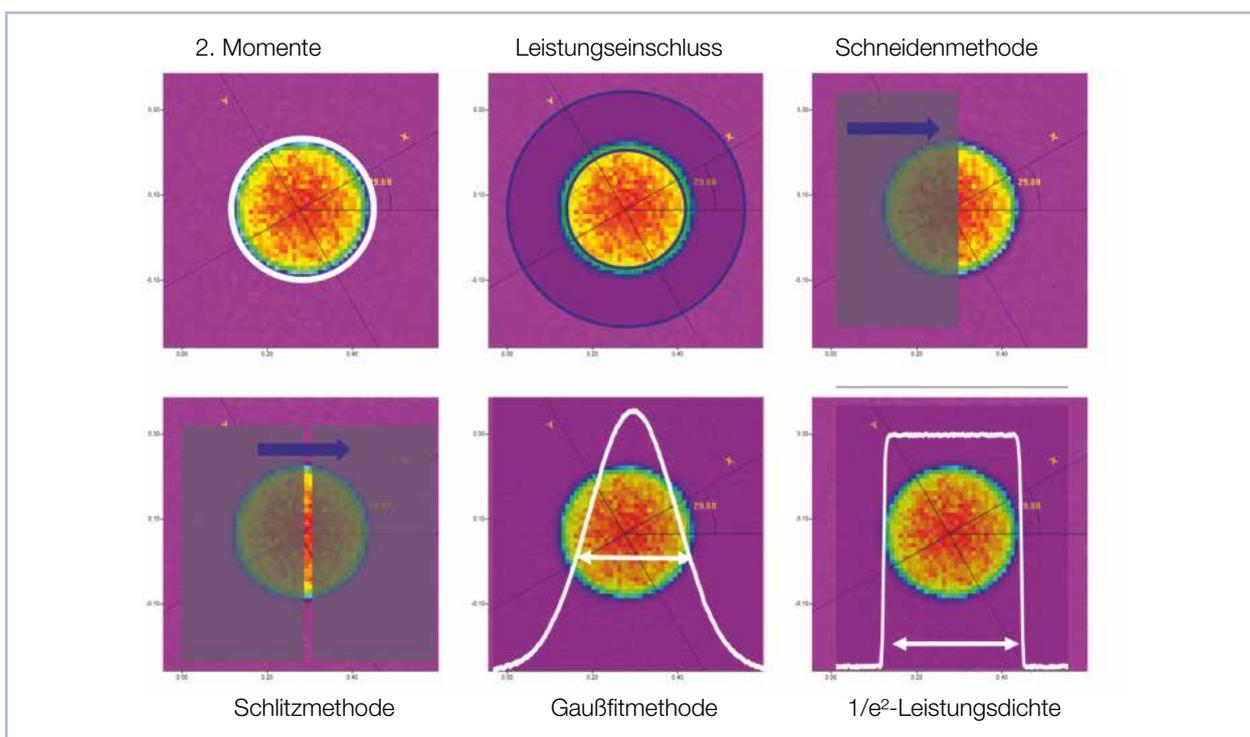


Abb. 23.5: Schematische Darstellung der optional für die PRIMES-LaserDiagnosticsSoftware LDS angebotenen Strahlradiusdefinitionen

### 23.3 Messfehler

Unabhängig von dem Messprinzip gibt es viele Fehlerquellen bei der Bestimmung des Strahlradius.

- die Bestimmung des Nulllevel
- die endliche Größe des Messfensters
- das Auflösungsvermögen in x- und y- Richtung
- das Auflösungsvermögen bezogen auf die Intensität der Bestrahlung

#### 23.3.1 Fehler bei der Nulllevelbestimmung

Die Bestimmung des Strahltaillenradius reagiert sehr stark auf die Änderung der Nullebene. Das ist unabhängig davon, ob nach der 86 % oder der 2. Momente-Methode gerechnet wird.

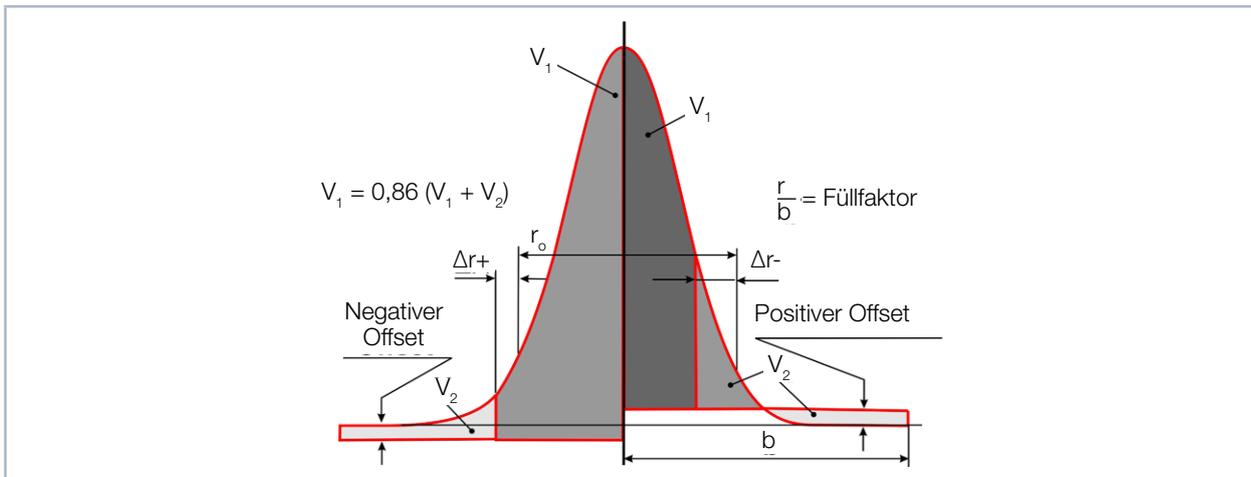


Abb. 23.6: Gaußsche Intensitätsverteilung, Nullpegel gesenkt (links) und angehoben (rechts)

Abb. 23.6 auf Seite 104 macht dies deutlich. Wird der Nullpegel abgesenkt (linke Seite), vergrößert sich das Gesamtvolumen zwischen den Messwerten und dem Nullpegel. Durch diese Vergrößerung errechnet sich nach der Kurvengleichung ein größerer Strahlradius. Umgekehrt verringert sich der Strahlradius wenn das Volumen, bei Anheben des Nullpegels, zu klein berechnet wird.

#### 23.3.2 Übersteuerung des Signals

Hohe Signalamplituden werden durch die begrenzte Dynamik des Systems beschnitten. Fehlen die hohen Leistungsdichten bei der Berechnung der Strahlgeometrie, berechnet der Algorithmus den Strahl stets zu groß. Durch Vergrößern der Abschwächung kann man dem entgegenwirken.

### 23.3.3 Fehler durch falsche Wahl der Messfenstergröße

Für die korrekte Normierung des Volumens unterhalb der gemessenen Verteilung ist es notwendig, dass die gesamte Laserstrahlung innerhalb des Messfensters liegt. Da die Intensitätsverteilung im Prinzip unendlich ausgedehnt ist, liegt stets ein Bruchteil der Strahlleistung außerhalb des Messbereichs.

Im Folgenden wird zur Normierung des Strahlradius dieser ins Verhältnis zur halben Fenstergröße gesetzt. Die so definierte Größe wird als Füllfaktor F bezeichnet.

$$F = \frac{2 \cdot r_s}{\text{Messfensterbreite}} \tag{1.8}$$

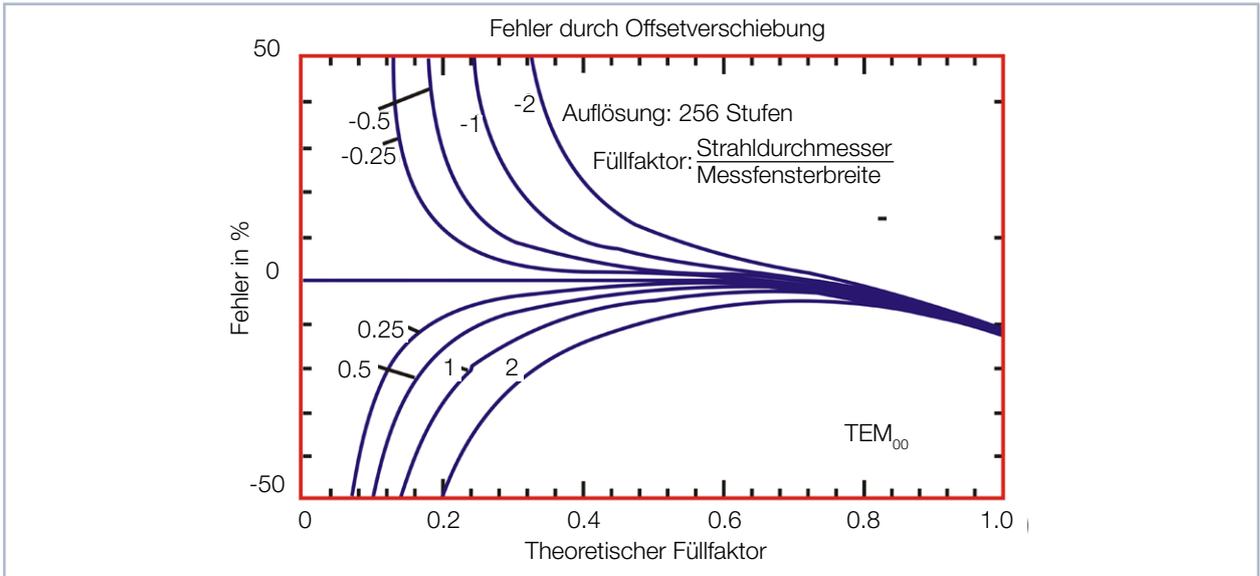


Abb. 23.7: Fehler bei der Strahlradiusbestimmung durch Offsetverschiebung der Nullpunktebene für verschiedene Offsetpegel (gaußförmige Intensitätsverteilung)

In Abbildung Abb. 23.7 auf Seite 105 ist die Auswirkung eines Füllfaktor > 0,7 deutlich zu sehen. Für Gauß-ähnliche Strahlen sollte der Füllfaktor stets unter 0,6 und über 0,4 gehalten werden, um den Fehler klein zu halten. Für Top-Hat Verteilungen liegt die Grenze bei etwa 0,9.

## 24 Anhang C: Detaillierte Beschreibung der Software LDS

In diesem Kapitel werden die Funktionen aller Haupt- und Untermenüs der Menüleiste beschrieben.

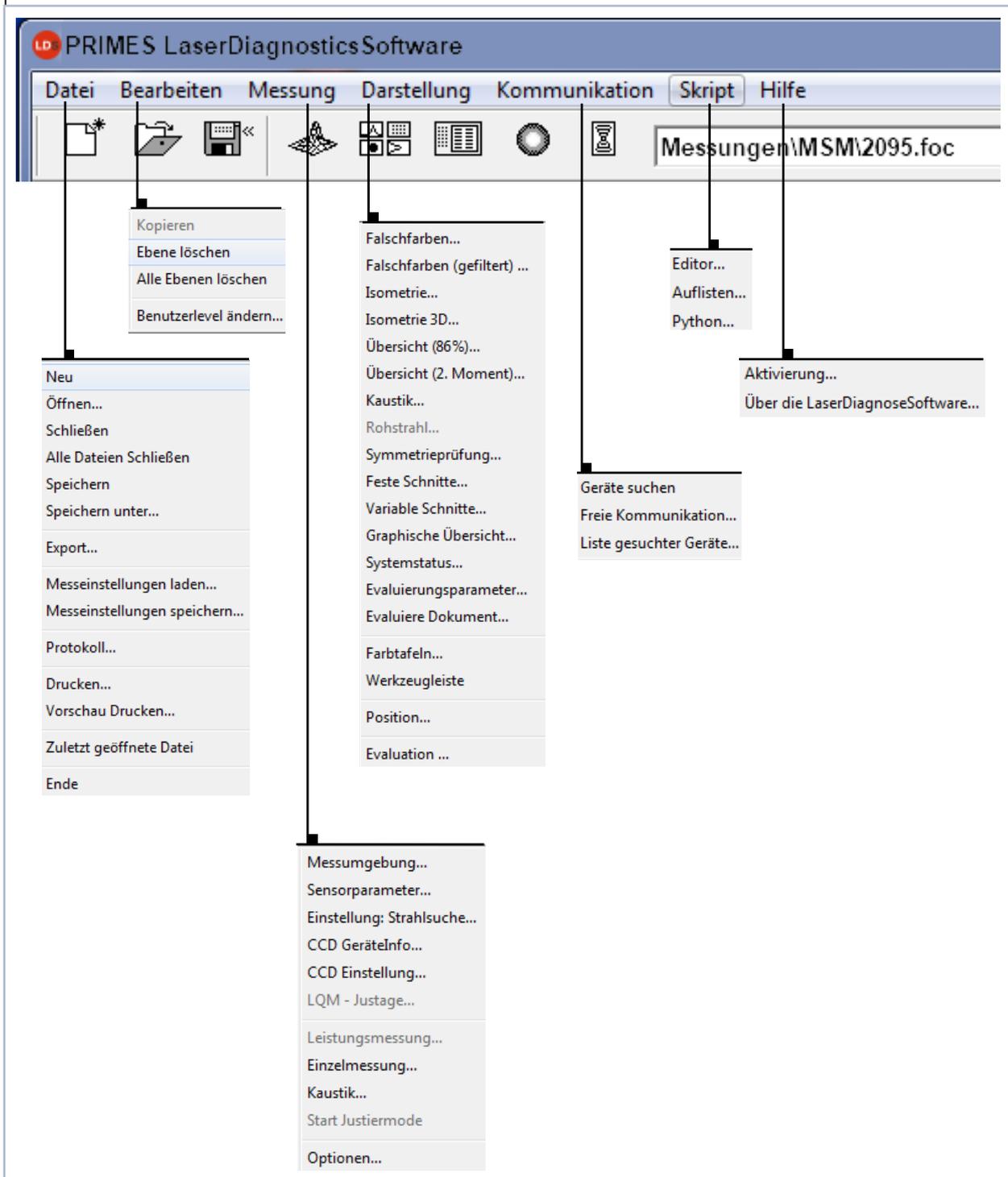


Abb. 24.1: Die Menüleiste

## 24.1 Datei

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

### 24.1.1 Neu (Menü *Datei* > *Neu*)

Mit *Neu* erstellen Sie eine neue Datei.

### 24.1.2 Öffnen (Menü *Datei* > *Öffnen*)

Mit *Öffnen* öffnen Sie eine ausgewählte Datei.

### 24.1.3 Schließen/Alle Dateien Schließen (Menü *Datei* > *Schließen/Alle Dateien Schließen*)

Mit *Schließen* wird die aktuell geöffnete Datei geschlossen. Mit *Alle Dateien Schließen* werden sämtliche geöffnete Dateien geschlossen.

### 24.1.4 Speichern (Menü *Datei* > *Speichern*)

Die aktuell geöffnete Datei wird gespeichert. Der Standard-Dateityp ist ein binäres Datenformat mit minimalem Speicherbedarf. Die Dateiendung für eine Messdatei diesen 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 (Kapitel. 25.2 auf Seite 148). Nur Dateien mit diesen Formaten können vom Programm geöffnet werden.

### 24.1.5 Speichern unter (Menü *Datei* > *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 Werkzeugleiste ausgewählt haben.

### 24.1.6 Export (Menü *Datei* > *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. Die pkl-Exportfunktion hat den Koordinatenursprung im Zentrum des Messbereichs (gelber Punkt).

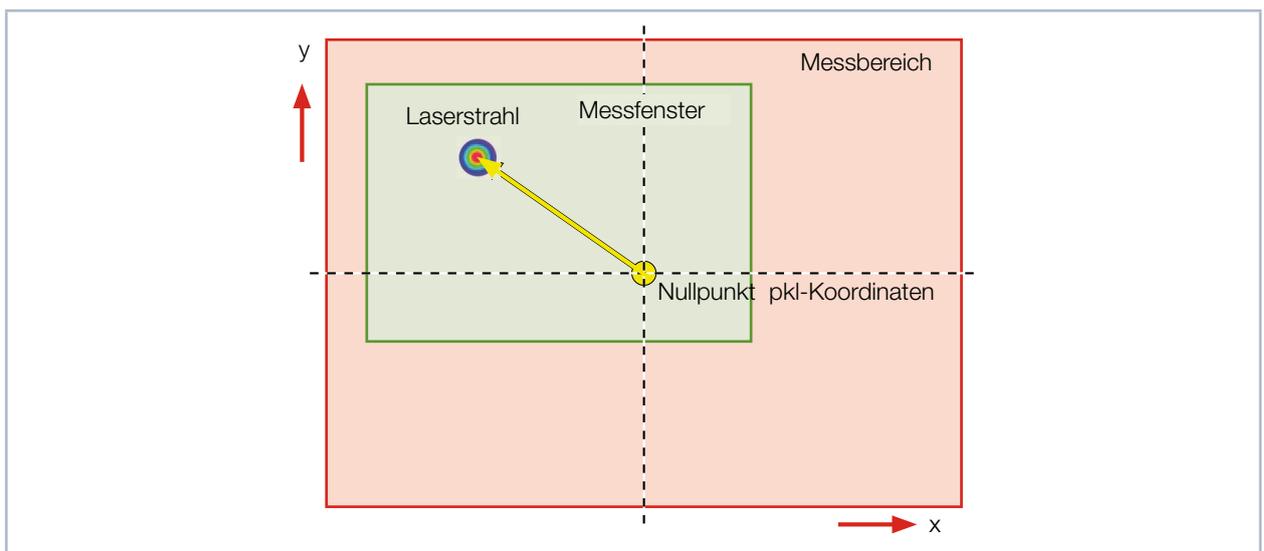


Abb. 24.2: Koordinaten der pkl-Exportfunktion (nicht massstäblich dargestellt)

**24.1.7 Messeinstellungen laden (Menü *Datei* > *Messeinstellungen laden*)**

Bereits gespeicherte Einstellungen können Sie mit **Messeinstellungen laden** wieder zu aktuellen Einstellungen machen. Die standardmäßige Erweiterung für eine Einstellungsdatei des HP-MSM-HB ist '.ptx'.

**24.1.8 Messeinstellungen speichern (Menü *Datei* > *Messeinstellungen speichern*)**

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

**24.1.9 Protokoll (Menü *Datei* > *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-Definition)

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.

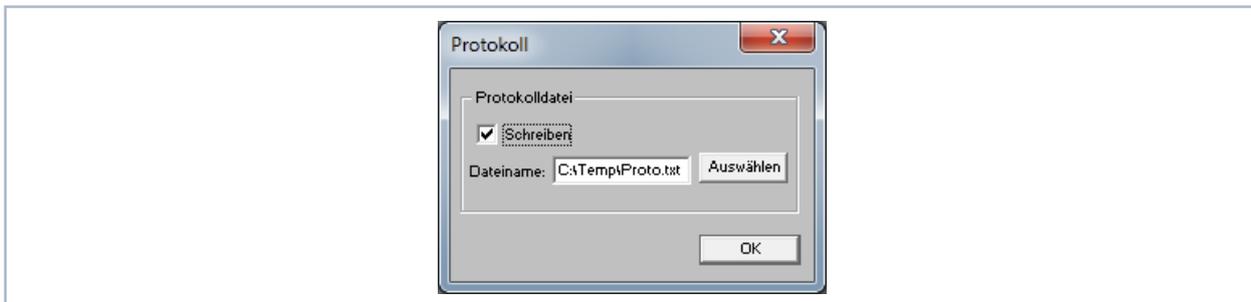


Abb. 24.3: Fenster **Protokoll**

**24.1.10 Drucken (Menü *Datei* > *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.

**24.1.11 Vorschau Drucken (Menü *Datei* > *Vorschau Drucken*)**

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

**24.1.12 Zuletzt geöffnete Datei (Menü *Datei* > *zuletzt geöffnete Datei*)**

Auswahl der zuletzt bearbeiteten Dateien.

**24.1.13 Ende (Menü *Datei* > *Ende*)**

Beendet das Programm.

## 24.2 Bearbeiten

### 24.2.1 Kopieren (Menü *Bearbeiten* > *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.

### 24.2.2 Ebene löschen (Menü *Bearbeiten* > *Ebene löschen*)

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

### 24.2.3 Alle Ebenen löschen (Menü *Bearbeiten* > *Alle Ebenen löschen*)

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

### 24.2.4 Benutzerlevel ändern (Menü *Bearbeiten* > *Benutzerlevel ändern*)

Durch Eingabe eines Passwortes wird eine andere Benutzerebene aktiviert.

## 24.3 Messung

### 24.3.1 Messumgebung (Menü *Messung* > *Messumgebung*)

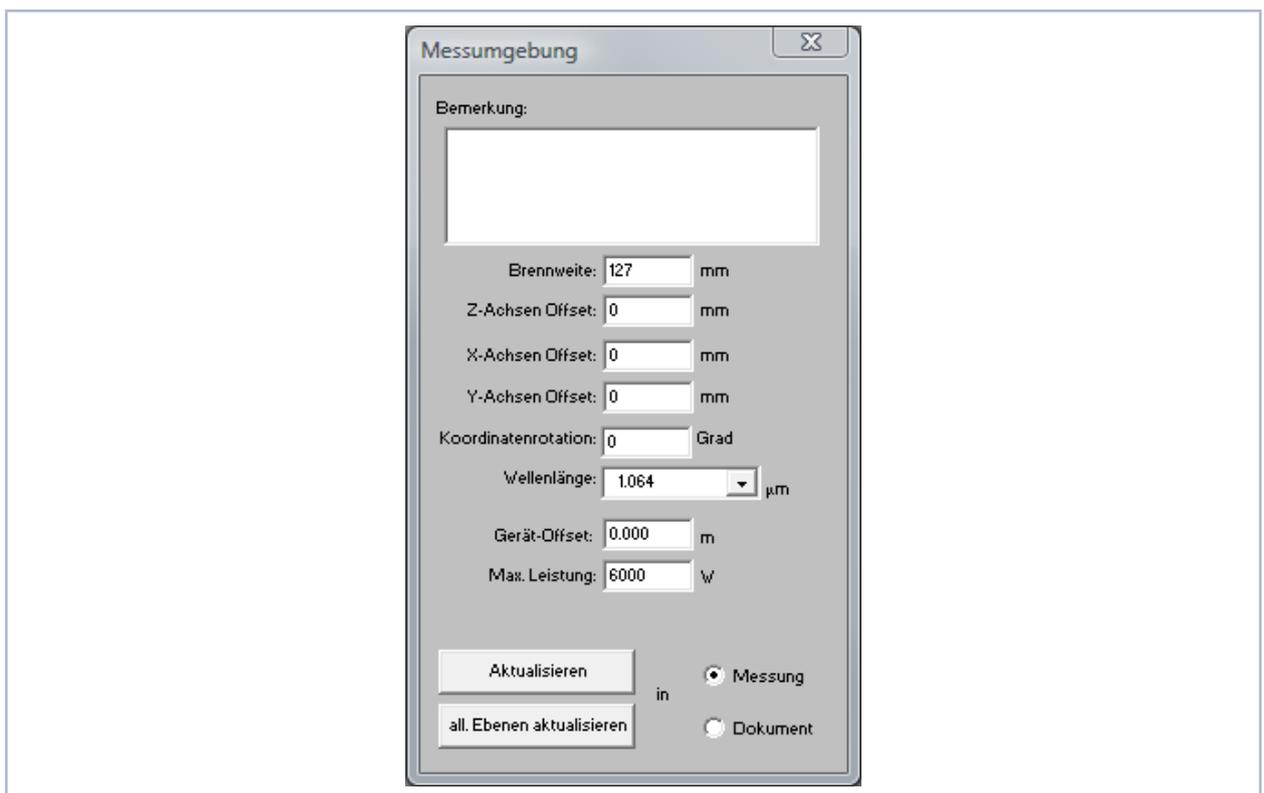


Abb. 24.4: Dialogfenster *Messumgebung*

Im Dialogfenster *Messumgebung* können Daten wie der Lasertyp, Brennweite usw. gespeichert werden. Diese Daten können über *Darstellung* > *Übersicht* gelesen werden.

### **Brennweite**

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.

### Wellenlänge

Die Wellenlänge bildet die Basis für die korrekte Bestimmung der Beugungsmaßzahl  $M^2$ . Sie beträgt 1.064  $\mu\text{m}$  für Nd:YAG-Laser

Sie können die Wellenlänge auch numerisch eingeben.

Während im Dialogfenster **CCD-Einstellung** nur die Kalibrierpunkte des Messobjektivs eingestellt werden können, kann in diesem Fenster der genaue Wert der Wellenlänge des Lasers eingetragen werden. Allen numerischen Auswertungen, wie zum Beispiel die Berechnung der Beugungsmaßzahl  $M^2$ , wird dieser Wert zugrunde gelegt.



Achtung: Wird im Dialogfenster **CCD-Einstellung** die Wellenlänge neu selektiert, wird der Wert in diesem Fenster mit dem ausgewählten Kalibrierpunkt überschrieben.

---

### Aktualisieren

Die Einträge können Sie auch nach einer Messung mit der Schaltfläche **Aktualisieren** noch verändern. Mit der Schaltfläche **all. Ebenen aktualisieren** werden die eingegebenen Werte eingefügt und abgeglichen, während die Schaltfläche **Aktualisieren** nur auf den Wert in der aktuellen Ebene verweist.

### Leistung

Die Eingabe der Leistung ist ein Bezugswert für die relative Leistungsstellung im Menüpunkt **Einzelmessung** oder **Kaustikmessung**. Weiterhin können Sie einen z-Achsen-Offset sowie Koordinatendrehwinkel eingeben.

### Bemerkung

Bitte verwenden sie im Kommentarfeld „Bemerkung“ nicht das Zeichen #. Dieses Zeichen wird in der Software als Trennzeichen verwendet. Wird es im Kommentarfeld „Bemerkung“ eingesetzt, können Probleme beim Speichern und Wiederlesen von Messdaten auftreten.

Einen Zeilenwechsel erzwingen Sie mit der Tastenkombination: **<Strg > + <Eingabe > .**

### 24.3.2 Sensorparameter (Menü *Messung* > *Sensorparameter*)

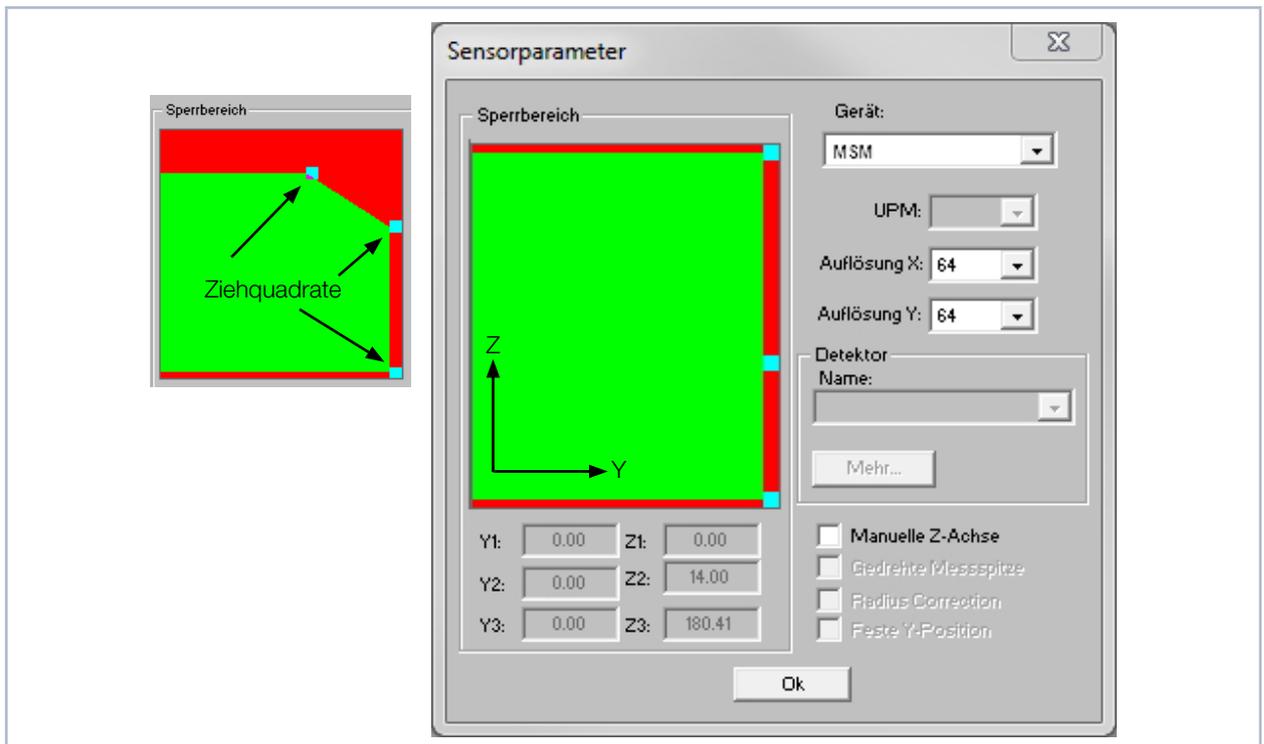


Abb. 24.5: Dialogfenster *Sensorparameter*

#### Sperrbereich

Durch Ziehen des türkisfarbenen Quadrates mit dem Mauszeiger können Sie in diesem Fenster den Bewegungsbereich der y- und z-Achse einschränken. Diese Funktionalität soll helfen, Beschädigungen zu vermeiden, wenn andere Bauteile in den Bewegungsbereich des Messsystems ragen. Der Maximalwert entspricht den Werten Y3 und Z3.

#### Gerät

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

#### UPM

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

#### Auflösung

Hier geben Sie die Anzahl der Pixel im Messfenster von 32 x 32 bis 256 x 256 Pixel vor. In der Regel sind 64 x 64 Pixel ausreichend. Bitte beachten Sie, dass eine größere Anzahl von Pixeln zu einer längeren Messdauer führt.

#### Detektor

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

#### Manuelle Z-Achse

Mit Hilfe dieser Funktion können Sie die z-Achse des Gerätes deaktivieren. Hilfreich ist diese Funktion, wenn externe Bewegungsachsen benutzt werden sollen. Ist diese Funktion aktiviert, kann im Dialogfenster *Einzelmessung* jeder Messebene ein z-Wert manuell zugeordnet werden.

### 24.3.3 Einstellung Strahlsuche (Menü *Messung* > *Einstellungen: Strahlsuche*)

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

24.3.4 CCD Geräteinfo (Menü *Messung* > *CCD Geräteinfo*)

Im Menü *Messung* > *CCD Geräteinfo* sind die wichtigsten Gerätedaten dargestellt. Man kann dort sowohl die Vergrößerungsdaten des Messobjektivs ablesen als auch prüfen, welcher Strahlweg geschaltet ist. Werden statt der tatsächlichen Vergrößerung offensichtliche Default-Werte (1:1) angezeigt, dann prüfen Sie bitte die Montage des Messobjektivs.

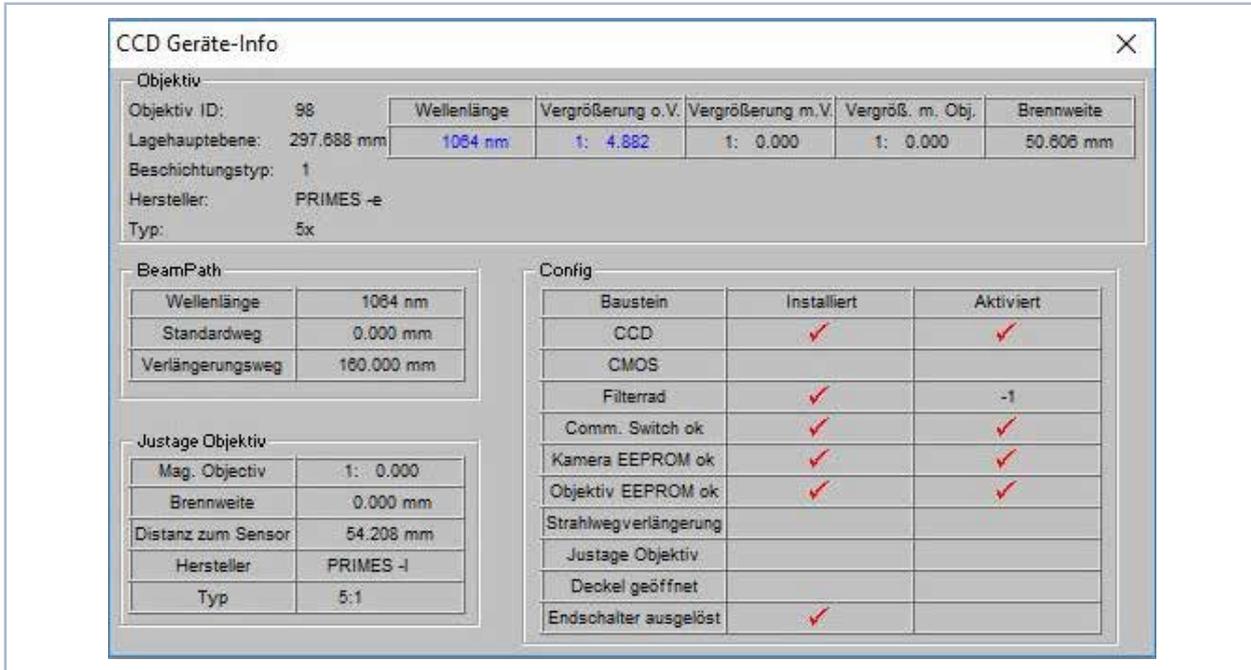


Abb. 24.6: Fenster *CCD Geräteinfo*

### 24.3.5 CCD-Einstellung (Menü *Messung* > *CCD Einstellung*)

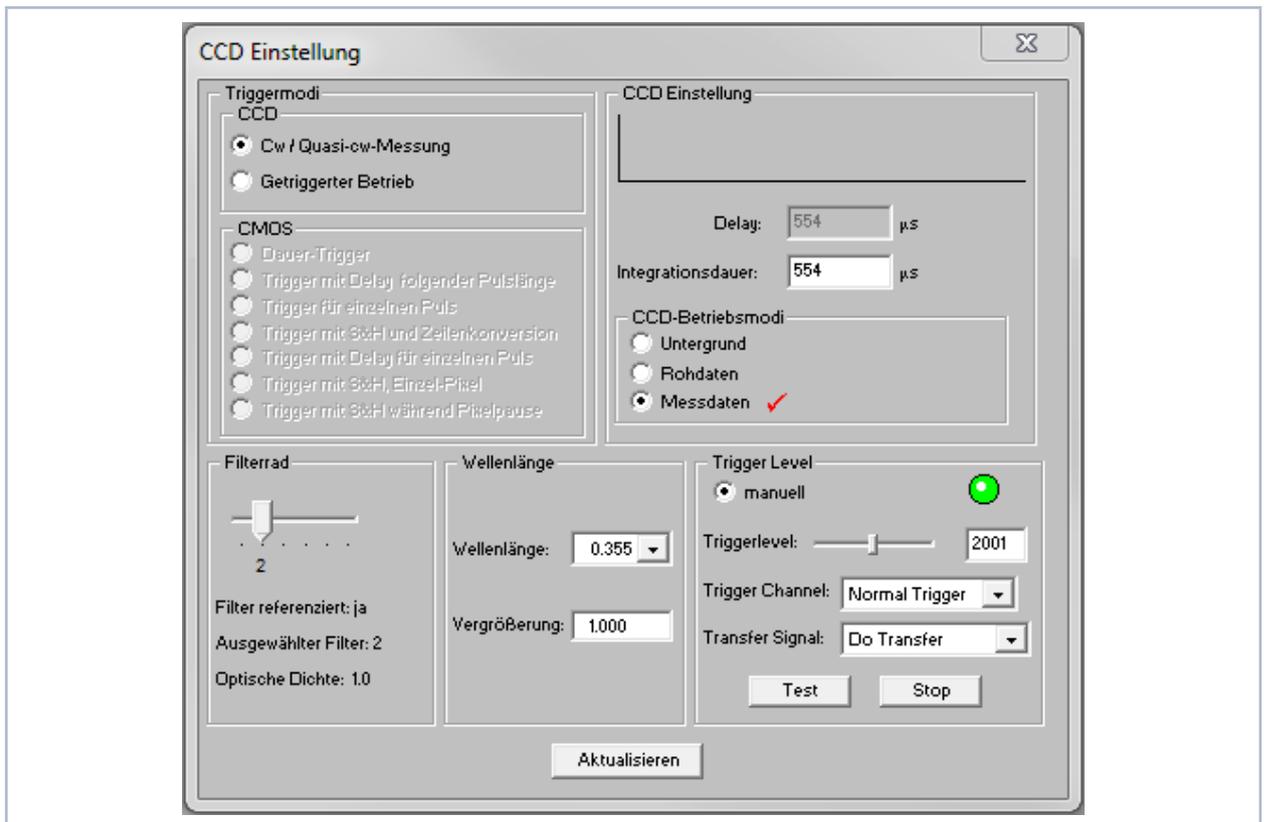


Abb. 24.7: Dialogfenster **CCD-Einstellung**

Im Dialogfenster **CCD-Einstellung** werden die Wellenlänge, die Abschwächung und der Betriebsmodus festgelegt.

#### Triggermodi

Je nach Betriebsmode des zu vermessenden Lasers muss hier die passende Einstellung vorgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, dass gepulste Laser mit einer Pulsfrequenz größer 500 Hz im Modus cw vermessen werden können. Steht der Betriebsmode jedoch auf gepulst und es handelt sich um ein cw Lasersystem, wird das Messgerät immer mit einer Fehlermeldung „Error Black Pixel Measurement“ oder „Time out during Measurement“ auf eine Messanforderung reagieren.

#### Delay

Diese Funktion kann nur bei dem Triggermodus „getriggert Betrieb“ benutzt werden. Eingestellt wird an dieser Stelle die Zeit, die das Messsystem zwischen dem Erkennen eines Triggerpulses und dem Start der Messung warten soll. Zusammen mit der Funktion „Integrationsdauer“, können definierte „Fenster“ aus Pulszyklen (z. B. genau 1 Puls, oder Teile eines ms-Pulses) vermessen werden. Der minimale Delay beträgt 12 µs.

#### CCD-Betriebsmodi

Hier können drei verschiedene Modi eingestellt werden. Ist die Einstellung **Rohdaten** aktiviert, liefert das Messsystem bei Messanforderung die unkompenzierten Daten des CCD zurück. Diese können gerade bei NIR-Laserstrahlung stark mit Messfehlern wie zum Beispiel dem Ausleserauschen „Smear-Effekt“ behaftet sein. Auch die aus diesen Daten generierten numerischen Strahldaten sind davon betroffen. Ist als Betriebsmode **Untergrund** ausgewählt, werden beim Messen nur die Korrekturdaten übermittelt. Die Defaulteinstellung sollte hier aber immer der Mode **Messdaten** sein. Nur wenn dieser Mode eingestellt ist, kann das Messsystem belastbare Messwerte liefern.

**Integrationsdauer**

Diese Funktion legt eine definierte Integrationsdauer fest. Hierzu muss zuerst der Optimizer deaktiviert werden, da sonst die Integrationsdauer vom Messgerät selbst optimiert und somit verändert wird. Auch diese Funktion findet hauptsächlich bei der Vermessung von gepulsten Lasersystemen Anwendung.

**Filterrad**

Der zum Messen notwendige Filter ist abhängig von der Wellenlänge und der Intensität des zu messenden Laserstrahls und muss passend zu jeder Messaufgabe gewählt werden. Passend ist der Filter dann, wenn innerhalb einer Kaustikmessung alle Messebenen mit einer Belichtungszeit zwischen 18 ms (-20 dB) und 0,18 ms (-60 dB) vermessen werden. Außerhalb dieser Grenzen sinkt das S/N-Verhältnis des CCD, so dass die Messgenauigkeit verringert wird.

**Wellenlänge**

Aufgrund der wellenlängenabhängigen Gesamtvergrößerung des kamerabasierten Messgerätes muss vor jeder Messung geprüft werden, dass hier die richtige Auswahl getroffen wurde. Bei den hier angezeigten Wellenlängen handelt es um die Kalibrierpunkte des Messobjektivs. Aufgrund der achromatischen Eigenschaften der Messobjektive kann beispielsweise mit dem Kalibrierpunkt bei 1 064 nm in einem Wellenlängenbereich zwischen 1 030 und 1 100 nm gemessen werden, ohne dass signifikante Messfehler entstehen.

**Trigger**

Das Triggermenü ist nur für das Vermessen von gepulsten Lasersystemen von Bedeutung. Standardmäßig ist der Triggerdiode ein fester Wert (2 001) vorgegeben. Dieser Wert beschreibt den Schwellwert, bei dem ein Triggersignal ausgegeben wird. Stellt man den Trigger auf automatisch um, wird der Triggerlevel zunächst auf den maximalen Wert gesetzt. Die Schaltfläche **Test** wird in **Optimize** umbenannt. In der Optimize-Routine (Laser muss eingeschaltet sein) wird die Triggerschwelle stufenweise herabgesetzt, bis der HP-MSM-HB einige Triggersignale bekommt (unterer Triggerlevel). Anschließend wird der Triggerlevel so lange angehoben, bis der HP-MSM-HB kein Triggersignal mehr bekommt (oberer Triggerlevel). Der endgültige Triggerlevel bildet sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden Grenzwerte. Unter dem Menüpunkt **Trigger Channel** kann der externe Triggereingang aktiviert werden. Transfer Signal betrifft den Transferausgang des HP-MSM-HB. Hier kann festgelegt werden, bei welchem Zustand des CCD-Sensors ein Triggersignal (z. B. für das Einschalten des Lasers) gegeben werden soll.

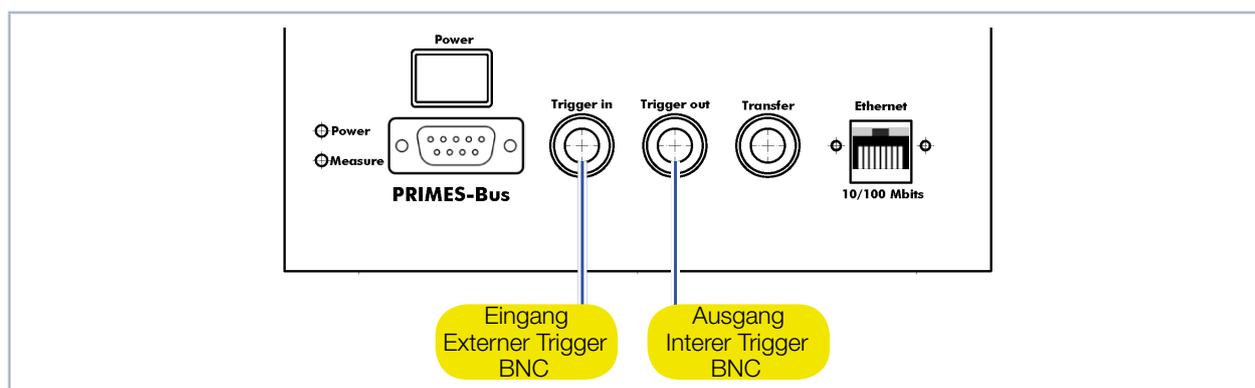


Abb. 24.8: Triggeranschlüsse

**24.3.6 LQM-Justage (Menü *Messung* > *LQM-Justage*)**

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

**24.3.7 Leistungsmessung (Menü *Messung* > *Leistungsmessung*)**

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

**24.3.8 Einzelmessung (Menü *Messung* > *Einzelmessung*)**

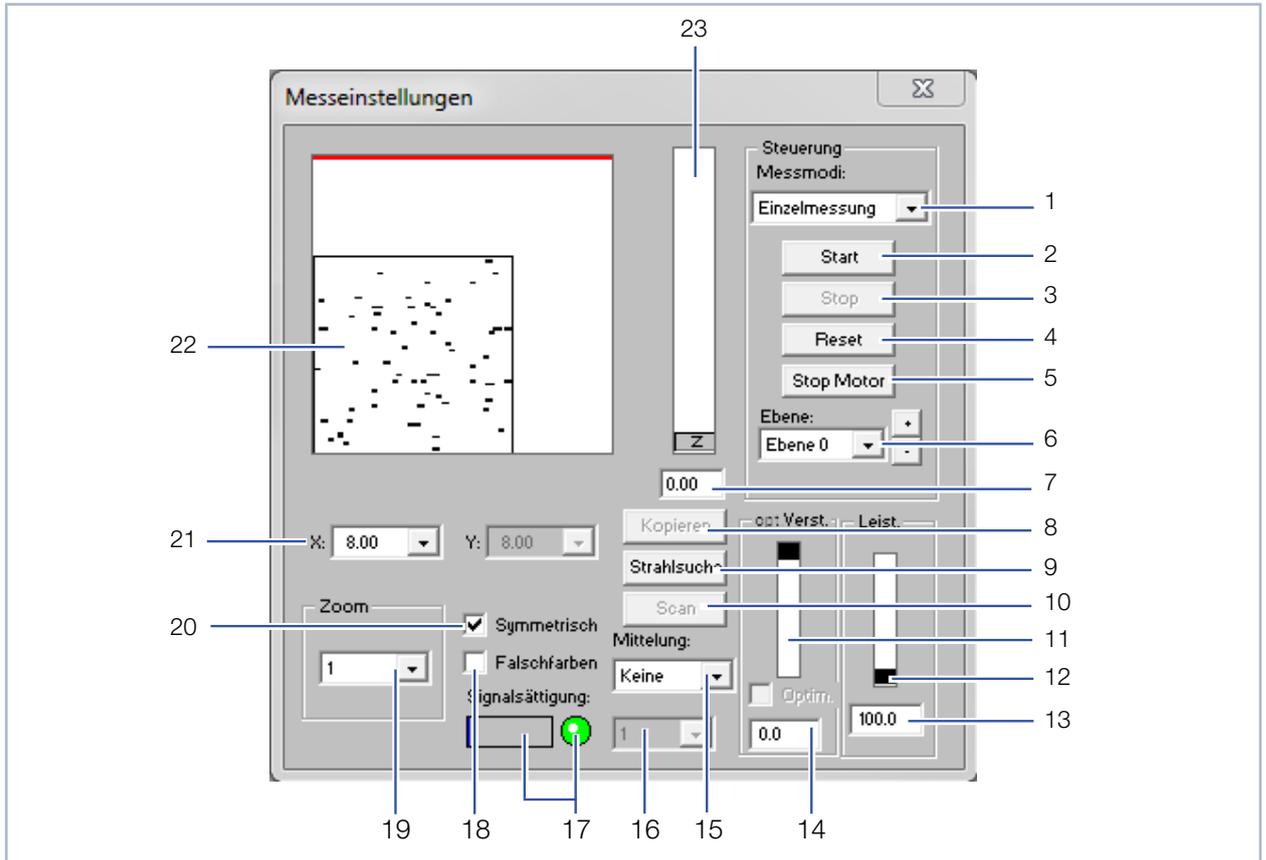


Abb. 24.9: Dialogfenster *Messeinstellungen*

1	Einzelmessung Monitor Videomode	Einzelmessung in der ausgewählten Ebene Wiederholende Messungen in der ausgewählten Ebene
2	Start	Startet eine Messung in der aktuell ausgewählten Ebene
3	Stop	Beendet die Messung in der aktuell ausgewählten Ebene
4	Reset	Das Messgerät wird zurückgesetzt (reset)
5	Stop Motor	Für den HP-MSM-HB nicht relevant
6	Ebene	Auswahl der Messebene (0-49) explizit oder über die Schaltflächen (+/-)
7	Eingabefeld z	Numerische Eingabe der z-Position
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 eine automatische Strahlsuche in der aktuellen Messebene
10	Scan	Startet eine automatische Strahlsuche mit dem HP-MSM-HB. Der Algorithmus arbeitet bei fester z-Position und sucht nur im Bereich des eingestellten Messfensters
11	opt. Verst.	Schieberegler zum Einstellen der optischen Verstärkung (Integrationszeit des CCD)
12	Leist.	Schieberegler zum Einstellen der Laserleistung, um sie in der Software zu speichern
13	Eingabefeld Leist.	Numerische Eingabe der Laserleistung, um sie in der Software zu speichern
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 $\triangle$ iO, rot $\triangle$ niO)
18	Falschfarben	Aktiviert die Option Falschfarbendarstellung
19	Zoom	Optische Vergrößerung des Messfensters
20	Symmetrisch	Diese Option erzwingt die Verwendung quadratischer Messfenster, deren Größe allein über x einstellbar ist
21	X/Y	Einstellen der Messfenstergröße für nicht quadratische Fenster
22	Anzeigefeld	Messfenster zeigt das aktuelle Messergebnis
23	Z	Schieberegler zum Einstellen der z-Position

Tab. 24.1: Erklärung der Eingabe- und Einstellelemente

Mit dem Dialogfenster **Messeinstellungen** können entweder Einzelmessungen oder wiederholte Messungen durchgeführt werden. Die Messfensterposition kann manuell oder automatisch eingestellt werden.

### Steuerung Messmodi (Einzelmessung, Monitor und VideoMode)

Insgesamt können hier drei verschiedene Messmodi ausgewählt werden. In den Messmodi **Einzelmessung** und **Monitor** werden alle nötigen Kompensationen (Smear-Effekt, Diffusion) und Belichtungszeitanpassung bei jeder Messung neu durchgeführt. In diesen Modi werden gültige Messdaten erzeugt.

Der Messmodus **VideoMode** erzeugt keine validen Messdaten. Hier wird die Belichtungszeit aus der letzten Messung übernommen und nicht variiert. Auch werden keine Kompensationsmessungen durchgeführt, so dass Messartefakte wie das Ausleserauschen (Smear-Effekt) nicht berücksichtigt bzw. kompensiert werden. Aufgrund der „hohen“ Messfrequenz von ca. 5 Hz kann es dennoch sinnvoll sein, mit dieser Betriebsart zu arbeiten (z. B. beim Einrichten). Die numerischen Ergebnisse sollten nicht absolut, sondern immer relativ zueinander bewertet werden.

### Leistung (Leist.)

Der Schieberegler stellt die tatsächliche Laserleistung ein, sodass der Softwarealgorithmus die räumliche Leistungsdichte berechnen kann. Es kann auf jede Leistung bis zum Maximum eingestellt werden. Die maximale Leistung wird unter im Menü **Messung > Umgebung** eingegeben. Die Berechnung der Leistungsdichten erfolgt bezogen auf die hier eingestellten Leistungswerte. In einer Messdatei können bis zu 50 Einzelmessungen aufgenommen werden. Die Ergebnisse können mit den verschiedenen Präsentationsfunktionen der LaserDiagnosticsSoftware LDS einfach verglichen und analysiert werden.

### Optische Verstärkung (opt. Verst.)

Diese Funktion aktiviert die automatische Anpassung der Belichtungszeit des CCD bei jeder Messung. Nur bei aktivierter Funktion kann das Signal/Rausch-Verhältnis über eine Kaustikmessung konstant hoch gehalten werden.

Für spezielle Messanwendungen kann es allerdings auch durchaus sinnvoll sein, diese Funktion zu deaktivieren und die Belichtungszeit fest auf einen Wert zwischen 12 µs und 200 ms einzustellen. Wichtig ist dabei, dass mit Hilfe der festen ND-Filter, bzw. des Filterrads, eine ausreichende Abschwächung des Laserstrahls gewährleistet wird.

### Kopieren

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

### Strahlsuche

Mit der Schaltfläche **Strahlsuche** startet eine automatische Strahlsuche. Das System sucht dabei nur im Gebiet des aktuell eingestellten Fensters auf der eingestellten z-Position.

Wird die Strahlsuche erfolgreich abgeschlossen, so wird ein Messfenster in geeigneter Größe und Position im Anzeigefeld eingeblendet. Mit der Schaltfläche **Start** kann dann der Strahl aufgenommen werden. Die Größe des Messfensters hängt von der Vergrößerung des Messobjektivs ab. Einflussgrößen sind hierbei das Objektiv und die Wellenlänge.

### Scan

Bei Geräten wie zum Beispiel dem LaserQualityMonitor LQM ist das Messfenster sehr viel kleiner als der mit der x- und y- Achse gewährleistete Messbereich (2 mm x 2 mm). Deshalb wurde die Strahlsuche mit dem Befehl **Scan** ergänzt. Wird ein Scan gestartet, tastet der HP-MSM-HB automatisch den Messbereich ab. Ist ein Punkt maximaler Intensität ermittelbar, zoomt der HP-MSM-HB automatisch auf dieses Gebiet und passt die Messfenstergröße an.

### Größe des Messfensters

Bei der manuellen Strahlsuche können Sie die Lage und die Größe des Messfensters im Dropdown-Menü innerhalb der mechanischen Grenzen selbst festlegen. Die Lage des Messfensters können Sie durch Anklicken und Verschieben des Rahmens mit der Maus verändern.

**Z-Schieberegler**

Die Lage des Fensters in z-Richtung (Höhe) kann durch den z-Schieberegler oder über eine numerische Eingabe festgelegt werden.

**Symmetrisch**

Ist diese Funktion aktiviert, werden nur quadratische Messfenster zugelassen. Soll ein elliptischer oder auch ein rechteckiger Laserstrahl vermessen werden, sollte zur optimalen Anpassung der Messfenster diese Funktion deaktiviert werden.

**Falschfarbendarstellung**

Die Falschfarbendarstellung wird durch Anklicken der entsprechenden Schaltfläche aktiviert. Eine Messung wird mit der Schaltfläche **Start** gestartet. Die Auswahl **Monitor** und das Drücken der Schaltfläche **Start** startet eine fortlaufend wiederholende Messung mit aktuellen Einstellungen. Die Wiederholrate ist abhängig von der räumlichen Auflösung und der Art der Kommunikation zwischen dem PC und dem HP-MSM-HB.

**Zoom-Funktion**

Die Zoom-Funktion ermöglicht eine Detailvergrößerung des Messbereichs.

### 24.3.9 Kaustik (Menü *Messung* > *Kaustik*)

Die Kaustikmessung ist eine Serienmessung, bei der die z-Position variiert wird. Dabei wird jeder z-Position eine eigene Messebene mit den entsprechenden Messergebnissen zugeordnet. Da sich in jeder z-Position Strahlradius und Leistungsdichte verändern, können von Ebene zu Ebene die Lage und Größe des Fensters sowie die Signalverstärkung variieren. Die Parameter werden dabei automatisch angepasst und sind zusätzlich für jede Messebene getrennt einstellbar.

#### Parameter (Startnummer der Ebene und Anzahl der Ebenen)

Unter Start kann die Startnummer der Ebene angegeben werden, bei der mit dem Messen begonnen werden soll. Standardmäßig liegt die Startnummer auf Null und sollte nur verändert werden, wenn man in ein bestehendes Dokument messen und dabei die vorhandenen Messdaten nicht überschreiben möchte. Hat man beispielsweise eine Kaustik mit 21 Ebenen gemessen und möchte den Messbereich zu kleineren z-Werten hin vergrößern, kann man die Startebene auf 21 setzen und den Messbereich entsprechend verändern. Die neuen Messwerte werden dann ab Ebene 21 in das bestehende Dokument geschrieben.

In dem Auswahlfeld Anzahl wird die Anzahl der im vorgegebenen z-Bereich zu messenden Ebenen festgelegt. Hier sollte Folgendes berücksichtigt werden.

- Da die LaserDiagnosticsSoftware LDS die Messebenenabstände immer äquidistant (gleiche Abstände aufweisend) setzt und der Messbereich so gut wie immer symmetrisch um den Fokus liegt, sollte eine ungerade Anzahl von Messebenen ausgewählt werden. So ist immer gewährleistet, dass die Fokusebene gemessen wird.
- Die Strahlvermessungsnorm DIN 11146 schreibt vor, dass mindestens 10 Messebenen gemessen werden sollen. Weiterhin sollen 5 Messungen innerhalb einer Rayleighlänge gemessen werden und die anderen 5 außerhalb von 2 Rayleighlängen. Um allen Anforderungen zu entsprechen, müssen bei äquidistanter Verteilung mindestens 17 Messebenen in einem Bereich von  $\pm 3$  Rayleighlängen gemessen werden.

#### Mode (Automatik und Manuelle Einstellung)

Für die Kaustikmessung gibt es zwei verschiedene Messmodi. Im „Automatik“-Modus bestimmen das Messsystem und die LDS für jede Messebene die ideale Messfensterposition (x- und y-Richtung) und die für den Füllfaktor optimale Messfenstergröße. Weiterhin wird anhand der Vorgaben (Messebenen Anzahl, Messgrenzen z-Richtung) die Ebenenlage in z-Richtung errechnet.



Gerade bei der Anpassung der Messfenstergröße und der Messfensterposition in x- und y-Richtung kann es durch die Anzahl der Iterationen (max. 3 pro Ebene) zu einer verlängerten Messdauer kommen.

Für wiederkehrende Messaufgaben und für Wiederholungsmessungen gibt es deshalb die Möglichkeit den Messmodus auf „Manuelle Einstellung“ zu ändern. Hier übernimmt das Messsystem die Messfensterpositionen und Messfenstergrößen aus der vorangegangenen Messung oder aus einer .ptx-Datei. Dies reduziert die Messdauer deutlich, setzt allerdings voraus, dass der Laserstrahl sich nur minimal in der Lage und seinen Parametern geändert hat.

#### Strahlsuche

In diesem Auswahlfeld wird die Ebene vorgegeben, in der die Kaustikmessung begonnen werden soll. Ist im Dialogfenster **Optionen** die Funktion **BeamFind** aktiviert, ist das auch die Ebene bei der diese Funktion ausgeführt wird. Bei deaktivierter BeamFind-Funktion muss eben diese Ebene manuell vorgemessen werden, um sicherzustellen, dass der Laserstrahl gefunden wird.

Unter dem Menüpunkt **Einstellungen** ist es möglich, das Fenster anzupassen. Die Einstellungen für die räumliche Auflösung der Strahlsuche, den Schwellenwert und die minimale Signalstärke können unter dem Menüpunkt **Details** eingegeben werden.

Die Strahlsuche kann im Menü **Messung > Optionen (nur für advanced User)** durch das Deaktivieren des Kontrollkästchen **BeamFind aktivieren** ausgeschaltet werden.

**Automatische Kaustikmessung (Menü *Messung* > *Kaustik* > *Automatik*)**

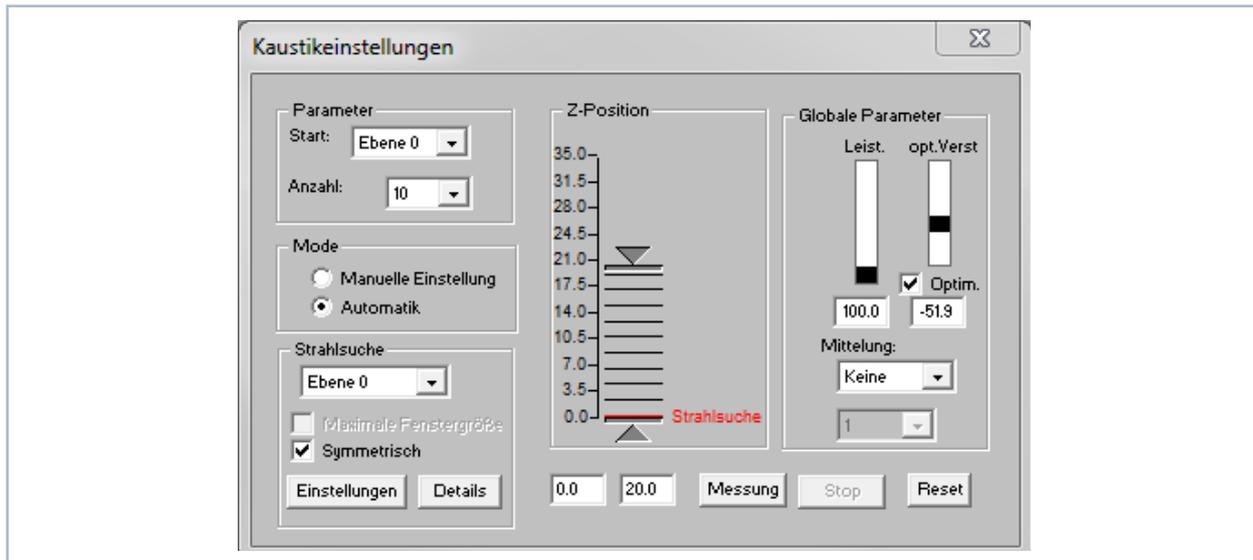


Abb. 24.10: Dialogfenster **Kaustikeinstellungen**

Bei der automatischen Kaustikmessung werden nur noch minimale und maximale z-Position sowie die Zahl der gewünschten Messebenen festgelegt. Der Messzyklus beginnt mit einer automatischen Strahlsuche in der ausgewählten Startebene. Die Strahlsuche erfolgt nur im Bereich des in der Startebene eingestellten Fensters.

Sie können jedoch auch weiterhin die Einstellungen manuell vornehmen. Nachdem die manuelle Einstellung der Messebenen - wie im folgenden Kapitel beschrieben - durchgeführt wurde, können Sie die Kaustikmessung durch Anklicken der Schaltfläche **Manuell** automatisch wiederholen.

Sie können die eingestellten Messparameter wie Fenstergrößen, Fensterpositionen usw. in einer Datei speichern und bei Bedarf wieder laden (**Datei > Messeinstellungen speichern/laden**).

Zum Starten eines Messzyklus klicken Sie auf die Schaltfläche **Messung**. Es werden dann nacheinander alle Ebenen gemessen.

**Manuelle Kaustikmessung als Zeitreihe (Menü *Messung* > *Kaustik* > *Manuelle Einstellung*)**

Die manuelle Kaustikmessung besteht aus einer Abfolge von Einzelmessungen an verschiedenen z-Positionen, wobei die Ergebnisse in jeweils einer eigenen Ebene gespeichert werden.

**24.3.10 Start Justiermode (Menü *Messung* > *Start Justiermode*)**

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

### 24.3.11 Optionen (nur für advanced User (Menü *Messung* > *Optionen*))

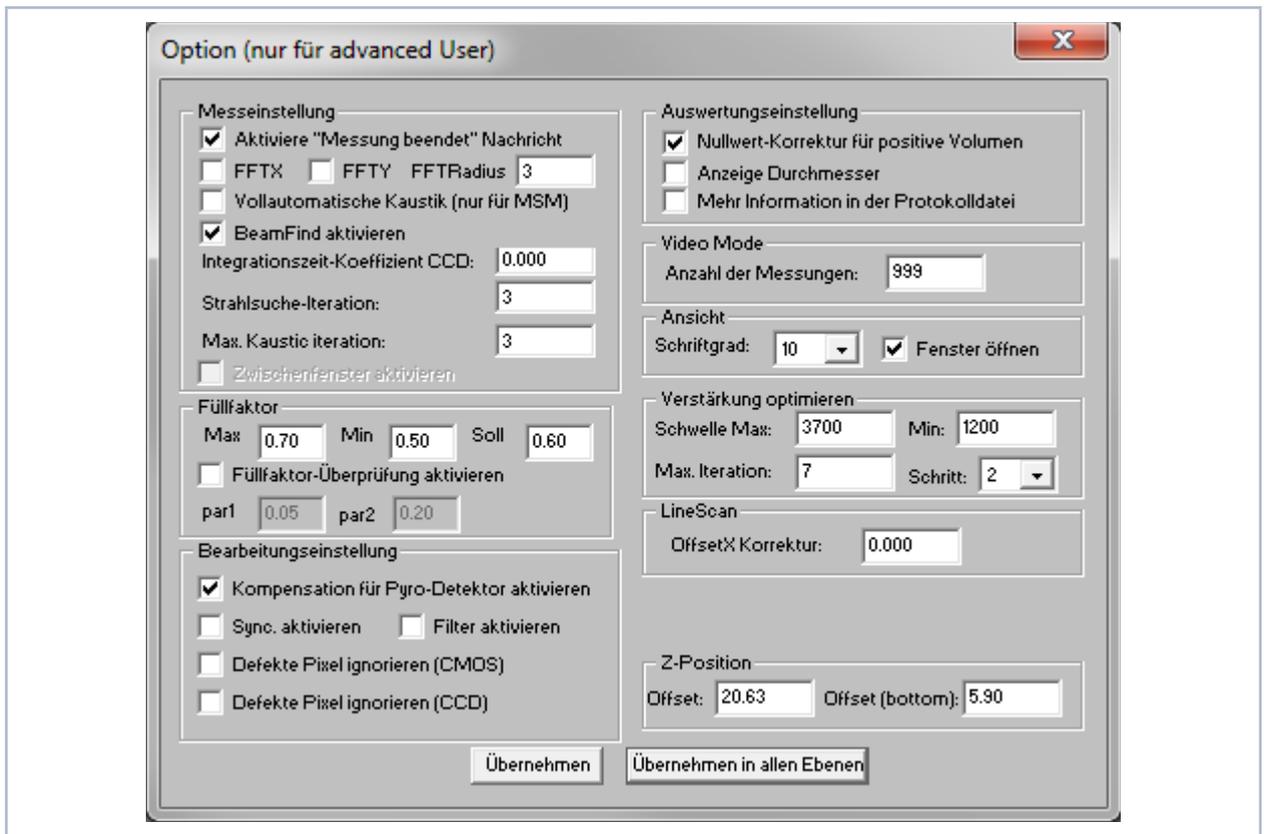


Abb. 24.11: Dialogfenster *Option*

#### BeamFind aktivieren

Die Funktion BeamFind wird bei Kaustikmessungen benötigt. Es handelt sich um einen Algorithmus, der über eine einstellbare Triggerschwelle das Messsignal von den Messartefakten (z. B. Rauschen) trennt und die Größe des Messfensters auf dieses Signal abstimmt. Dieser Algorithmus wird nur in der Strahlsuchebene (Dialogfenster *Kaustik*) ausgeführt. In allen anderen Messebenen wird die Messfenstergröße über den Füllfaktor bestimmt.

Deaktiviert man diese Funktion, muss dem Messsystem die Strahlsuchebene manuell „vorgemessen“ werden. Andernfalls kann es passieren, dass das Messsystem das Messfenster am Rand des Messbereichs positioniert, so dass kein Messsignal darin liegt. Eine sinnvolle Messung ist dann nicht mehr möglich. Schaltet man den BeamFind-Funktion ab und misst dem Messsystem die Strahlsuchebene vor jeder Kaustikmessung vor, kann man pro Kaustikmessung ca. 20 sec Messzeit einsparen.

Fazit: Diese Funktion sollte standardmäßig aktiviert sein, und nur von erfahrenen Usern deaktiviert werden. Das Abschalten dieser Funktion kann bei Kaustikmessungen die Messdauer um ca. 15 % verkürzen.

#### Füllfaktor

Der Füllfaktor ist der Quotient aus dem Strahldurchmesser und der Seitenlänge des Messfensters. Solange das Messsignal nicht beschnitten wird und im Messergebnis keine Rauschanteile und kein Fehler in der Offsetbestimmung enthalten sind, hat der Füllfaktor keinen Einfluss auf die Messgenauigkeit. Da aber jedes reale Messsignal mit Rauschen behaftet ist und da die Genauigkeit mit welcher der Nulllevel eines Messsignal bestimmt werden kann endlich ist, können zu kleine Füllfaktoren zu großen Messungenauigkeiten führen. Je nachdem wie groß das RMS-Rauschen und der Fehler in der Nulllevelbestimmung in einer Messebene sind, hat der für das rechnerisch bestmögliche Messergebnis optimale Füllfaktor einen anderen Wert.

Für TopHat- und Gaußstrahlförmige Laserstrahlen sollte der Füllfaktor zwischen 0,5 und 0,7 liegen. Weist ein Strahl jedoch Beugungsringe auf und sollen diese vollständig im Messfenster liegen, kann der optimale Wert für den Füllfaktor auch zwischen 0,5 und 0,6 liegen.

Standardmäßig sollte der Wert: „Max 0,7 Min 0,5 Soll 0,6“ eingestellt sein. Für stark deformierte Strahlen kann der Wert auf „Max 0,6 Min 0,4 Soll 0,5“ geändert werden.

### **Schriftgrad**

Hier kann die Schriftgröße für die wichtigsten Darstellungsfenster geändert werden. Werkseitig ist 10 Punkt eingestellt.

### **Fenster öffnen**

Bei aktivierter Fenster öffnen-Funktion werden beim Start der LaserDiagnosticsSoftware LDS einige grundlegende Fenster geöffnet. Ist dies nicht erwünscht, kann die Funktion deaktiviert werden.

## 24.4 Darstellung

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 Werkzeuggestreife angezeigt. Um eine Darstellung zu öffnen, wird die zu untersuchende Datei in der Liste der Dateiauswahl selektiert, und danach die gewünschte Präsentationsart ausgewählt.

Mit den Symbolen in der Menüleiste können Funktionen der Dateiverwaltung als auch verschiedene Darstellungsarten direkt aufgerufen werden.



Abb. 24.12: Auswahl eines Datensatzes

In der Auswahl Ebenen kann zwischen verschiedenen Bildspeichern der Messreihe hin- und hergeschaltet werden. Bei aktivierter Ebenenauswahl ist eine Weiterschaltung mit den Cursortasten hoch/runter möglich. Wird die Ebenenauswahl in den Darstellungsmenüs auf **Global** gesetzt, ist ebenfalls eine Weiterschaltung mit den Cursortasten hoch/runter möglich.

In den Menüs für die Darstellungsart der Einzelmessungen (**Darstellung > Variable Schnitte**, **Darstellung > Isometrie** und **Darstellung > 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 Auswahl in der Werkzeuggestreife 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 die Variation der z-Position in den verschiedenen Ebenen wird eine Kaustikmessung realisiert. 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 **Darstellung > Grafische Übersicht**.

**24.4.1 Falschfarben (Menü *Darstellung* > *Falschfarben*)**

Hier wird eine Falschfarbendarstellung der gemessenen Leistungsdichteverteilung erzeugt.

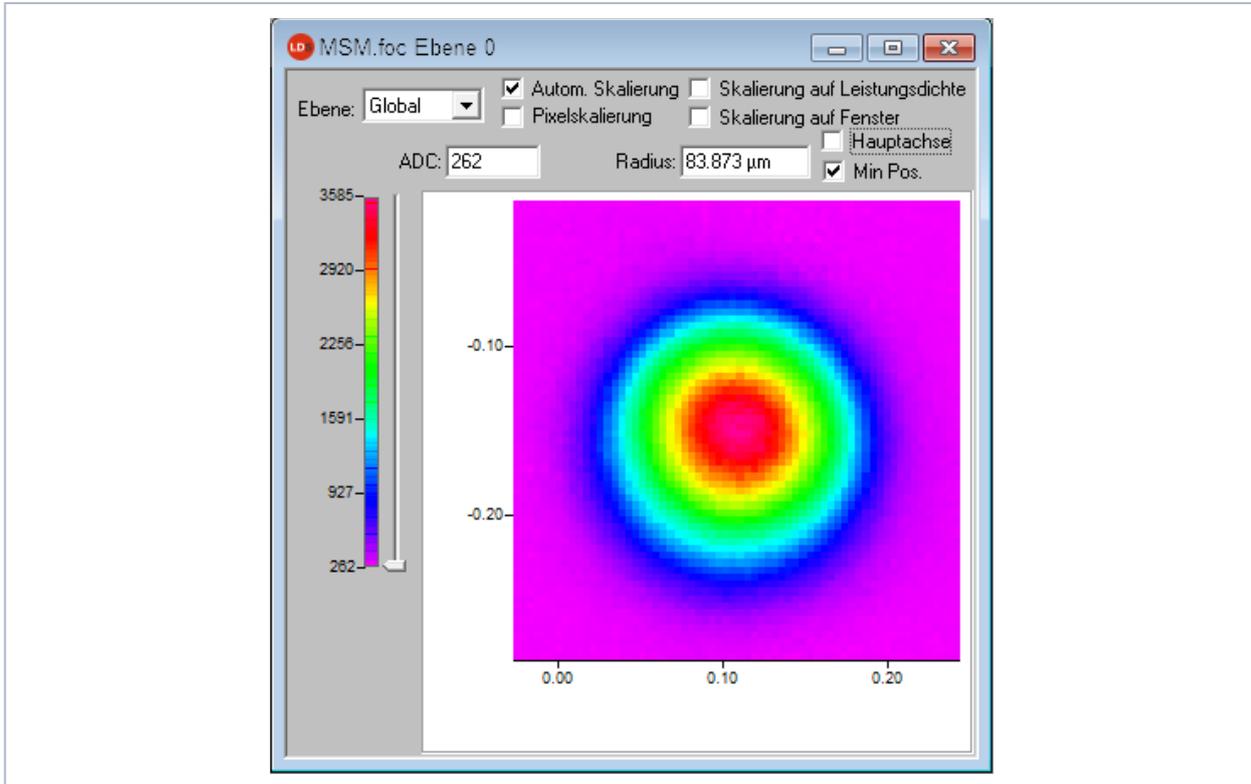


Abb. 24.13: Dialogfenster **Falschfarben**

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.

**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. Auch diese Funktion soll helfen, die verschiedenen Messebenen einer Kaustikmessung besser miteinander vergleichen zu können.

Die Strahlachsen können in sämtlichen Skalierungsarten mit dem Aktivieren des Kontrollkästchen **Hauptachse** eingeblendet werden.

**Linealfunktion**

Durch Klicken mit der linken Maustaste ins Bild kann der Strahl in beliebiger Richtung vermessen werden.

**24.4.2 Falschfarben (gefiltert) (Menü *Darstellung* > *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 Matrize 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.

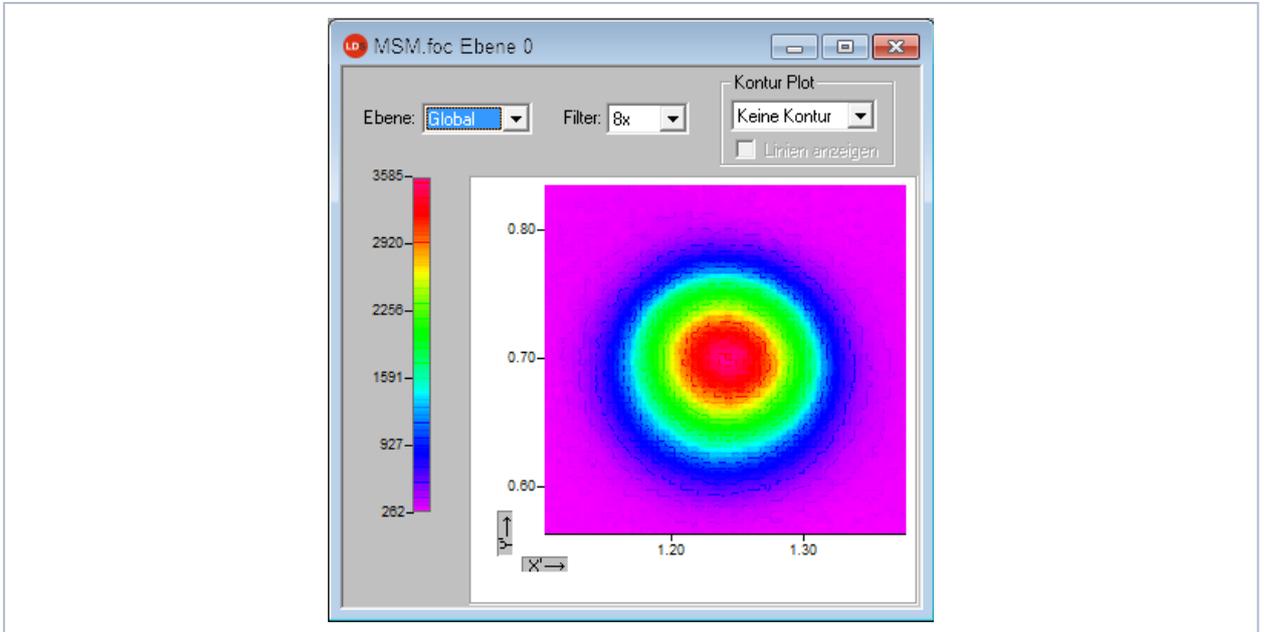


Abb. 24.14: Dialogfenster *Falschfarben (gefiltert)*

**24.4.3 Isometrie (Menü *Darstellung* > *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.

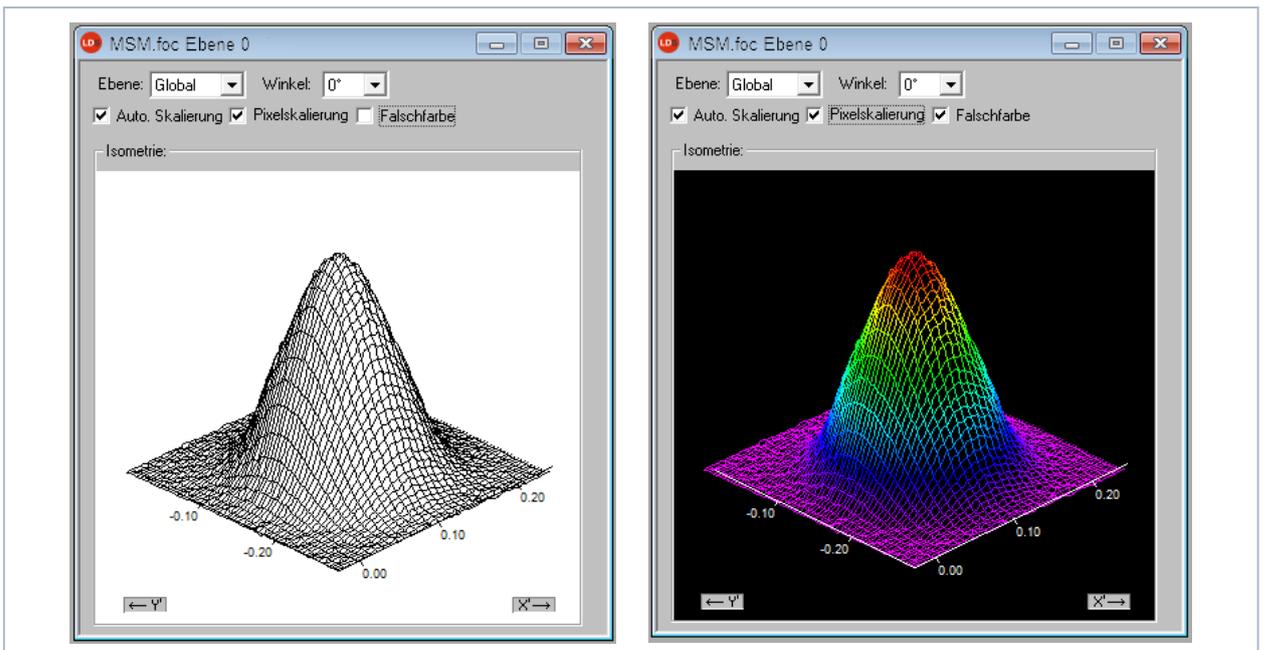


Abb. 24.15: Dialogfenster *Isometrie* (links mit deaktivierter Farbdarstellung)

**24.4.4 Isometrie 3D (Menü *Darstellung* > *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 und mit der rechten Maustaste im Fenster frei positionieren.

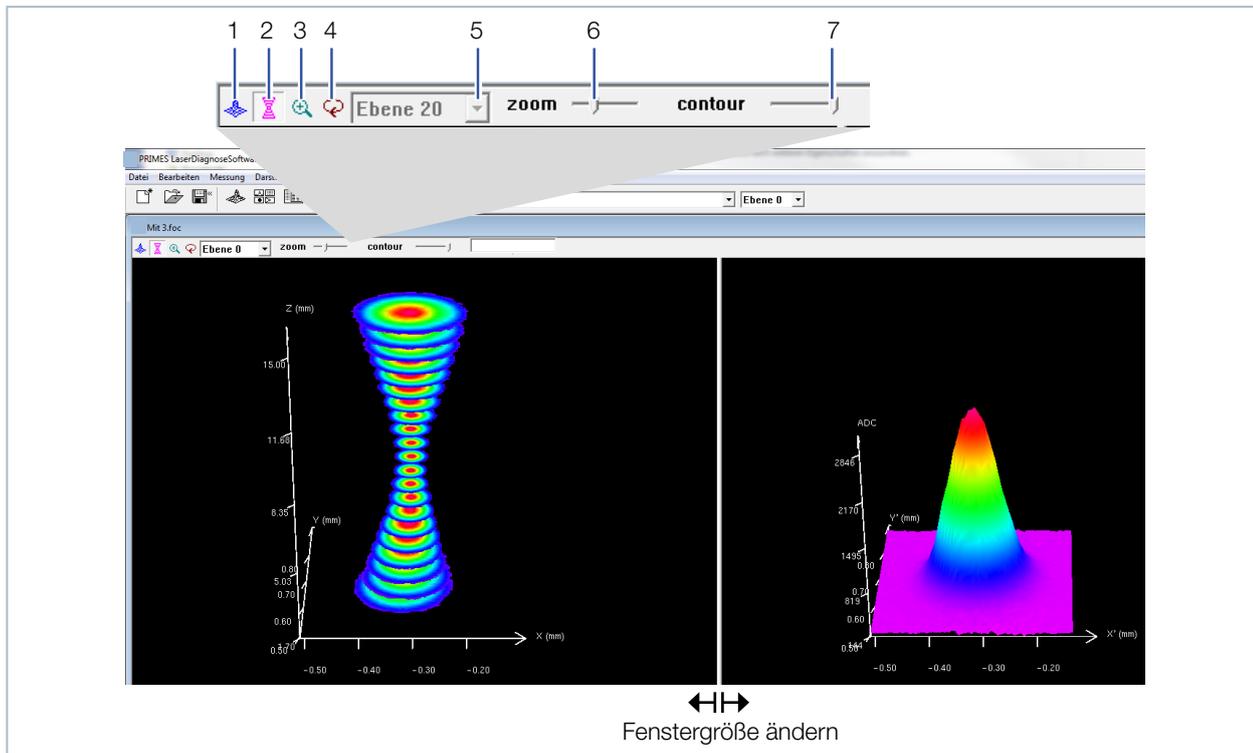


Abb. 24.16: Dialogfenster *Isometrie 3D*

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.
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.

Tab. 24.2: Erklärung der Auswahl- und Einstellelemente

### 24.4.5 Übersicht 86 % bzw. 2. Momente (Menü *Darstellung* > *Übersicht (86%)/(2. Momente)*)

Für die Radiusdefinition gibt es zwei wesentliche Bestimmungsmöglichkeiten:

- Bestimmung der Strahlradien nach der 86% -Leistungsdefinition, (siehe Kapitel 23.2.4 auf Seite 102).
- Bestimmung der Strahlradien nach der 2. Momente-Methode (ISO 11146), (siehe Kapitel 23.2.3 auf Seite 101).

MSM.foc - 86% Übersicht									
Ebene:	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Ebene 4	Ebene 5	Ebene 6	Ebene 7	Ebene 8
Radius [mm]	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.008	0.007	0.007	0.006
Position X [mm]	-0.009	-0.007	-0.009	-0.007	-0.007	-0.008	-0.007	-0.007	-0.006
Position Y [mm]	0.301	0.301	0.302	0.302	0.303	0.300	0.302	0.303	0.301
Position Z [mm]	87.750	87.770	87.790	87.810	87.830	87.850	87.870	87.890	87.910
Nullwert [A/D-Cnts]	315.000	316.750	309.750	316.000	311.750	311.000	310.750	317.000	315.500
Leistung [kW]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Radius inten. [kW/cm²]	4639.407	5281.129	6063.464	8162.947	9482.212	11963.182	15048.296	17934.973	20568.806
Peak inten. [kW/cm²]	28122.200	31650.413	35202.723	43026.258	58523.869	88542.624	124110.121	165071.888	193302.834
Datum:	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016
Uhrzeit:	16:35:12	16:35:13	16:35:15	16:35:17	16:35:19	16:35:20	16:35:22	16:35:24	16:35:25
Brennweite [mm]	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000
Z-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Koordinatenrotation [dg.]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tab. 24.3: Ergebnisfenster **86% Übersicht**

MSM.foc - 2. Moment Übersicht									
Ebene:	Ebene 0	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Ebene 4	Ebene 5	Ebene 6	Ebene 7	Ebene 8
Radius [mm]	0.015	0.014	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006
Radius X [mm]	0.016	0.014	0.013	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006
Radius Y [mm]	0.014	0.013	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006
Winkel [°] (x/y-Richtung)	-2.3	-2.6	-4.0	0.2	-7.1	-12.0	1.0	3.4	13.1
Position X [mm]	-0.009	-0.007	-0.009	-0.007	-0.007	-0.008	-0.007	-0.007	-0.006
Position Y [mm]	0.301	0.301	0.302	0.302	0.303	0.300	0.301	0.302	0.301
Position Z [mm]	87.750	87.770	87.790	87.810	87.830	87.850	87.870	87.890	87.910
Nullwert [A/D-Cnts]	315.000	316.750	309.750	316.000	311.750	311.000	310.750	317.000	315.500
Leistung [kW]	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Radius inten. [kW/cm²]	28122.200	31650.413	35202.723	43026.258	58523.869	88542.624	124110.121	165071.888	193302.834
Datum:	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016	25. 4. 2016
Uhrzeit:	16:35:12	16:35:13	16:35:15	16:35:17	16:35:19	16:35:20	16:35:22	16:35:24	16:35:25
Brennweite [mm]	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000	127.000
Z-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y-Achsen Offset	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Koordinatenrotation [dg.]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Wellenlänge [µm]	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064	1.064
Radius X' [mm]	0.016	0.014	0.013	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006
Radius Y' [mm]	0.014	0.013	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006
Füllfaktor	0.497	0.458	0.420	0.551	0.486	0.425	0.375	0.647	0.590
Elliptizität (Rmin/Rmax)	0.932	0.925	0.920	0.906	0.893	0.890	0.876	0.928	0.940

Tab. 24.4: Ergebnisfenster **2. Moment Übersicht**

Die Parameter und Ergebnisse der aktuell gewählten Ebene sind blau unterlegt. Wenn das Messsignal das Nullniveau nur wenig überschreitet, werden die Messergebnisse nicht schwarz sondern grau dargestellt. In diesem 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 sowie die Kommentare können auch nachträglich geändert werden. Dazu dient im Menüpunkt **Messung > Messumgebung** die Schaltfläche **Aktualisieren**.

24.4.6 Kaustik (Menü *Darstellung* > *Kaustik*)

Die Ergebnisse der Kaustikmessung können Sie mit dem Menüpunkt *Darstellung* > *Kaustik* anzeigen. Die Abb. 24.17 auf Seite 128 zeigt auf der linken Seite die berechneten Strahlparameter wahlweise auf Basis der 86 %-Radien oder die 2. Momenteauswertung nach ISO 11146. In der Bildmitte zeigt die Grafik den Kaustikverlauf an. Die Strahlradien sind dabei in Strahlausbreitungsrichtung aufgetragen. Rechts ist eine Falschfarbendarstellung der mit der Maus angewählten Messebene und deren numerische Ergebnisse eingeblendet, die für diese Ebene berechnet wurden.

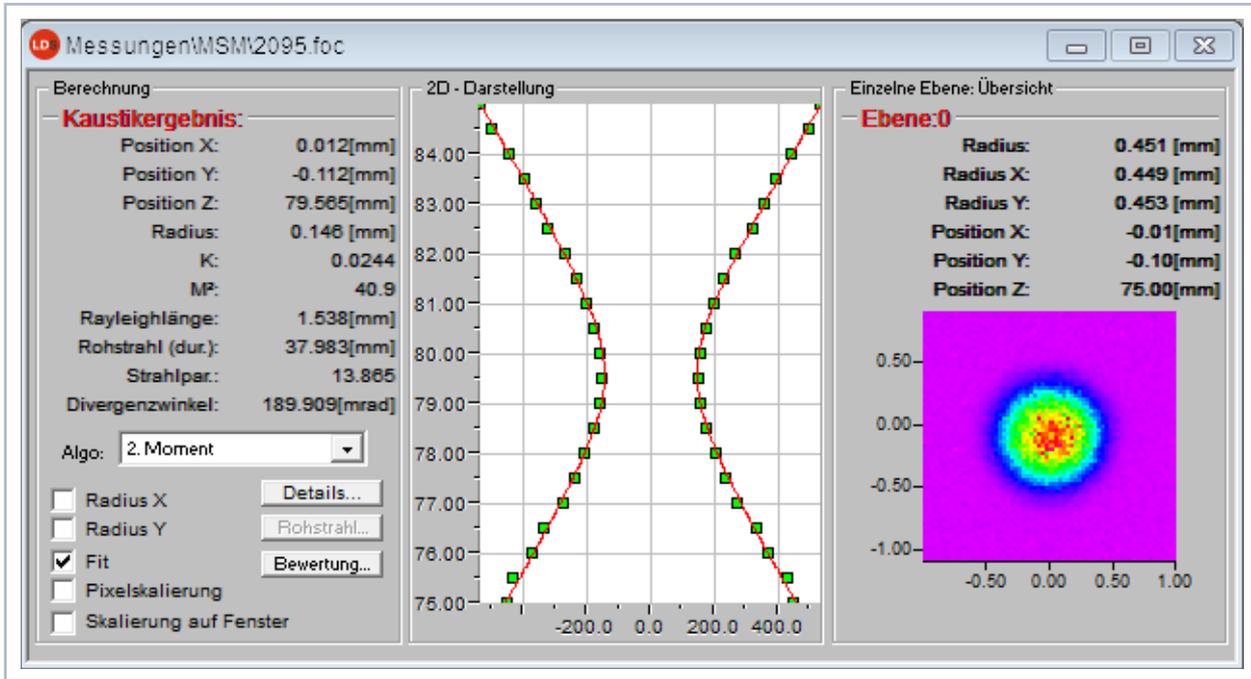


Abb. 24.17: Dialogfenster *Kaustik*

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  $K$
- z-Position
- Fokusradius
- Rayleighlänge

**Normierte Beugungsmaßzahl  $M^2$  (bzw. der Strahlpropagationsfaktor  $K = \frac{1}{M^2}$ )**

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  $M^2$  von 1. Alle anderen Strahlen haben größere Beugungsmaßzahl  $M^2$ -Werte.

### 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.

### 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.

### Rayleighlänge

Die Rayleighlänge ist ein abgeleiteter Parameter und beschreibt den Abstand vom Fokus in z-Richtung, bei dem der Strahlradius um den Faktor  $\sqrt{2}$  ( $\approx 1.41$ ) zugenommen und die Strahlfläche um den Faktor 2 zugenommen hat. Die Rayleighlänge wächst mit der Brennweite der Fokussieroptik und der Strahlqualität. Die doppelte Rayleighlänge ist ein ungefähre 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  $\pm 2$  Rayleighlängen durchzuführen. Wie in der ISO 11146 gefordert, sind 5 bis 6 Rayleighlängen ideal. Dieser Forderung steht jedoch die manchmal schnell sinkende Leistungsdichte des zu vermessenden Laserstrahls gegenüber. Bei einem Abstand von 2 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).

### Zyklische Kaustikmessungen

Zur Durchführung zyklischer Kaustikmessungen sollten die Einstellungen der verschiedenen Aufnahmeparameter in einer Datei gespeichert werden. Diese Daten sind dann bei Bedarf jederzeit verfügbar und können für eine neue Messung verwendet werden. Für eine „schnelle“ Prüfung des Strahls empfiehlt sich eine Messung mit nur wenigen Ebenen, wobei bei Bedarf auch nur ein Teil der Kaustik ausgemessen wird.

Solch ein Messzyklus ist in der Regel innerhalb von 2 bis 3 Minuten beendet; mit einer Ethernet-Verbindung wesentlich schneller. Für Prüfungen nach einem Laser- und Anlagenservice bietet sich eine Messung mit mehr Ebenen an, weil hier die Messergebnisse mit höherer Genauigkeit ermittelt werden.

Zum Start der Messung werden die gespeicherten Kaustikdaten aus einer Voreinstellungsdatei geladen (Menü **Datei > Voreinstellungen** laden). Nach der Eingabe des gewünschten Dateinamens werden die entsprechenden Daten geladen.

Details (Menü *Darstellung* > *Kaustik* > *Details*)

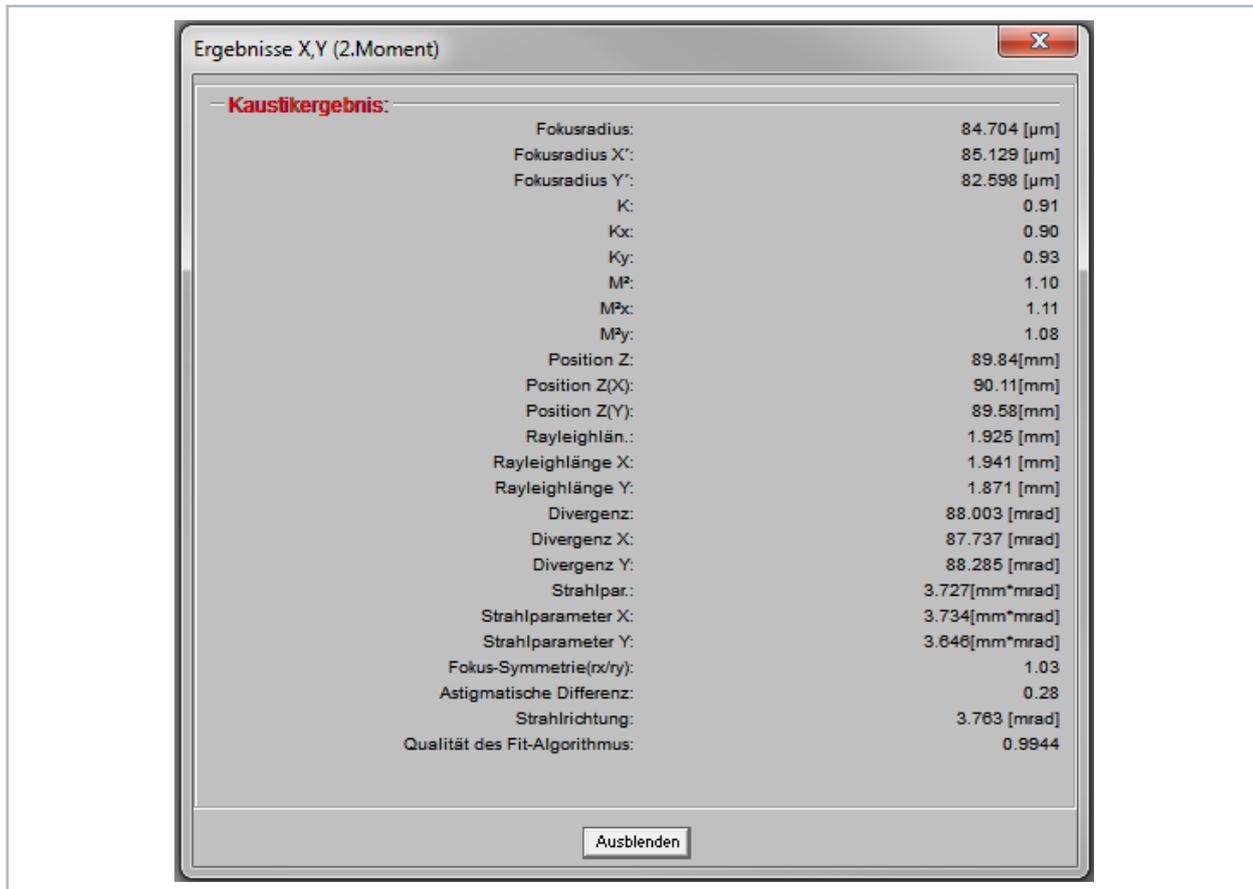


Abb. 24.18: Ergebnisfenster *Ergebnisse X,Y (2. Moment)*

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 Ergebnisfenster bereit.

**Rohstrahl (Menü *Darstellung* > *Kaustik* > *Rohstrahl*)**

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

**Bewertung (Menü *Darstellung* > *Kaustik* > *Bewertung*)**

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

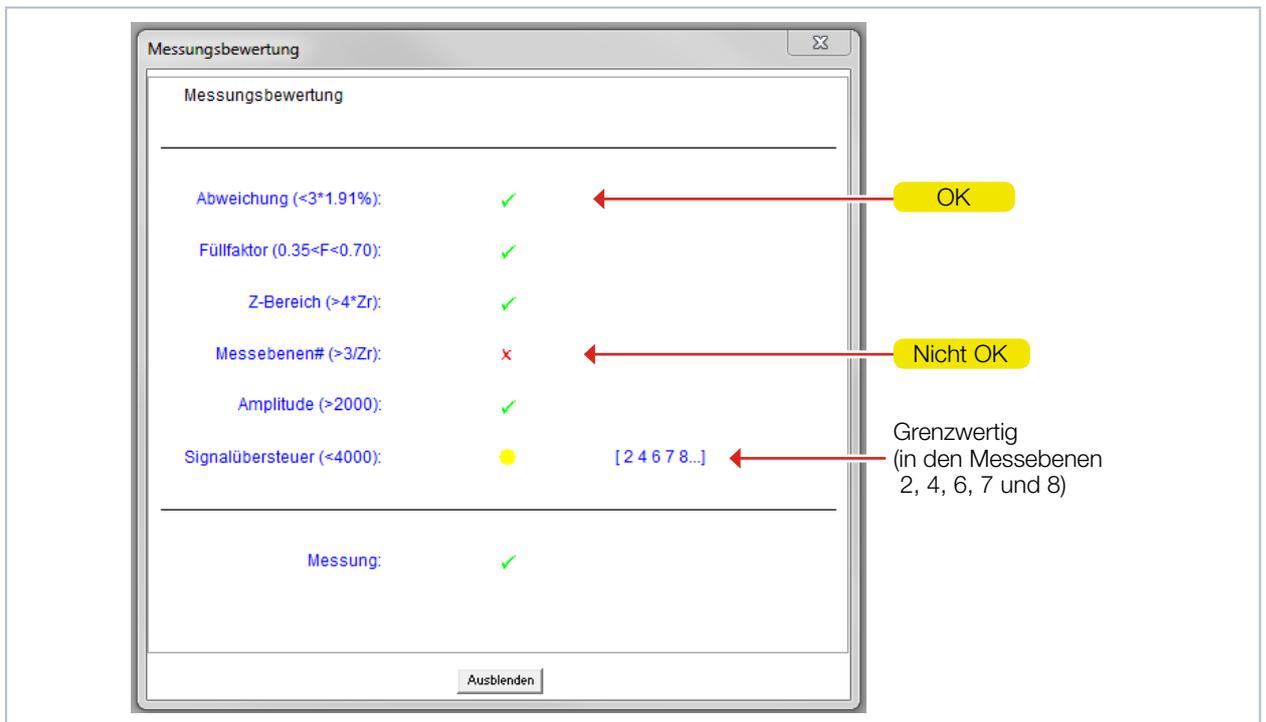


Abb. 24.19: Ergebnisfenster **Messungsbewertung**

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. Bei negativer Bewertung (✗) der Abweichung werden auch die betroffenen Messebenen angezeigt. Die angezeigten Ebenen sind von links nach rechts in der Größe der Abweichung angeordnet. Das heißt, die Ebene, in der die Abweichung am größten ist (siehe Abb. 24.19 auf Seite 131 die Ebene 2) steht an erster Stelle.

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 des Strahldurchmessers zur Seitenlänge des Messfensters	Im Bereich 0,35 - 0,7
Z-Bereich	Messbereich in z-Richtung	Mindestens 4 Rayleighlängen
Messebenen	Anzahl der Messebenen pro Rayleighlänge	Mindestens 3 Messebenen pro Rayleighlänge
$(Z_{\text{Min}} + Z_r) < Z_0 < (Z_{\text{Max}} - Z_r)$	Mindestmessbereich oberhalb und unterhalb der Fokusebene	Der Fokus liegt innerhalb des Mindestmessbereichs und dieser Bereich beträgt mindestens eine Rayleighlänge in jede z-Richtung.
Amplitude (> 2 000)	Signalprüfung	Über 2 000 counts
Signalübersteuerung (<math>\lt; 4 000</math>)	Signalprüfung	Unterhalb von 4 000 Counts

Tab. 24.5: Bewertungskriterien

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.

**24.4.7 Rohstrahl (Menü *Darstellung* > *Rohstrahl*)**

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

**24.4.8 Symmetrieprüfung (Menü *Darstellung* > *Symmetrieprüfung*)**

Dieses Darstellungsmenü prüft die Rotationssymmetrie der Leistungsdichteverteilung eines Laserstrahls. Es kann z. B. in Verbindung mit dem Monitorbetrieb (*Messung* > *Einzelmessung* > *Monitor*) zur Justierung von Laserresonatoren benutzt werden.

Im Folgenden werden in den Abb. 24.20 auf Seite 132 und Abb. 24.21 auf Seite 133 zwei Beispiele für die möglichen Resultate der Symmetrieprüfung an einem elliptischen Strahl gezeigt.

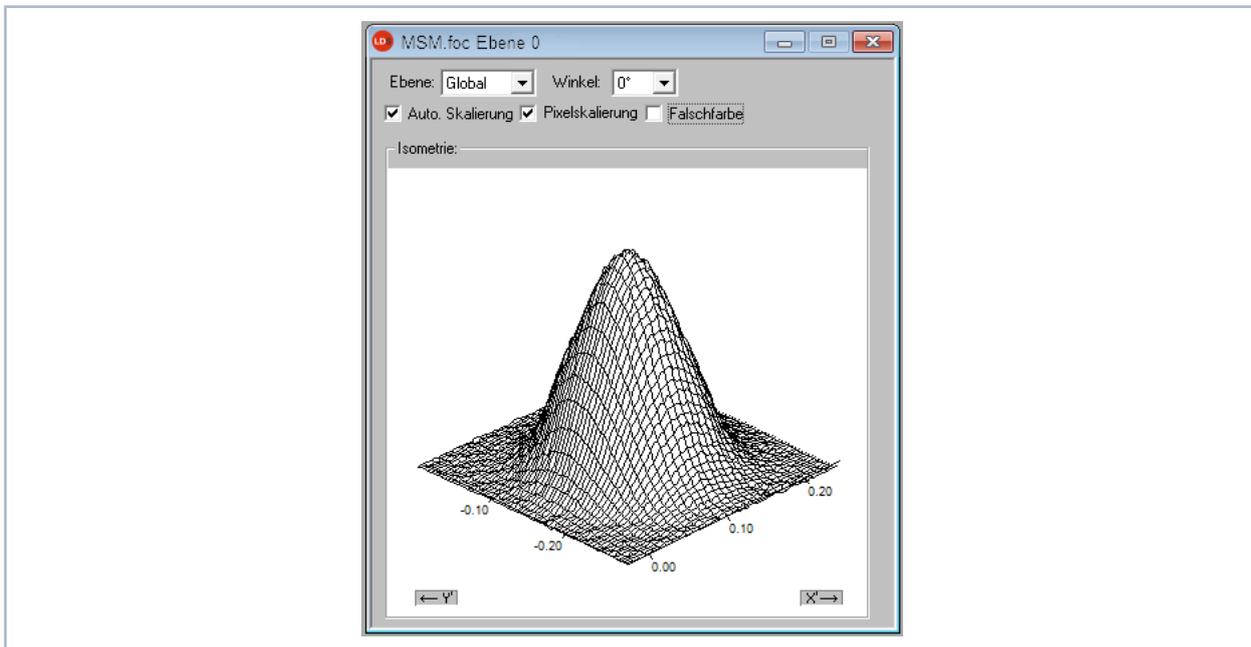


Abb. 24.20: Dialogfenster (Menü *Darstellung* > *Isometrie*) Leistungsdichteverteilung eines elliptischen Strahls

Die in Abb. 24.21 auf Seite 133 dargestellte Leistungsdichteverteilung eines elliptischen Strahls ergibt zusammen mit der *Symmetrieprüfung* folgende Resultate.

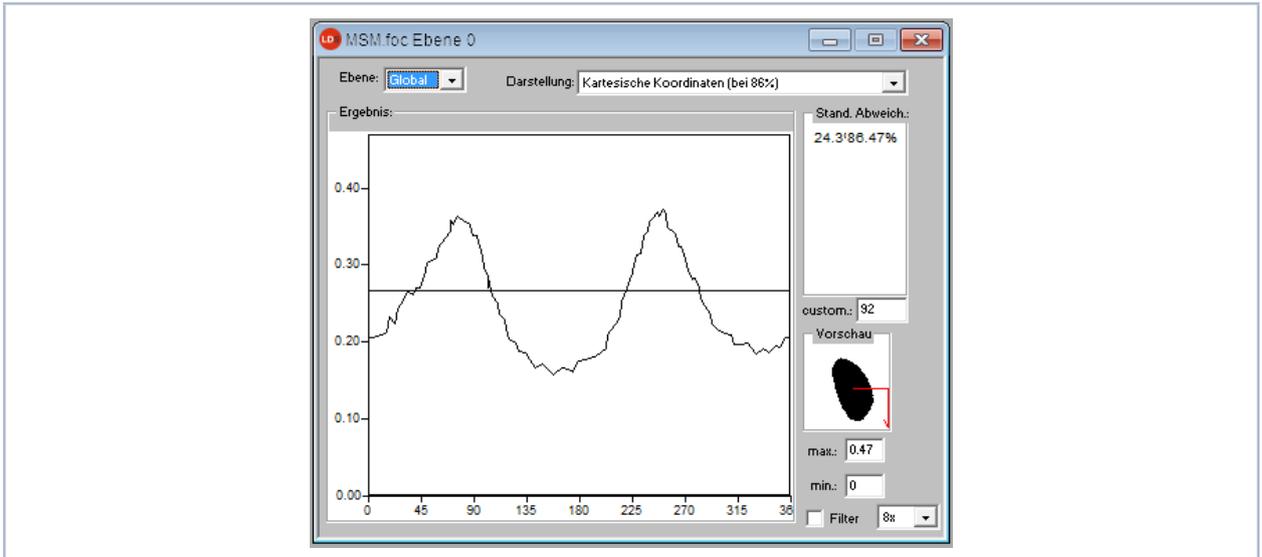


Abb. 24.21: Dialogfenster **Symmetriepfprüfung** in kartesischen Koordinaten für einen elliptischen Strahl

Die Abszisse in Abb. 24.21 auf Seite 133 zeigt den Winkel und die Ordinate den Strahlradius mit den Schnittlinien bei 86 % der Gesamtleistung.

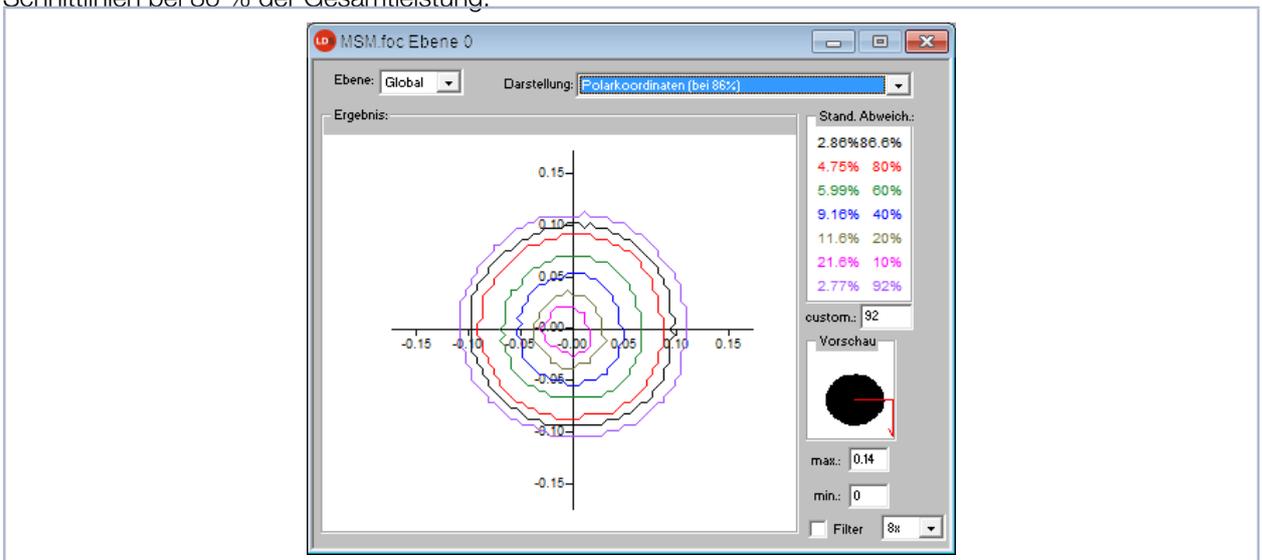


Abb. 24.22: Dialogfenster **Symmetriepfprüfung** in Polarkoordinaten für einen elliptischen Strahl

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. 24.22 auf Seite 133). 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.

### 24.4.9 Feste Schnitte (Menü *Darstellung* > *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.

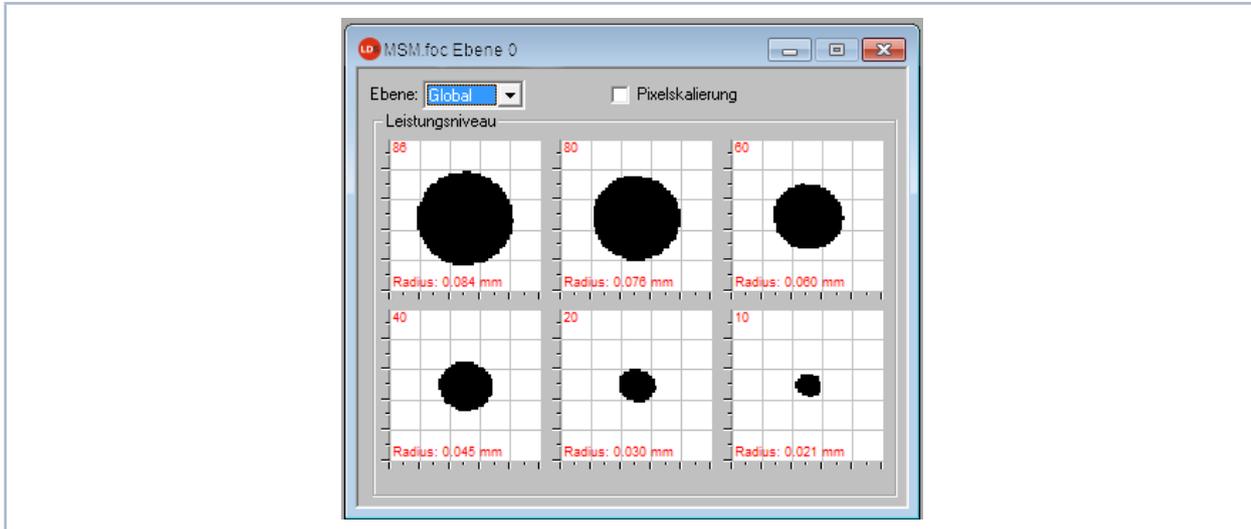


Abb. 24.23: Dialogfenster *Feste Schnitte*

### 24.4.10 Variable Schnitte (Menü *Darstellung* > *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.

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.

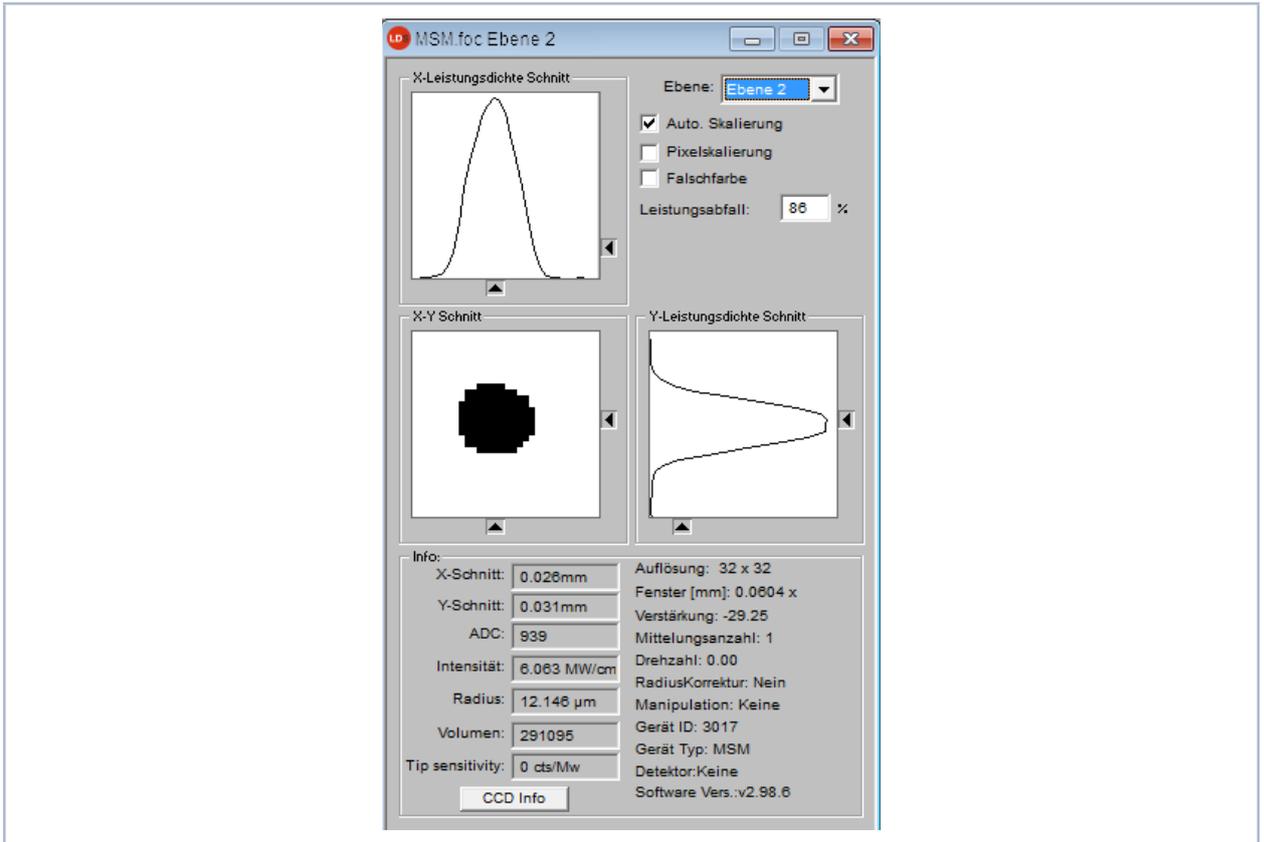


Abb. 24.24: Dialogfenster **Variable Schnitte**

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

Rechts oben kann man auf die Skalierungen umschalten. Darunter befindet sich ein Eingabefeld, in dem Sie den zur Radiusbestimmung erwünschten Leistungsabfall (-einschluss) eintragen können. Dieser Wert korreliert mit den gegebenen Leistungspegeln im Fenster.

Neben diesen Funktionen bietet dieses Fenster noch eine Menge weiterer Informationen über die Bedingungen, unter denen gemessen wurde. Ebenso werden die Verstärkung, die Zahl der Auflösung sowie die zur Messung verwendete Software-Version während der Messung angezeigt.

Ein Klick auf die Schaltfläche **CCD Info** öffnet ein Fenster mit zusätzlichen Informationen zu den Geräteparametern wie Trigger Mode, Trigger Delay, Integrationsdauer, Vergrößerung, Art des Messobjektivs.

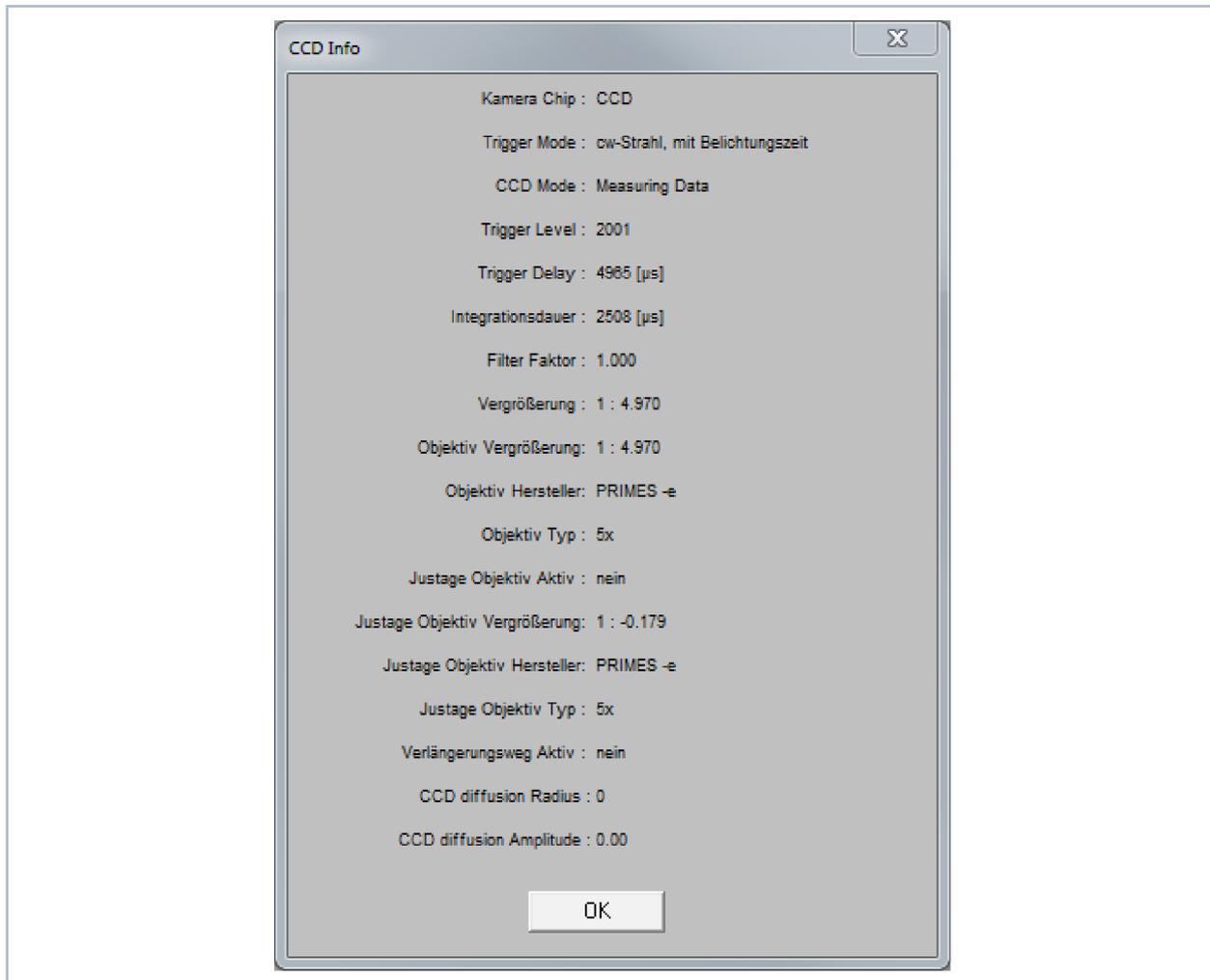


Abb. 24.25: Anzeigefenster **CCD Info**

### 24.4.11 Graphische Übersicht (Menü *Darstellung* > *Grafische Übersicht*)

Das Anzeigefenster **Graphische Übersicht** bietet viele Möglichkeiten, die Messwerte aus den einzelnen Messebenen darzustellen. Insgesamt kann dieses Fenster 20 verschiedenen Graphen darstellen. Die mögliche Auswahl für die x- und y-Koordinaten sind in der Tab. 24.6 auf Seite 137 aufgelistet.

y-Achse	x-Achse
Radius	Leistung
x-Position	Zeit
y-Position	Ebene
Winkel	Position
Elliptizität	

Tab. 24.6: Auswahl für die x/y-Koordinaten

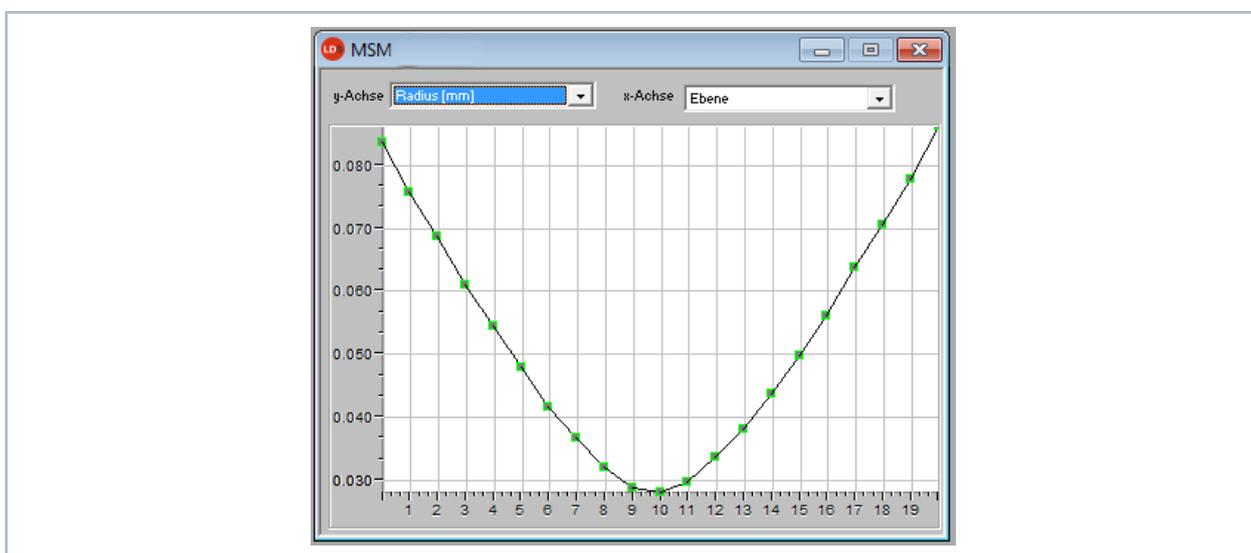


Abb. 24.26: Anzeigefenster **Graphische Übersicht** – Beispiel zur Auswertung einer Zeitreihe - Radius/Zeit

Siehe Kapitel 24.3.9 auf Seite 119, Abschnitt „Manuelle Kaustikmessung als Zeitreihe (Menü Messung > Kaustik > Manuelle Einstellung)“

### 24.4.12 Systemstatus (Menü *Darstellung* > *Systemstatus*)

Für den HP-MSM-HB nicht relevant.

24.4.13 Evaluierungsparameter (Menü *Darstellung* > *Evaluierungsparameter*)

Im LDS-Installationsordner im Verzeichnis „System“ (C:\Programme\Primes\LDS2.98\System) finden Sie vordefinierte Parameterdateien für die Rohstrahlrückrechnung (RawBeamParams.eval) und die Kaustikauswertung (beamparams.eval). Unter dem Menüpunkt *Darstellung* > *Evaluierungsparameter* können Sie diese aufrufen.

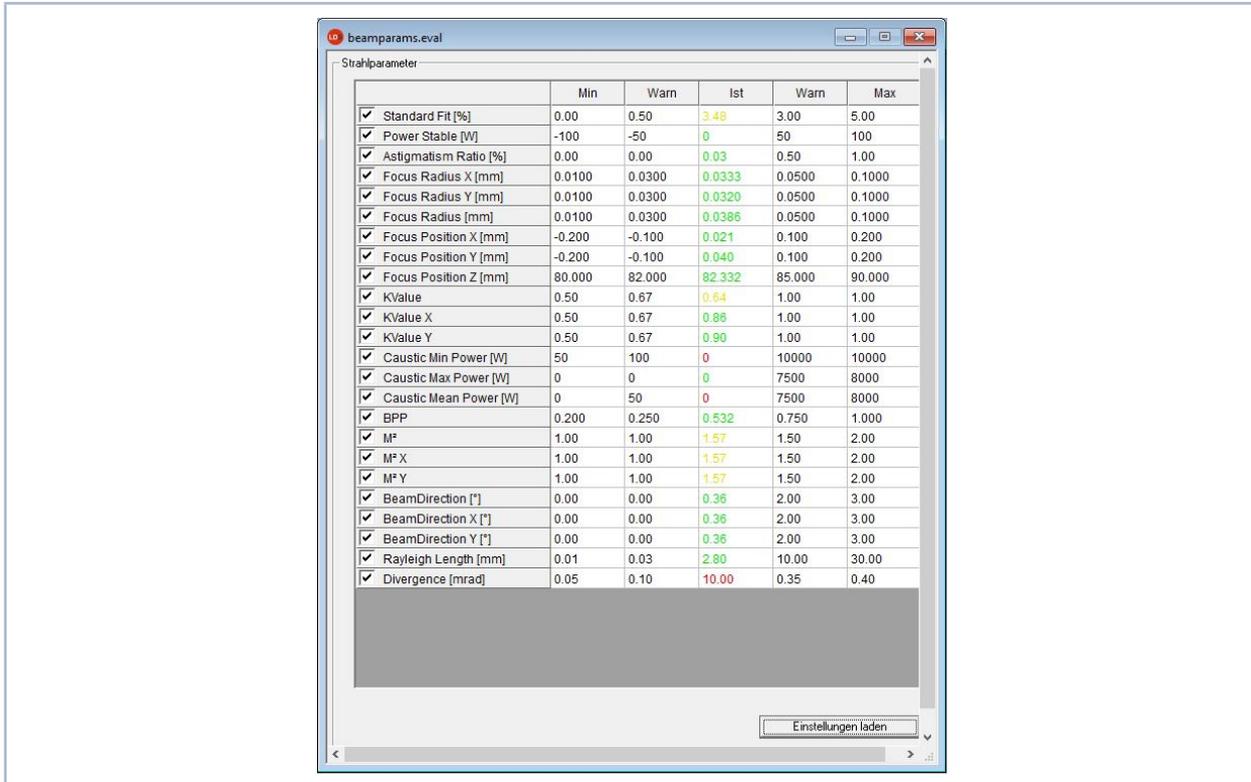


Abb. 24.27: Anzeigefenster *Evaluierungsparameter* mit geöffneter Parameterdatei

Die gewünschten Parameter und ihre Grenzwerte können Sie mit dem Programm „PRIMES-EvalEditor“ vorgeben und in einer Evaluierungsparameterdatei (\*.eval) speichern. Das Programm wird beim LDS-Setup mitinstalliert.

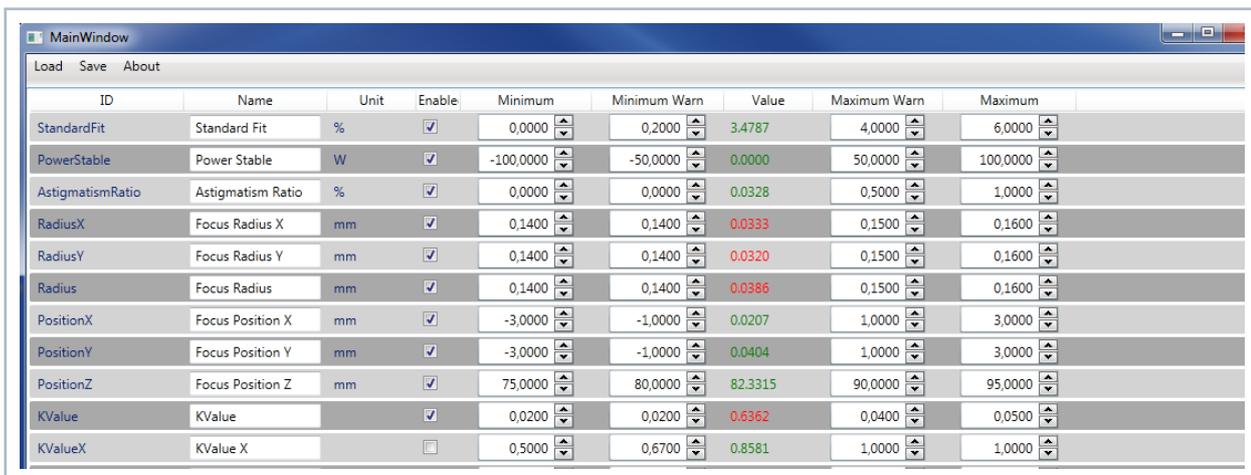


Abb. 24.28: Dialogfenster EvalEditor mit geladener \*.eval-Datei



Die Evaluierungsparameterdatei kann nur angezeigt werden, wenn sich die Datei **BeamControls.xsd** im gleichen Verzeichnis (C:\Programme\Primes\LDS2.98\System) befindet.

#### 24.4.14 **Evaluieren Dokument (Menü *Darstellung* > *Evaluieren Dokument*)**

Die Evaluierungsfunktion vergleicht wählbare Strahlparameter und deren einstellbare Grenzwerte mit den Ergebnissen einer aktuellen oder gespeicherten Messung.

Unter dem Menüpunkt ***Darstellung* > *Evaluieren Dokument*** der LDS wird folgendes Dialogfenster geöffnet:

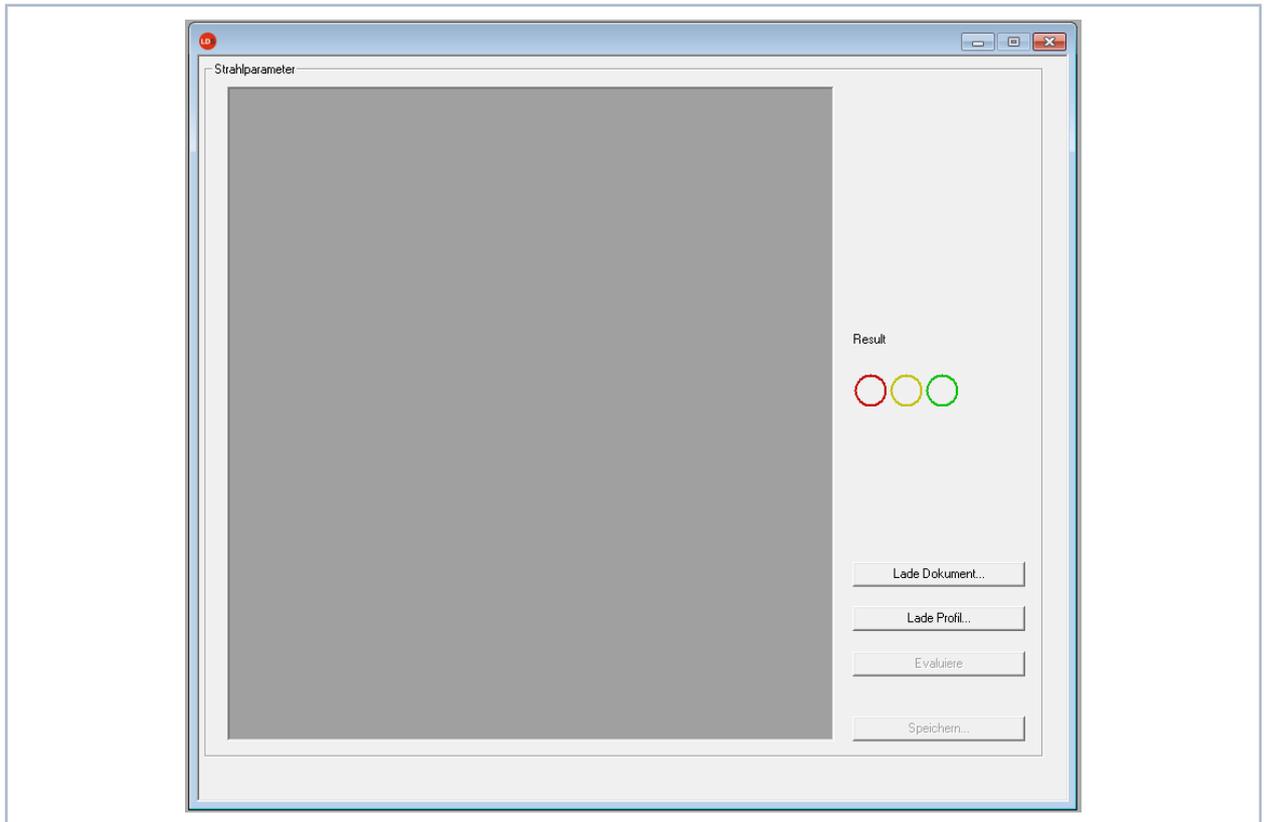


Abb. 24.29: Fenster ***Evaluieren Dokument*** zum Laden einer Evaluierungsdatei

Die Schaltfläche ***Lade Dokument*** öffnet ein Dateiauswahl-Fenster, über das Sie eine gespeicherte Messdatei (\*.foc) auswählen können.

Die Schaltfläche ***Lade Profil*** öffnet ein Dateiauswahl-Fenster, über das Sie eine Evaluierungsparameterdatei (\*.eval) auswählen können.

Die Schaltfläche ***Evaluieren*** löst eine Bewertung aus (siehe Abb. 24.30 auf Seite 140). Die einzelnen Evaluierungsparameter und das Ergebnis der Bewertung werden angezeigt. Die Gesamtbewertung (Result) aller Ergebnisse wird durch ein dreifarbiges Ampelsymbol dargestellt.

Bewertungskriterium: Nur wenn alle Einzelbewertungen in Ordnung sind, wird die Gesamtbewertung im Ampelsymbol grün angezeigt.

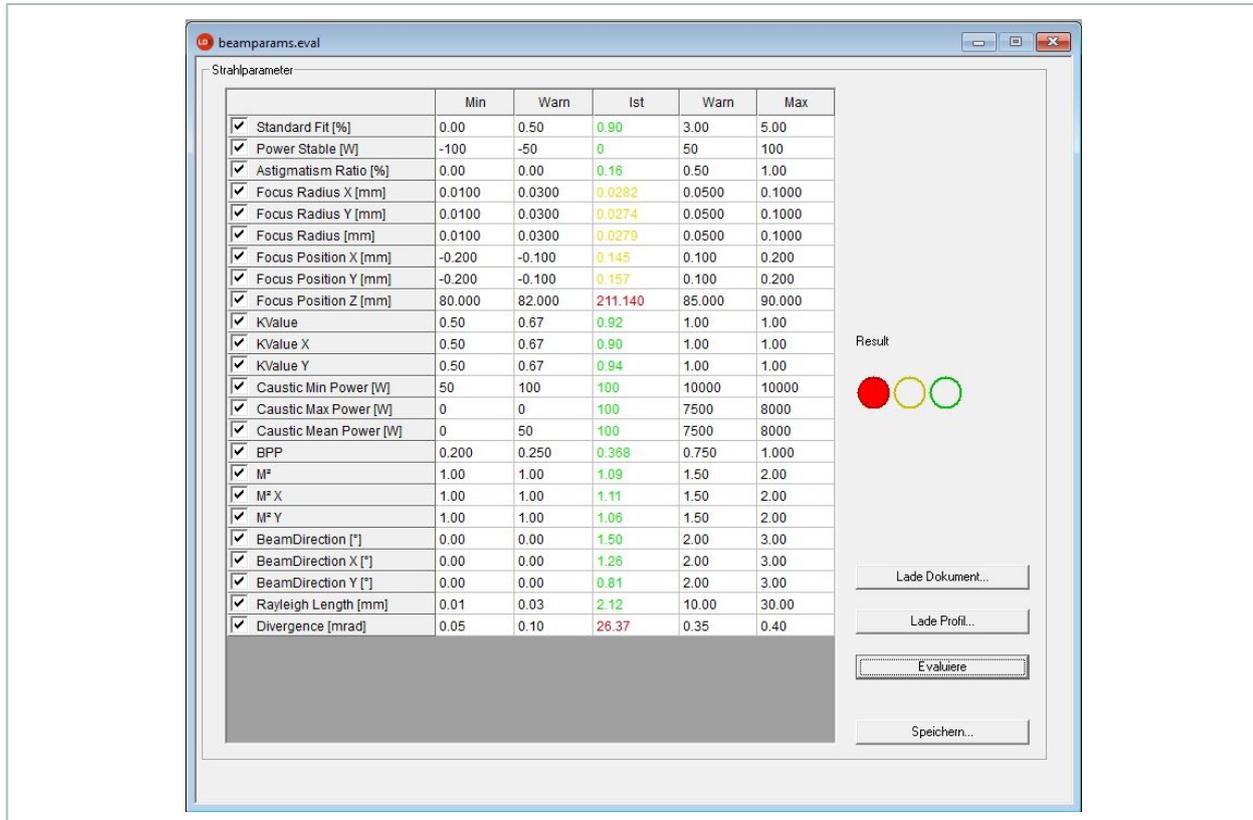


Abb. 24.30: Dialogfenster der Evaluierung

Ein Überschreiten der Warn- oder Grenzwerte hat Einfluss auf die Farbdarstellung im Ampelsymbol. Sobald ein Warnwert über- oder unterschritten wird, ist der gelbe Kreis gefüllt. Werden die Grenzwerte (Min/Max) über- oder unterschritten, ist der rote Kreis gefüllt. Die Ist-Werte in der Tabelle des Bewertungsfensters werden ebenfalls entsprechend farbig markiert.

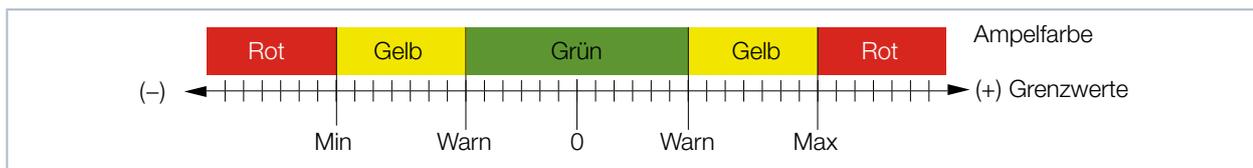


Abb. 24.31: Ampelfarben beim Überschreiten der Warn- und Grenzwerte

Das Gesamtergebnis der Evaluierung können Sie mit der Schaltfläche **Speichern** in einer Datei sichern.

### 24.4.15 Farbtafeln (Menü *Darstellung* > *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.

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.

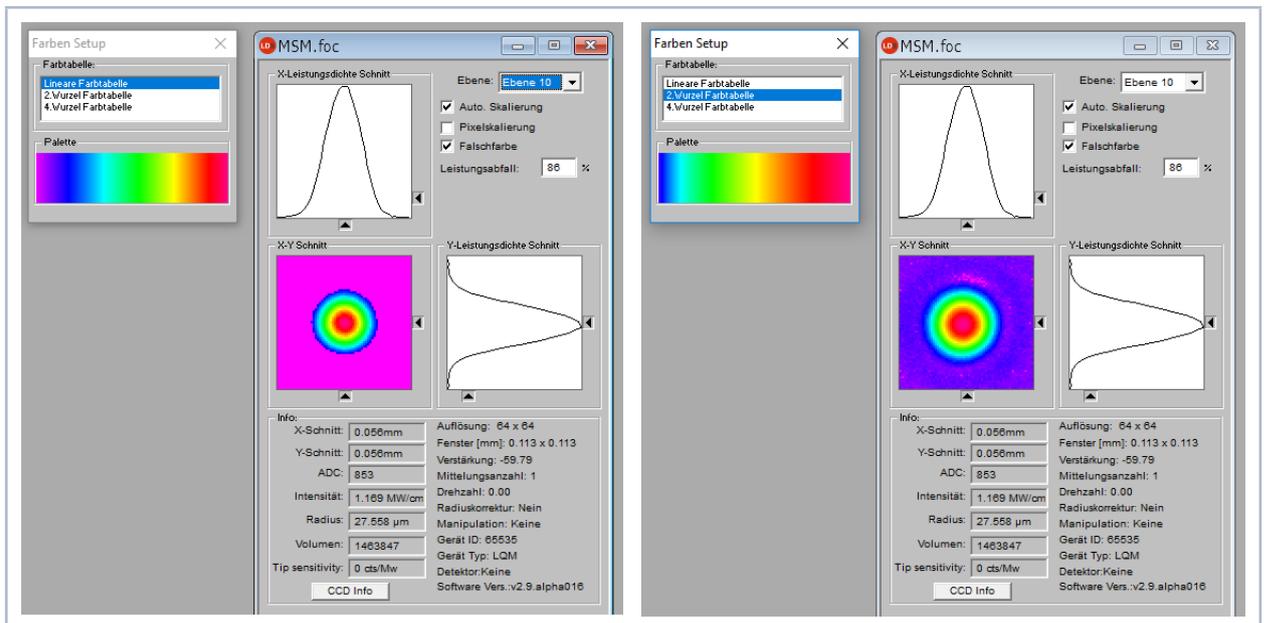


Abb. 24.32: Dialogfenster *Farben Setup* – Lineare Farbtabelle und 2. Wurzel Farbtabelle

### 24.4.16 Werkzeugeleiste (Menü *Darstellung* > *Werkzeugeleiste*)

Durch Anklicken im Menü *Darstellung* > *Werkzeugeleiste* wird die Werkzeugeleiste ein- oder ausgeblendet.



Abb. 24.33: Ein- oder Ausblenden der Werkzeugeleiste

**24.4.17 Position (Menü *Darstellung* > *Position*)**

Dieses Menü ermöglicht es, das Gerät in die Parkposition zu verfahren.

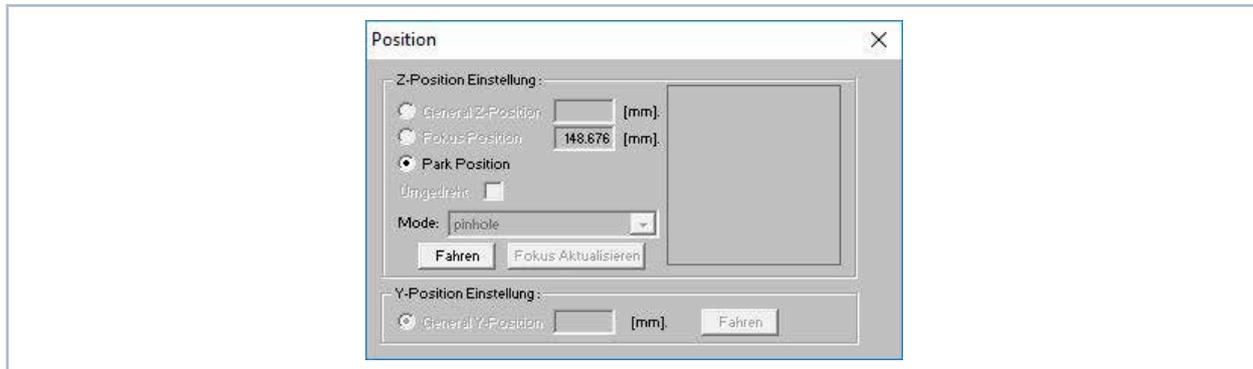


Abb. 24.34: Dialogfenster *Position*

**24.4.18 Evaluation (Option) (Menü *Darstellung* > *Evaluation*)**

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.

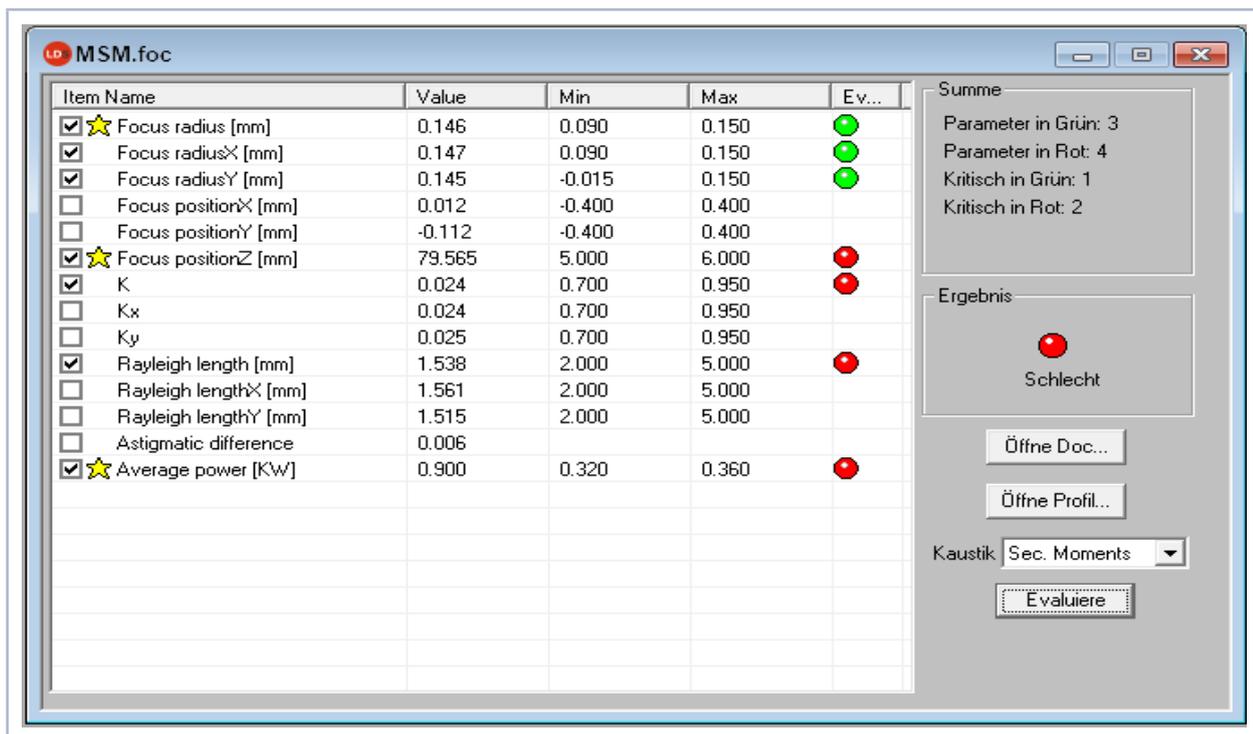
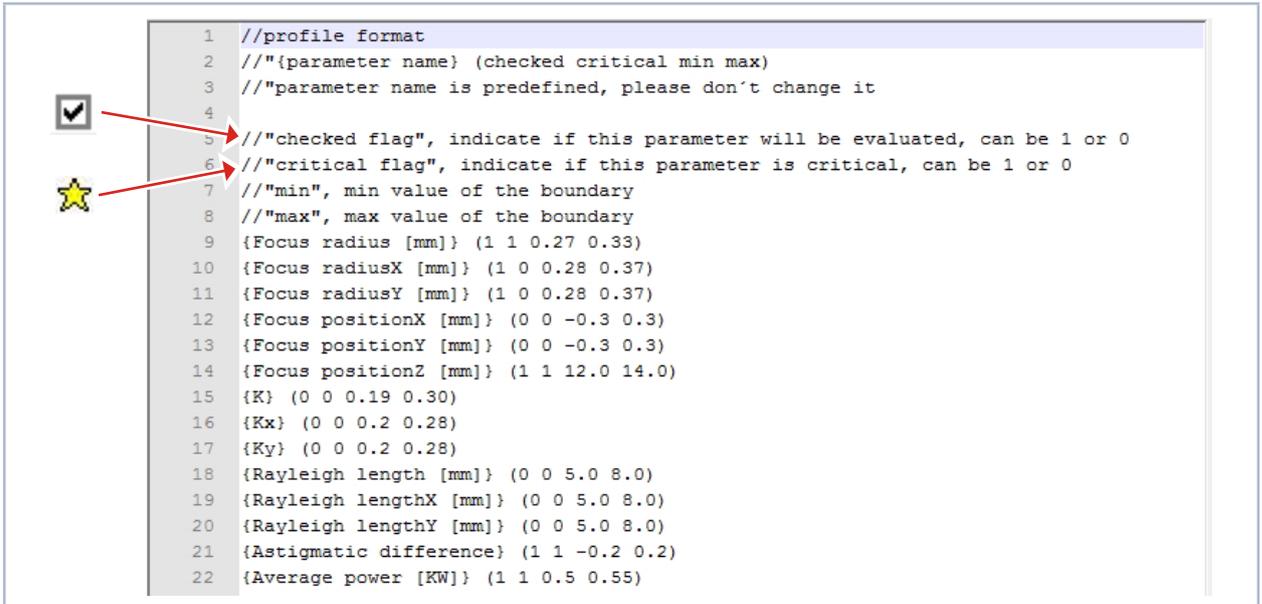


Abb. 24.35: Dialogfenster *Evaluation*

Die Parameter, die Grenzwerte und die Kennzeichnung als kritischer Wert werden in einer Profildatei vorgegeben (Textdatei, siehe Beispieldatei in Abb. 24.36 auf Seite 143).



```

1 //profile format
2 //"{parameter name}" (checked critical min max)
3 //"parameter name is predefined, please don't change it"
4
5 // "checked flag", indicate if this parameter will be evaluated, can be 1 or 0
6 // "critical flag", indicate if this parameter is critical, can be 1 or 0
7 // "min", min value of the boundary
8 // "max", max value of the boundary
9 {Focus radius [mm]} (1 1 0.27 0.33)
10 {Focus radiusX [mm]} (1 0 0.28 0.37)
11 {Focus radiusY [mm]} (1 0 0.28 0.37)
12 {Focus positionX [mm]} (0 0 -0.3 0.3)
13 {Focus positionY [mm]} (0 0 -0.3 0.3)
14 {Focus positionZ [mm]} (1 1 12.0 14.0)
15 {K} (0 0 0.19 0.30)
16 {Kx} (0 0 0.2 0.28)
17 {Ky} (0 0 0.2 0.28)
18 {Rayleigh length [mm]} (0 0 5.0 8.0)
19 {Rayleigh lengthX [mm]} (0 0 5.0 8.0)
20 {Rayleigh lengthY [mm]} (0 0 5.0 8.0)
21 {Astigmatic difference} (1 1 -0.2 0.2)
22 {Average power [KW]} (1 1 0.5 0.55)

```

Abb. 24.36: 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 **Evaluiere**.

## 24.5 Kommunikation

### 24.5.1 Geräte suchen (Menü *Kommunikation* > *Geräte suchen*)

Mit Hilfe dieses Menüs können Sie ein zuvor verbundenes Gerät wieder verbinden.

### 24.5.2 Freie Kommunikation (Menü *Kommunikation* > *Freie Kommunikation*)

Mit Hilfe dieses Menüs können Sie die Kommunikation über den PRIMES-Bus überwachen. Außerdem werden hier die Einstellungen zur Kommunikation vorgenommen (siehe Kapitel 11.3.2 auf Seite 38).

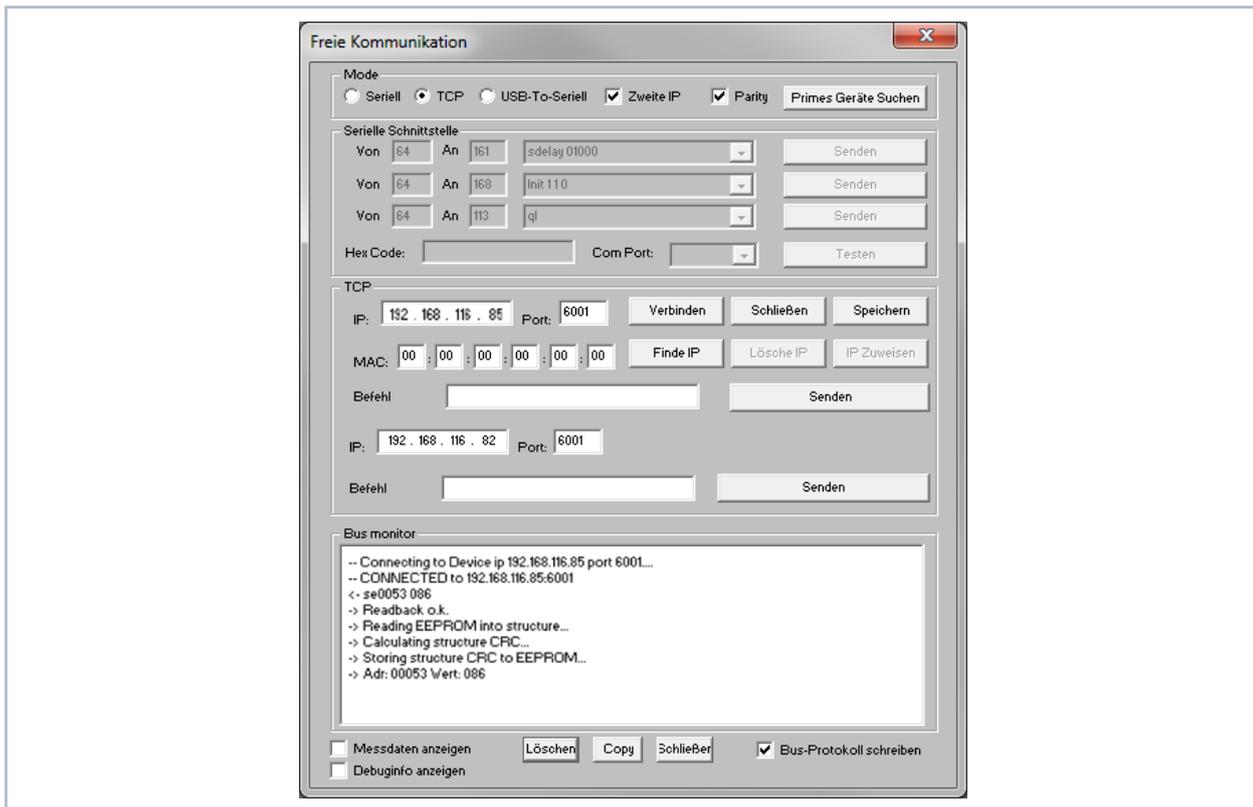


Abb. 24.37: Dialogfenster *Kommunikation* > *Freie Kommunikation*

### 24.5.3 Liste gesuchter Geräte (Menü *Kommunikation* > *Liste gesuchter Geräte*)

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

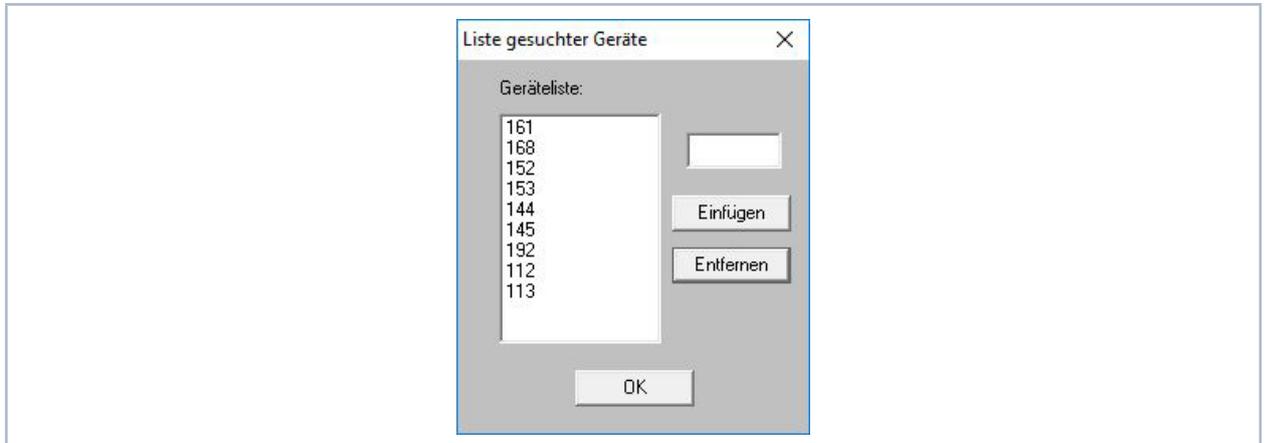


Abb. 24.38: Dialogfenster *Liste gesuchter Geräte*

Die folgenden Adressen für sämtliche PRIMES-Geräte können in der Geräteliste aufgeführt sein:

80, 92, 112, 113, 114, 144, 145, 152, 161, 168

Für den HP-MSM-HB muss die Adresse 161 eingetragen sein.

## 24.6 Skript (Menü *Script*)

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.

### 24.6.1 Editor (Menü *Script > Editor*)

Mit dem Skripteditor können Sie Skripte erstellen, die z. B. komplexe Messabläufe automatisch steuern. Ein Beispiel ist in Abb. 24.39 auf Seite 146 gezeigt.

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.

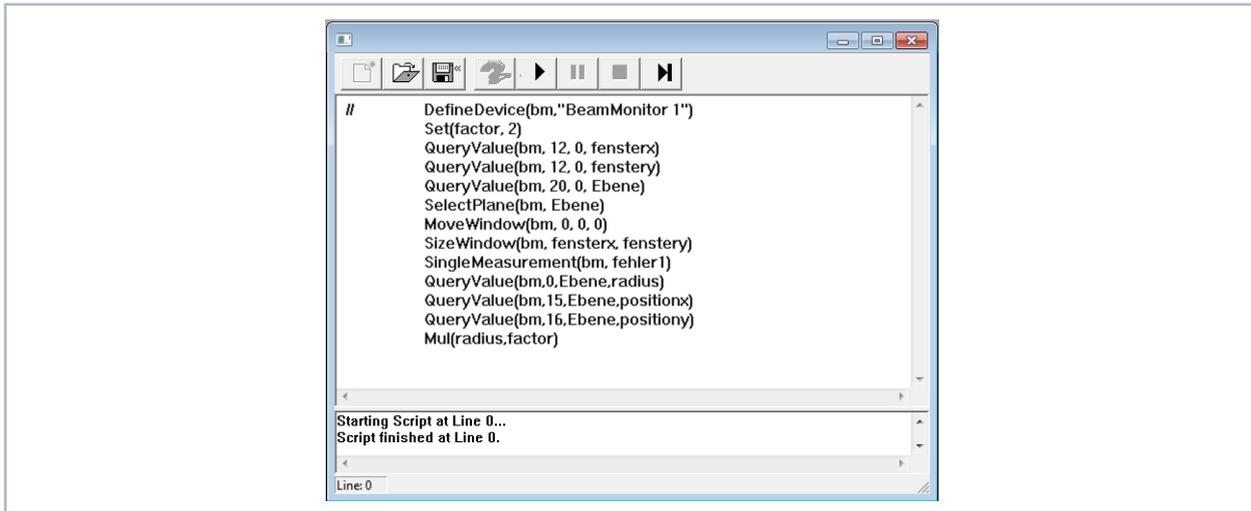


Abb. 24.39: Dialogfenster *Script*

### 24.6.2 Auflisten (Menü *Script > Auflisten*)

Hier werden alle vorhandenen Skripte aufgelistet.



Abb. 24.40: Anzeigefenster *Listing der Skripte*

### 24.6.3 Python (Menü *Script > Python*)

Startet den Python-Editor. Die Grafische Benutzeroberfläche ist identisch mit der in Abb. 24.39 auf Seite 146 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. Für die Programmierung mit Python steht eine separate PRIMES-Dokumentation zur Verfügung.

## 25 Anhang D: Dateiformate

### 25.1 Datei „laserds.ini“ – ein Beispiel

Unten abgebildet ist der Inhalt einer laserds.ini-Datei. Hier sind einige Starteinstellungen des Systems definiert – unter anderem:

- voreingestellte serielle Schnittstelle.
- Einstellungen für die Strahlsuche wie Schwellhöhe und die räumliche Auflösung bei der Suche.

Die Einstellungen können im Windows®-Editor geändert werden. Sollen Änderungen in der Laserds.ini vorgenommen werden muss zunächst die LaserDiagnosticsSoftware LDS geschlossen werden. Die Änderungen werden sonst nicht aktiviert bzw. werden beim Schließen des Programms zurückgesetzt.

```
[Version]
No.=17

[Window]
left=10
top=10
right=1183
bottom=948

[Comm]
Data_Transfer_Mode=0
Port=
HighBaudrate=1
escan=161,168,152,144,145,
192,112,113,80

[Ethernet]
IP=0.0.0.0
Port=6001
MAC Address=00-00-00-00-00-00

[Device]
Type=
ID=-1

[Adresse]
Own=64

[Private]
Mode=0

Flag1=1111
Flag2=0
Flag3=0
[File]
Default=

[Laser]
Wellenlaenge=0.01060000
Drehzahlnr=0
Kamerachip=0
Laserleistung=6000.00000000
Brennweite=127.00000000
StrahlsucheTrigger=150
Strahlsuche Trigger für Pyro=150
Strahlsuche Trigger für Photo=50
StrahlsucheProzent=35
Funkvorhanden=1
Detektortyp=1
SperrbereichY0=8.00000000
...
...
Autoscaleon=1

Extern Z-Axis=0
Tip twisted=0

[Detectorparameter]
Detector 0 Tau1=10
Detector 0 Scale1=-0.1
Detector 0 Tau2=3500
Detector 0 Scale2=0.1
Detector 0 Tau3=0
Detector 0 Scale3=0
Detector 0 Name=Pyro-FM-1
Detector 1 Tau1=0
...
...

[TriggerModi]
TriggerMode 0=Dauer-Trigger
TriggerMode 1=Trigger mit Delay
und folgender Pulslänge
...
...

[Interface]
Startup=0
[Skript]
Startdatei=
[Output]
Out0=Port 0
Out1=Port 1
...
...

[Input]
In0=Port 0
In1=Port 1
In2=Port 2
...
...

[Multimon]
Rescan=32,33,128
Radius=1.

[Kaustik]
FuellMin=0.25
FuellMax=0.4
FuellSoll=0.35
[YAG-Kamera]
Trigger-Mode=0
Trigger-Level=0
Trigger-Delay=0
Puls-laenge=1
CCD-Mode=30

[Export]
Setting=0
[Service]
Firmenadresse=
Servicetechniker=

[BusProtokoll]
Befehl_Nr=0
Datei_Nr=1
Protokoll=0

[SchlittenKonstante]
Offset=1
OffsetFromBottom=5.9

[Process Data]
Mode=0

[View]
Font Size=10
Recent File1=
Recent File2=
Recent File3=
Single Window PositionX=0
Single Window PositionY=0
Caustic Window PositionX=0
Caustic Window PositionY=0
Sensor Window PositionX=0
Sensor Window PositionY=0
Envi Window PositionX=0
Envi Window PositionY=0
MSM Settings Window PositionX=0
MSM Settings Window PositionY=0
MSM Info Window PositionX=0
MSM Info Window PositionY=0
Free Window PositionX=0
Free Window PositionY=0
Power Window PositionX=0
Power Window PositionY=0
Show Measuring Windows=1
[Measurement]

Beamfind Iteration=3
```

## 25.2 Beschreibung des MDF-Dateiformats

Das MDF-Dateiformat ist ein einfaches ASCII-Format, das die wichtigsten Daten einer Strahlvermessung - die räumliche Leistungsdichteverteilung enthält. MDF steht für „mailable 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.

Die Dateien sind wie folgt gegliedert:

- 1. Zeile: MDF100 (file identifier)
- 2. Zeile: Zahl der Bildpunkt: in x-Richtung in y-Richtung
- 3. Zeile: Größe des Messbereichs: Länge in x (mm) Länge in y (mm)
- 4. Zeile: Position entlang der Strahlachse: z-Position (mm)
- 5. Zeile: Transversale Position des Zentrums des Messbereichs: x-pos y-pos (mm)
- 6. Zeile: Verstärkung des Messsignals: Verstärkung (dB)
- 7. Zeile: Zahl der Mittelungen: Zahl
- 8. Zeile: Offset-Wert der vom Messgerät angezeigt wird: Offset - Wert
- 9. Zeile: Wellenlänge-Wert
- 10. Zeile: Leistung-Wert
- 11. Zeile: Brennweite-Wert
- 12. Zeile: Datum, Uhrzeit-Wert

in den folgenden Zeilen stehen die Daten.

Es stehen nicht mehr als 80 Zeichen pro Zeile.

### Kommentare

Kommentare werden als zusätzliche Zeilen eingefügt, in der Zeile nach dem file identifier. Die Kommentarzeile 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

....

....

