

Weißlichtinterferometer

WLI



WLI Anwenderhandbuch

1. Übersicht.....	4
1.1. Technische Daten Grundgerät.....	4
1.2. Verfügbare Objektive	4
Weißlichtinterferometer.....	4
1.3. Funktionsprinzip.....	5
Phasenmessende Interferometrie (EPSI)	6
Kurzkohärente Interferometrie (VSI)	7
Kombiniertes Verfahren.....	7
1.4. Aufbau	8
1.5. Einsatz	8
1.6. Objektivwechsel	8
2. Einzelmessung.....	8
2.1. Video und Bedienpanel	9
Interferometrische Messung	10
Einstellung der oberen und unteren Messbereichsgrenze	10
Objektivauswahl.....	12
Start Messung.....	12
2.2. Messbedingungsdialog	13
Eigenschaftenseite Messung.....	13
Eigenschaftenseite Fläche.....	14
Eigenschaftenseite Daten.....	15
Eigenschaftenseite Optionen	16
Eigenschaftenseite Protokoll	17
3. Gekachelte Messung.....	17
3.1. Übersicht	17
4. Referenzmessung.....	18
4.1. Übersicht	18
4.2. Durchführung der Referenzmessung	18
5. Anhang.....	23
5.1. Objektivliste.....	23
Sektion [Sensor]	24
Sektion [Multi Pinhole Microscope]	24
Sektionen [OBJECTIVE <ident>]	24
Feld Name	24
Feld Reference Measurement.....	24
Feld FOVX	25
Feld FOVY	25
Feld FWHM.....	25
Feld FLAGS.....	25
Feld STEPSIZE	25
5.2. Treiberinstallation	26
USB-Kameratreiber	26
Fire Wire Kameratreiber.....	28
5.3. Anschluß des Weißlichtinterferometers.....	30
Kameraanschluss.....	30
Netzteil.....	30
Serielle Schnittstelle.....	31

WLI Anwenderhandbuch

Piezoversteller	31
Motorisierter XY Verfahrtsch	31
5.4. Konformitätserklärung.....	33

1. Übersicht

1.1. Technische Daten Grundgerät

Modell	WLI-100	WLI-250	WLI-400
Verfahrensbereich axial	100µm	250µm	400µm
Objektivwechsel	manuell		
Kameraauflösung Monochrom	768 x 576 Pixel (USB) 780 x 582 Pixel (FireWire) Megapixelkamera		
Wiederholfrequenz	48-6Hz		
Kamerainterface	USB [®] Fire Wire [®]		
Lichtquelle	Halogenlampe 12V/60W mit Filter 550nm (WLI Eclipse) High Power LED grün 530nm (WLI moB)		
Gewicht	15kg (WLI Eclipse) 1.5kg (WLI moB)		
Auswerteeinheit	Standard-PC (Betriebssystem Windows [®] 7)		
Stromversorgung	230VAC 75VA (ohne PC)		
Optionen	motorisierte Z-Achse motorisierte X/Y-Achse Software für Panoramabilder und Bildzusammenführung		

1.2. Verfügbare Objektive

Weißlichtinterferometer WLI Eclipse

Objektiv	2.5x	5x	10x	20x	50x
numerische Apertur	0.075	0.13	0.3	0.4	0.55
Arbeitsabstand	10.3mm	9.3mm	7.4mm	4.7mm	3.4mm
Bildfeld	5100 x 3825µm	2550 x 1910µm	1275 x 950µm	640 x 480µm	255 x 190µm
Auflösung lateral (geometrisch/optisch)	6.5µm	3.25µm	1.63µm	0.82/0.84µm	0.33/0.6µm
nutzbare Auflösung axial	1nm	1nm	1nm	0.3nm	0.3nm

Weißlichtinterferometer WLI moB

Objektiv	2.5x	5x	10x	20x	50x
numerische Apertur	0.075	0.13	0.3	0.4	0.55
Arbeitsabstand	10.3mm	9.3mm	7.4mm	4.7mm	3.4mm
Bildfeld	6960 x 5220µm	3480 x 2610µm	1740 x 1305µm	870 x 652µm	348 x 261µm
Auflösung lateral (geometrisch/optisch)	9.1µm	4.53µm	2.27µm	1.13/0.84µm	0.45/0.6µm
nutzbare Auflösung axial	1nm	1nm	1nm	0.3nm	0.3nm

1.3. Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip des Weißlichtinterferometers beruht auf der kohärenten Überlagerung einer vom Gerät erzeugten Referenzwelle mit der vom Objekt reflektierten Objektwelle. Die Überlagerung berücksichtigt sowohl die Intensität (Betrag) der beiden Wellen als auch deren Gangunterschied (Phase). Bei einer Veränderung des Abstands zwischen Objektiv und Probenoberfläche um die Strecke Δ und Einsatz einer Beleuchtungswellenlänge λ ändert sich die Phase der Objektwelle um $4\pi \frac{\Delta}{\lambda}$. Das Objektiv wird für jeden Kameraraster um eine Strecke von $\frac{\lambda}{8}$ verschoben und erzeugt einen Phasenfortschritt von $\frac{\pi}{2}$. Das resultierende sinusförmige Helligkeitsmuster wird, getrennt für jeden Pixel, entlang des Bildstapels ausgewertet.

Bei streng monochromatischer Beleuchtung ist das Interferenzmuster bei beliebigem Gangunterschied beobachtbar. Eine Höhenzuordnung ist nur bis auf ganzzahlige Vielfache von $\frac{\lambda}{2}$ eindeutig. Mit zunehmender Bandbreite der Beleuchtung wird der interferenzfähige Bereich kleiner und weist im Bereich scharfer Oberflächenabbildung einen gaußförmigen Verlauf auf. Anhand des Amplitudenverlaufs kann die Höhe eindeutig rekonstruiert werden, bei deutlich geringerer vertikaler Auflösung wie beim phasenbestimmenden Verfahren.

Beide Verfahren werden in der Betriebsart VSI miteinander kombiniert.

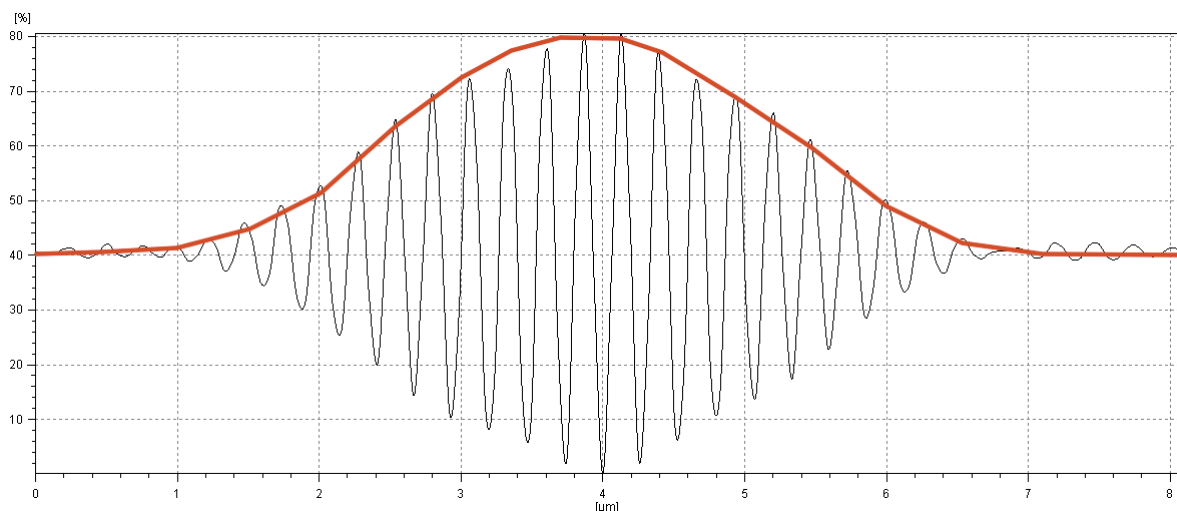


Abbildung 1: Typischer Intensitätsverlauf bei Weißlichtinterferometrie

Der Verlauf der Intensitätswerte wird durch die schwarze Linie, die geschätzte punktweise Amplitude durch die rote Linie dargestellt. Der Intensitätsverlauf ist Grundlage für phasenbasierte Auswerteverfahren, die Amplitude Grundlage für Betriebsart VSI.

Phasenmessende Interferometrie (EPSI)

In den phasenmessenden Interferometriebetriebsarten bestimmt der Auswertalgorithmus anhand einiger Intensitätswerte den Phasenunterschied zwischen Referenz- und Objektstrahl des Kamerapixels. Die berechnete Phase ist auf das Intervall $[-\pi, \pi[$ beschränkt. Die Umrechnung der Phasenwerte in Profilwerte erfolgt mittels des Faktors $\lambda/4\pi$. Oberflächenpunkte mit einem Höhenunterschied von $n\lambda/2$, n ganzzahlig, weisen einen gleichen Phasenwert auf, die Oberfläche erscheint sägezahnförmig gefaltet. Zur Ermittlung des tatsächlichen Oberflächenverlaufs müssen die umgebrochenen Oberflächensegmente zusammengesetzt werden. Dazu ist die Randbedingung $\Delta h < \lambda/4$ mit Δh Höhenunterschied zwischen zwei jeweils benachbarten Pixeln erforderlich. Abbildung 2 zeigt eine typische gefaltete Messung (Tiefeneinstellnormal), Abbildung 3 und Abbildung 4 die rekonstruierte Oberfläche in verschiedenen Darstellungen.

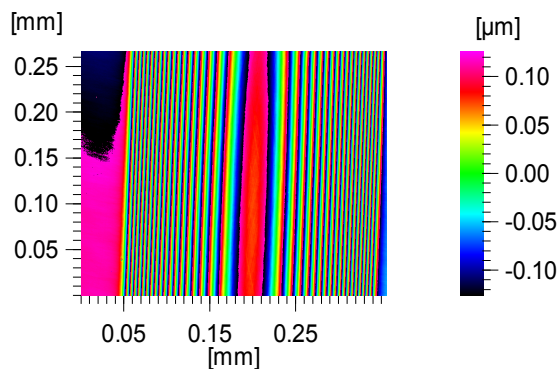


Abbildung 2: Oberfläche vor Rekonstruktion

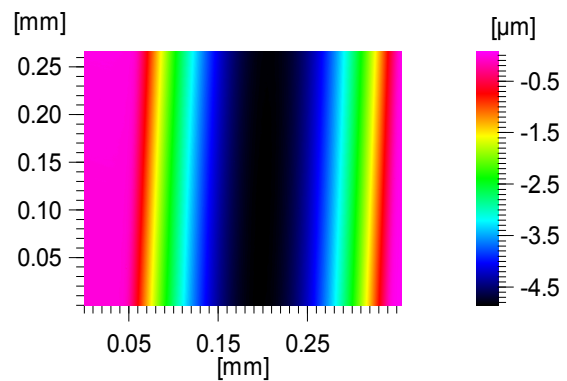


Abbildung 3: Oberfläche nach Rekonstruktion

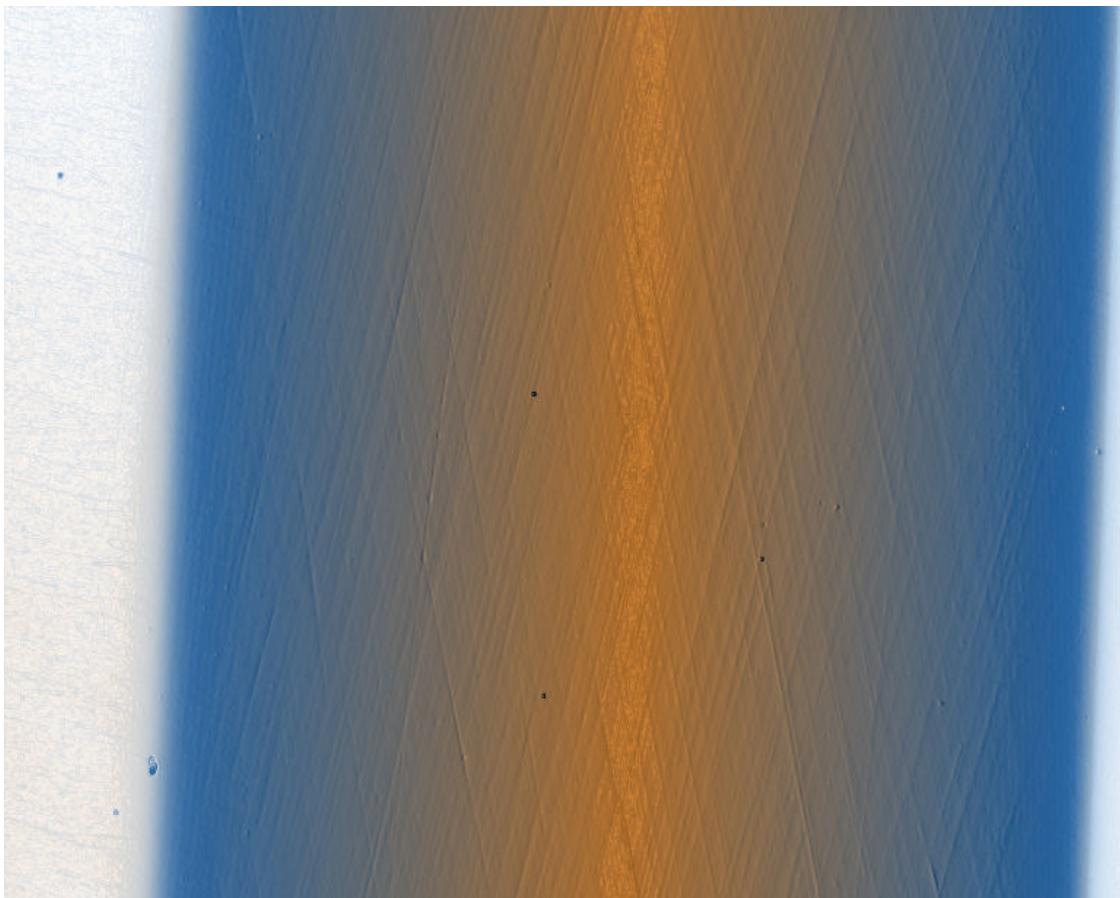


Abbildung 4: rekonstruierte Oberfläche, Kontrastpalette

Beträgt der Höhenunterschied zwischen benachbarten Pixeln mehr als $\frac{\lambda}{4}$ (z.B. entlang der Kanten eines Stufenprofils) ist eine korrekte Rekonstruktion der Oberfläche ohne zusätzliche Daten unmöglich.

Vorteile der phasenmessenden Interferometrie:

- sehr hohe axiale Auflösung bis in den sub-nm Bereich, geringes Rauschen
- unempfindlicher gegenüber niederfrequenten Vibrationen als VSI
- hervorragende Erfassung von Ebenheit und Form glatter, schwach geneigter Oberflächen
- keine Kantenartefakte bei kleinsten Stufenhöhen

Nachteile der phasenmessenden Interferometrie:

- Profilrekonstruktion erfordert maximalen Höhenunterschied zwischen benachbarten Pixeln kleiner $\frac{\lambda}{4}$
- geringe zulässige Oberflächenneigung begrenzt durch Kameraauflösung

Kurzkohärente Interferometrie (VSI)

Bei der kurzkohärenten Interferometrie wird der Amplitudenverlauf der Einhüllenden zur Profilermittlung herangezogen. Das Interferenzmuster tritt nur innerhalb der geringen Kohärenzlänge der verwendeten Beleuchtung auf. Die Einhüllende erlaubt eine eindeutige Profilrekonstruktion, muß aber mittels geeigneter Algorithmen aus den einzelnen Intensitätswerten berechnet werden. Aufgrund seines relativ langsamen Verlaufs ist die erzielbare vertikale Auflösung beschränkt.

Vorteile der kurzkohärenten Interferometrie:

- Eindeutigkeit der Profilrekonstruktion, beliebige Stufen und unzusammenhängende Oberflächen können eindeutig bestimmt werden
- einsetzbar auch auf stark strukturierten und rauen Oberflächen
- höhere laterale Auflösung wie phasenmessende Interferometrie

Nachteile der kurzkohärenten Interferometrie:

- deutlich geringere axiale Auflösung wie phasenmessende Interferometrie
- höhere Empfindlichkeit gegen niederfrequente Vibrationen als phasenmessende Interferometrie
- Möglichkeit von Kantenartefakten bei starken Intensitätsunterschieden oder Stufenhöhen kleiner λ

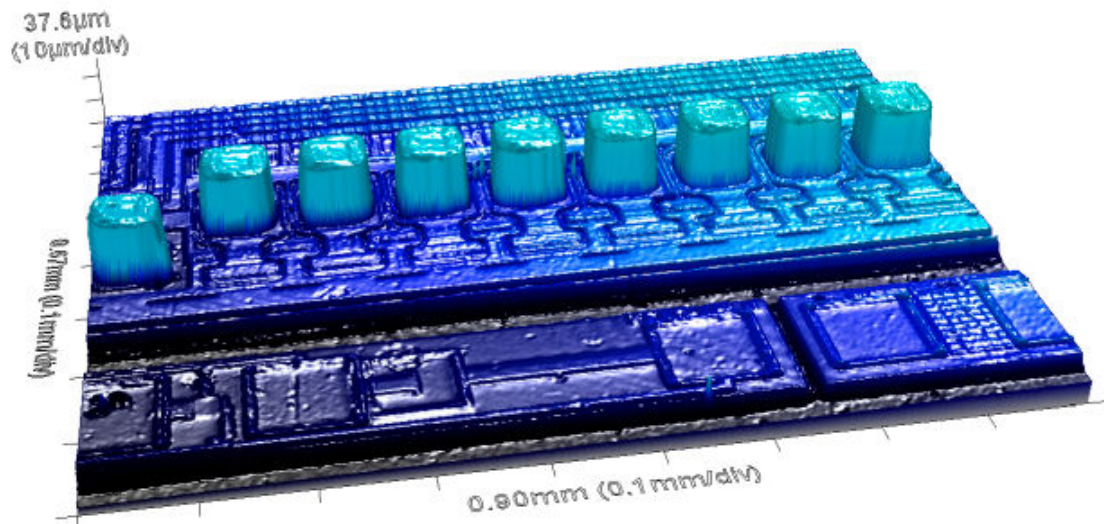


Abbildung 5: Diskontinuierliche Oberfläche im VSI Modus

Kombiniertes Verfahren

Die Vorteile der kurzkohärenten und phasenerfassenden Interferometrie lassen sich kombinieren. Dabei bleiben sowohl die hohe axiale Auflösung als auch die Eindeutigkeit der Profilrekonstruktion erhalten. Anhand des VSI-Kanals bestimmt der Auswertalgorithmus zusammenhängende Bereiche, die die Bedingung

des maximalen Höhenunterschieds erfüllen. Getrennt für jeden Bereich wird das Profilsignal des phasenmessenden Kanals zusammengeführt und entsprechend der Höhe des VSI-Signals positioniert.

Vorteile des kombinierten Verfahrens:

- hohe axiale Auflösung des phasenmessenden Verfahrens
- Eindeutigkeit der Profilrekonstruktion
- Hervorragende Eignung für Ebenheits- Form- und Stufenmessungen.
- keine Kantenartefakte bei kleinsten Stufenhöhen.

1.4. Aufbau

Das Weißlichtinterferometer besteht aus einem Mikroskopstativ mit Beleuchtungseinheit, Bandpassfilter, Kamerasystem und Objektivversteller. Die Steuerelektronik kommuniziert mit dem PC via RS232, die Kamera wird je nach verwendeter Kamera an eine USB- oder FireWire Schnittstelle angeschlossen. Das Mikroskopsystem kann optional um motorisierte Verfahrachsen für Panoramabilder erweitert werden.

1.5. Einsatz

Das Weißlichtinterferometer ist für die Aufnahme von Topografien und Intensitätsbildern geeignet. Aufgrund der Auswertelgorithmen weist das Intensitätsbild Tiefenschärfe innerhalb des Verfahrbereichs des Objektivverstellers auf, frei von defokussierten Bildteilen. Die interferometrischen Betriebsarten eignen sich insbesondere für superglatte bis moderat strukturierte Objekte, großflächige Ebenheitsmessungen und Applikationen mit höchster axialer Auflösungsanforderung.

Die Topografie kann wie gewohnt weiterverarbeitet werden, z.B. für Rauheitsauswertungen, Höhen- und Flächenmessungen.

1.6. Objektivwechsel

Zum Objektivwechsel ist unterhalb des Objektivs ein freier Abstand von mindestens 10mm erforderlich. Je nach Ausführung verfahren Sie den Grobversteller für das Mikroskop nach oben oder den Probentisch nach unten.

Fassen Sie vorsichtig das Objektiv. Lösen Sie die Verschraubung durch Drehen im Uhrzeigersinn. Wenden Sie dabei keine exzessive Kraft auf, und vermeiden Sie eine radiale Beanspruchung des Piezoverstellers. Lassen Sie das Objektiv nicht fallen.

Objektive sind Präzisionsartikel. Bewahren Sie das Objektiv in einer geeigneten Aufbewahrung, z.B. in der Klarsichtdose der Versandverpackung, auf. Vermeiden Sie eine Berührung der Glasflächen der Objektivfront- und Rückseite.

Entnehmen Sie das gewünschte Objektiv aus der Aufbewahrung, und setzen Sie das Gewinde an das Gewinde am Piezoversteller an. Drehen Sie vorsichtig das Objektiv gegen den Uhrzeigersinn, bis das Gewinde greift. Schrauben Sie das Objektiv vorsichtig bis zum Anschlag in den Versteller ein.

Hinweise:

- Der Piezoversteller kann durch unsachgemäße Bedienung leicht beschädigt werden. Insbesondere ist radiale Krafteinwirkung oder Drehmoment, z.B. durch Anstoßen an das Objektiv oder verkantetes Einschrauben des Objektivs oder beschädigtem oder unpassendem Gewinde unbedingt zu vermeiden. Das Mikroskop darf nicht mit montiertem Objektiv transportiert werden. Verschließen Sie die Öffnung im Versteller mit dem mitgelieferten Kunststoffstopfen.
- Manche Objektive müssen mit einer Korrekturplatte versehen sein. Sie sind durch die Angabe $\infty / 0.17$ auf dem Objektiv gekennzeichnet. Diese Objektive werden von uns mit einer passenden Korrekturplatte versehen. Ein Betrieb ohne Korrekturplatte ist in der Regel nicht möglich. Bei Beschädigung oder Verlust der Korrekturplatte ist das Objektiv einzuschicken.

2. Einzelmessung

Bei einer Einzelmessung wird ein einzelnes Bildfeld aufgenommen und ausgewertet. Die Größe des Bildfelds wird dabei durch die Vergrößerung des eingesetzten Objektivs bestimmt. Für die Durchführung einer Einzelmessung stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Messung aus dem Video- und Bedienpanel

- Messung über den Messbedingungsdialog
- Messung über die 'Start'-Schaltfläche der Toolbar

2.1. Video und Bedienpanel

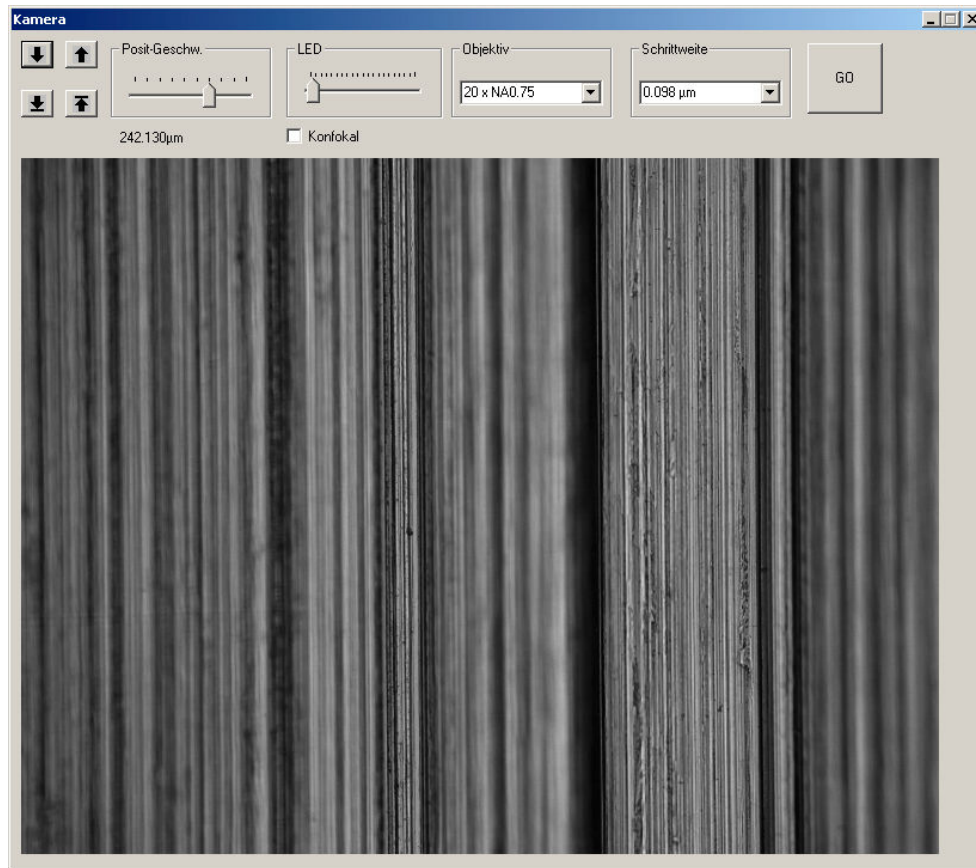


Abbildung 6: Videopanel

Das Videopanel ist zur interaktiven Einstellung der Messbedingungen vorgesehen. Die Bedienelemente sind im oberen Teil angeordnet. Von links nach rechts aufgezählt, haben die Elemente folgende Funktion:



Positionierschaltflächen. Die linke Schaltfläche verfährt den Piezoversteller nach unten, die rechte Schaltfläche nach oben.



Scangrenzenschaltflächen. Die linke Schaltfläche übernimmt die aktuelle Position des Piezoverstellers als untere Messbereichsgrenze, die rechte Schaltfläche als obere Grenze. Unterhalb der Schaltflächen wird die konfigurierte Position angezeigt. Wird die Schrift in roter Farbe dargestellt, muß vor der Messung eine Referenzfahrt der Vertikalachse durchgeführt werden (siehe Handbuch Steuersoftware, Kapitel 3.3).



Positioniergeschwindigkeit. Der Schieber konfiguriert die Verfahrensgeschwindigkeit des Piezoverstellers. Die linke Einstellung konfiguriert eine sehr langsame Verfahrensgeschwindigkeit, die rechte Einstellung eine große Geschwindigkeit.



Die Anzeige gibt die aktuelle Position des Piezoverstellers an. Wird die Schrift in roter Farbe dargestellt, muß vor der Messung eine Referenzfahrt der Vertikalachse durchgeführt werden (siehe Handbuch Steuersoftware, Kapitel 3.3)



Die Bildhelligkeit wird in diskreten Stufen eingestellt, eine Feineinstellung erfolgt über das Bedienelement des Mikroskopstativs.



Objektivauswahl. Wählen Sie in diesem Kombinationsfeld das aktuell eingesetzte Objektiv aus. Die korrekte Konfiguration ist sowohl für den Auswertalgorithmus als auch für eine korrekte laterale Bemaßung des Messergebnisses erforderlich.



Schrittweite. Diese Angabe legt die Höhendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Videobildern fest. Die Schrittweite sollte in Abhängigkeit vom verwendeten Objektiv und dem eingestellten Verfahrbereich gewählt werden. Bei interferometrischer Messung steht nur die vom System vorgegebene Schrittweite zur Verfügung.




Start Messung. Diese Schaltfläche startet eine Messung mit den aktuell konfigurierten Parametern, oder meldet die Parameterübernahme an das Hauptprogramm (siehe Messbedingungsdialog).



Stop und Abbruch Messung. Die Schaltfläche unterbricht die aktuelle Messung. Bei Abbruch einer gekachelten Messung besteht die Möglichkeit, die vollständig aufgenommenen Bildfelder zusammenzusetzen.



Schaltfläche für Parameterübernahme. Die Schaltfläche wird zur Bestätigung einer Konfiguration über den Messbedingungsdialog (z.B. für gekachelte Messung, oder Aufruf aus einer Autoscantabelle) verwendet. Möchten Sie die Einstellungen verwerfen, schließen Sie das Fenster über die Schließen-Schaltfläche  oben rechts.

Im unteren Teil des Dialogs wird das Kamerabild angezeigt. Rot dargestellte Bildteile sind an der Übersteuerungsgrenze. Beachten Sie, daß bei interferometrischer Messung das Korrelogramm ohne Übersteuerung aufgenommen wird. Für die Beurteilung der Bildaussteuerung im Konfokalmodus ist es deshalb erforderlich, den Objektivversteller über den gesamten Meßbereich zu bewegen. Dabei gelangen die unterschiedlichen Höhenschichten nacheinander in den Fokus.

Die nachfolgenden Abschnitte behandeln die Kontrollelemente sowie die erforderlichen Bedienschritte genauer.

Interferometrische Messung







Für die Durchführung einer interferometrischen Messung muß im Objektivauswahlfeld ein Interferometrieobjektiv selektiert und im Objektivversteller bzw. Revolver eingesetzt sein.

Als Auswertverfahren stehen standardmäßig kurzkohärente Interferometrie (VSI) und phasenmessende Interferometrie (PSI) zur Verfügung. Der Auswertalgorithmus für die kurzkohärente Interferometrie kombiniert intern das VSI- mit dem PSI-Verfahren. Dieses Verfahren ergibt auf den meisten Oberflächen das beste Messergebnis.

Einstellung der oberen und unteren Messbereichsgrenze

Grundlage für eine Messung ist die korrekte Einstellung der Meßbereichsgrenzen. Es werden nur Bildsegmente innerhalb der Grenzen erfasst. Zur Einstellung gehen Sie in folgenden Schritten vor:

- Verfügen Sie über eine motorisierte Z-Achse, so öffnen Sie bitte den Dialog für die Tischeinstellung. Verfahren Sie die Z-Achse soweit nach oben, daß das Meßobjekt ohne Kollision unter dem Objektiv positioniert werden kann. Vermeiden Sie unbedingt Kontakt zwischen Probe und dem Objektiv bzw. Piezoversteller.
- Verfügen Sie über eine manuelle Z-Achse, verfahren Sie das Mikroskop mittels der Handkurbel nach oben. Legen Sie die Probe unter das Objektiv. Vermeiden Sie auch hier einen Kontakt zwischen Probe, Objektiv und Piezoversteller.
- Bringen Sie den Piezoversteller etwa in Mittelstellung. Die Position wird in der Positionsanzeige angezeigt. Mittelstellung ist 50µm (WLI-100), 125µm (WLI-250) bzw 200µm (WLI-400). Für eine leichtere oder schnellere Positionierung können Sie die Verfahrensgeschwindigkeit über den Schieber *Positionierungsgeschwindigkeit* anpassen.
- Die Probenoberfläche wird im Videofenster wie in einem konventionellen Mikroskop dargestellt, Bildteile auch weit außerhalb des Fokus bleiben (wenn auch unscharf) sichtbar. Ziehen Sie den Schieber Helligkeit bis erste Bildteile rot dargestellt werden.

- Positionieren Sie das Mikroskop mittels der Z-Achse bis zum Arbeitsabstand des Objektivs. Bei Verwendung einer motorisierten Z-Achse verwenden Sie dazu den Dialog für die Tischeinstellung, bei einer manuellen Achse die Handkurbel. Bei Annäherung an den Arbeitsabstand des Objektivs wird das Bild zunehmend heller, dann wird die Oberfläche sichtbar. Sobald Sie den Arbeitsabstand unterschritten haben, wird das Bild unscharf, und die Helligkeit nimmt wieder ab. In einem sehr schmalen Bereich um den Fokus treten Interferenzmuster auf. Vermeiden Sie Kollisionen des Objektivs mit dem Meßobjekt (das passiert recht schnell bei Verwendung einer motorisierten Z-Achse und numerischer Eingabe einer Zielposition: Notstop ist die ESC-Taste). Während der Annäherung an die Oberfläche kann eine Reduzierung der Bildhelligkeit erforderlich werden. Hinweis: Der Arbeitsabstand der Objektive ist auf dem Objektivkörper unter dem Kürzel WD verzeichnet. Alternativ kann der Arbeitsabstand aus den technischen Daten am Anfang der Anleitung entnommen werden. Sie können zur groben Lagebestimmung auch die Größe des Lichtflecks auf der Probe heranziehen. Der Fleck hat bei korrektem Arbeitsabstand einen Durchmesser von 0.5 bis 3mm, je nach Objektivvergrößerung.
- Legen Sie die Messbereichsgrenzen fest. Stellen Sie den Schieber für Positioniergeschwindigkeit auf etwa 2/3 der Skala. Das ergibt für die meisten Objektive eine sinnvolle Positioniergeschwindigkeit. Beim Durchfahren des Verstellbereichs des Objektivverstellers werden die verschiedenen Höhenschichten nacheinander durchfokussiert und gelangen zur Interferenz.
- Positionieren Sie solange mit der Schaltfläche  nach unten, bis das Interferenzmuster für alle interessierenden Bildteile komplett durchlaufen ist. Drücken Sie dann die Schaltfläche untere Scangrenze festlegen . Positionieren Sie den Versteller mittels der Schaltfläche  soweit nach oben, bis das Interferenzmuster für alle interessierenden Bildteile komplett durchlaufen ist. Drücken Sie dann die Schaltfläche obere Scangrenze festlegen . Sie können die Messbereichsgrenzen nach vorstehender Beschreibung einzeln korrigieren. Wenn Sie den Verfahrensgrenzen des Piezoverstellers nahe kommen, können Sie versuchen, durch Nachpositionierung des externen Z-Verstellers (motorisch oder manuell) den Messbereich zur Mitte des Piezo-Verfahrensbereichs zu verlegen.
- Bei Verwendung der Betriebsart VSI ist es erforderlich, daß das (einige µm breite) Interferenzmuster komplett in den Messbereichsgrenzen enthalten ist, ansonsten wird der Bereich nicht erfasst.
- Legen Sie die Bildhelligkeit fest. Positionieren Sie den Piezoversteller mittels der Schaltflächen  und  innerhalb des Messbereichs, und ziehen Sie den Schieber für die Bildhelligkeit nach links oder rechts, bis die Interferenzmaxima der hellsten Bildbereiche gerade in rot dargestellt werden. Zur Feineinstellung der Bildhelligkeit ist das Bedienelement am Mikroskopstativ vorgesehen:

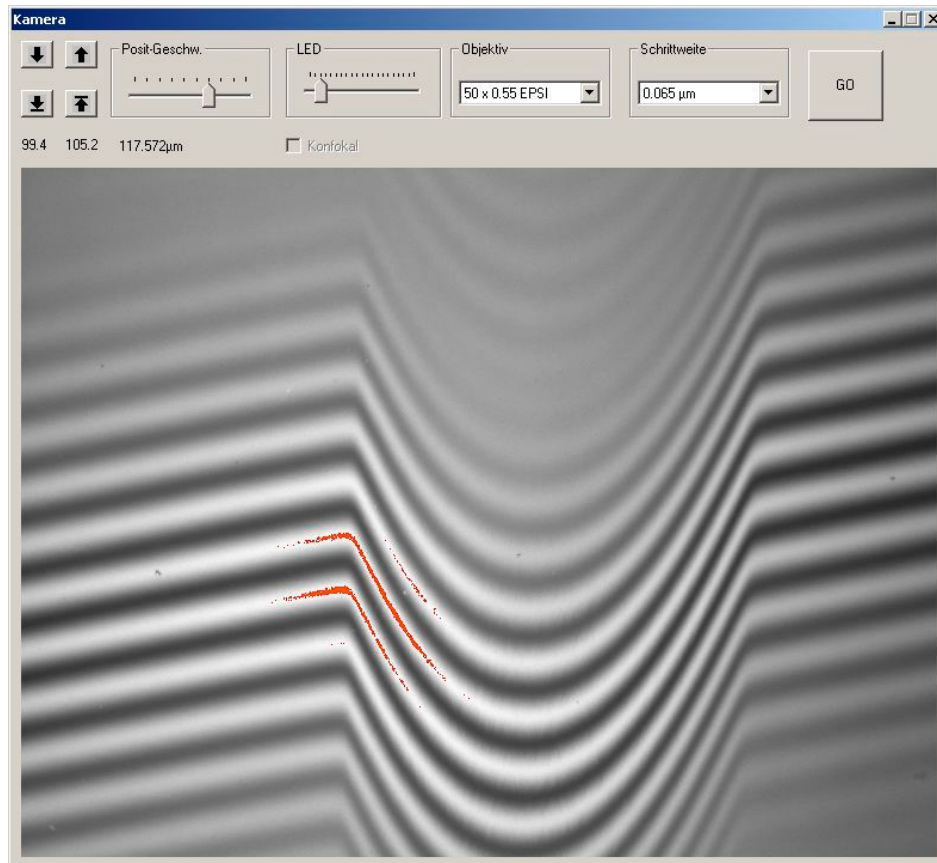


Abbildung 7: Typisches Videobild im Interferometriemodus

- Die Schrittweite wird bei interferometrischer Messung automatisch vorgegeben

Hinweis:

- Interferometrieobjektive weisen aufgrund ihrer Wirkungsweise (Referenzstrahlengang) eine relativ hohe Grundhelligkeit auf. Auch ohne Oberfläche in Fokussnähe ist das Bild aufgehellt, Kontraste der Oberfläche außerhalb des Interferenzmusters sind relativ schwach. Fokussierung auf strukturarme Objekte muß darum vorsichtig vorgenommen werden. Das Interferenzmuster tritt nur einige µm um die optimale Fokusslage auf.
- Interferometrische Objektive sind nicht für konfokale Messungen geeignet.
- Bei Auswertung im VSI-Modus muß für jedes Pixel das komplette Interferenzmuster durchlaufen werden. Das Durchlaufen des Interferenzmaximums ist nicht ausreichend.
- Bei Auswertung im EPSI-Modus sollte für jedes Pixel das Interferenzmaximum durchlaufen werden.
- Interferometrische Messungen sind empfindlich gegen äußere Vibrationen. Die Verwendung eines wirkamen Schwingungsisolators wird dringend empfohlen. Insbesondere niederfrequente Vibrationen sind aufgrund der Amplitude und Wechselwirkung mit dem Interferenzkorrelogramm problematisch. Vibrationen zeigen sich durch stufenartigen Profilversatz orthogonal zur Richtung der Interferenzstreifen.


Objektivauswahl

Das Interferometer kann mit unterschiedlichen Objektiven je nach Anwendungsfall ausgerüstet werden. Objektive höherer Vergrößerung weisen in der Regel eine höhere Ortsauflösung auf Kosten des Bildfelds auf. Die angebotenen Objektive enthalten den Referenzspiegel.


Das Objektiv wird manuell oder über den Revolver gewechselt (siehe Abschnitt Objektivwechsel), und das eingesetzte Objektiv muß im Kombinationsfeld *Objektiv* eingetragen werden. Die korrekte Zuordnung des Objektivs ist sowohl für die korrekte Signalauswertung als auch für die Eintragung der lateralen Bildfeldabmessungen im Meßergebnis erforderlich.

Start Messung

Die Schaltfläche startet eine Messung mit den eingestellten Parametern. Am Ende der Messung nimmt das Hauptprogramm eine Auswertung der Ergebnisse vor, minimiert das Videofenster und öffnet das Meßer-

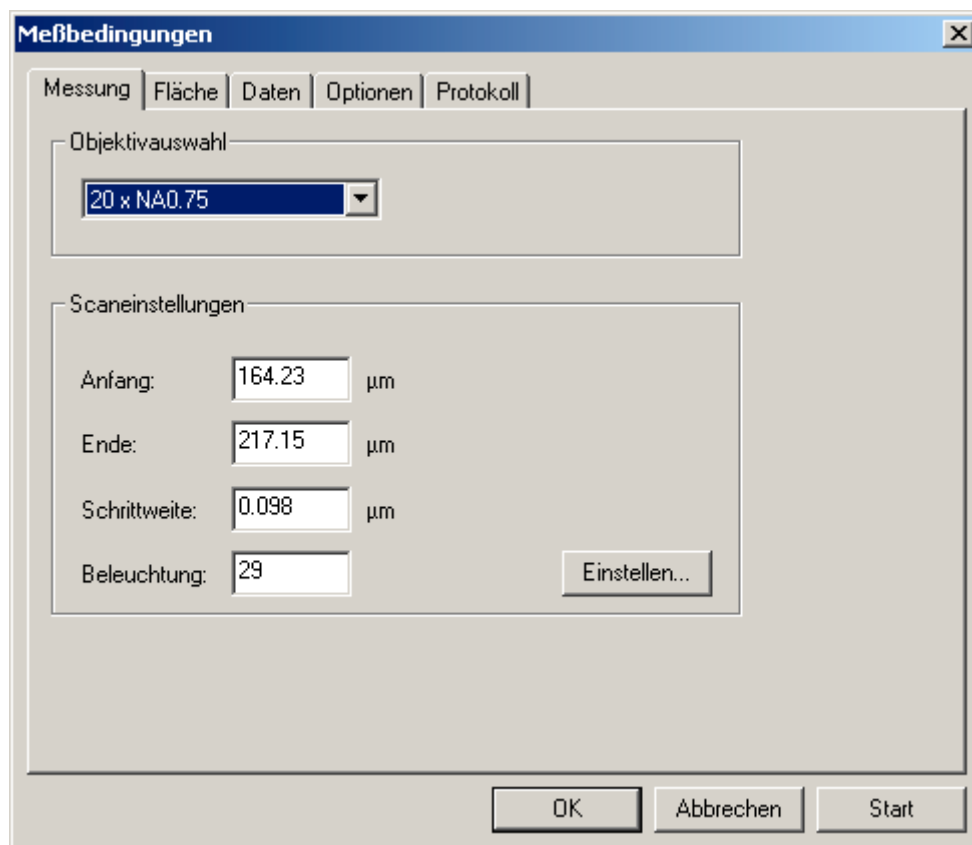
gebnis in einem neuen Fenster zur Auswertung. Das Videofenster kann für eine weitere Messung durch Doppelklick auf den Fensterrahmen oder durch Auswahl von *Einstellen/Sensor einstellen* im Menü oder durch das Symbol  der Werkzeugleiste wieder maximiert werden. Die Messung kann durch erneutes Anklicken der Schaltfläche Start abgebrochen werden.

2.2. Messbedingungsdialog

Der Messbedingungsdialog ist zur Eingabe von Messbedingungen vorgesehen. Einzelmessungen, automatisierte Messungen, die optionale Bildzusammenführung und das Messprotokoll werden in klar strukturierten Eigenschaftenseiten konfiguriert. Öffnen Sie den Messbedingungsdialog mittels des Menüpunkts *Messen/Bedingungen* oder über die Schaltfläche  der Toolbar.

Der Dialog besteht aus den Eigenschaftenseiten *Messung*, *Fläche*¹, *Daten*, *Optionen*², *Protokoll* und *Referenz*. Die Schaltfläche OK übernimmt und speichert die Einstellungen, Abbrechen verwirft Änderungen der Konfiguration, Start übernimmt und speichert die Einstellungen und startet eine Messung mit den eingegebenen Parametern.

Eigenschaftenseite Messung



Auf dieser Seite werden alle Einstellungen für eine einzelne Messung eingegeben. Die Einstellungen werden auch für jede Einzelmessung der Bildzusammenführung verwendet. Die Parameter werden bei Start einer Messung über die Schaltfläche *Start*, den Menüpunkt *Messen/Start Messung* und über *Start* in der Werkzeugleiste verwendet.

Die Einstellungen auf dieser Seite können einerseits direkt eingetragen werden. Andererseits ist eine interaktive Auswahl mittels des Videopanel möglich. Normalerweise ist die interaktive Einstellung einfacher und zielführender. Wählen Sie zum Öffnen des Videopanel die Schaltfläche *Einstellungen...* Die Bedienung des

¹ Option, nur bei installierter X- und Y-Achse verfügbar

² Standard, nur bei installierter X- und Y-Achse verfügbar

Videopanel erfolgt wie in den vorstehenden Kapiteln beschrieben. Die Starttaste ist allerdings durch Übernehmen ersetzt. Übernehmen transferiert die Einstellungen in die Eigenschaftenseite Messung und schließt das Videofenster.

Möchten Sie die Messbedingungen direkt vorgeben, gehen Sie nach folgenden Punkten vor:

- Das Kombinationsfeld Objektiv zeigt alle dem System bekannten Objektive an³. Wählen Sie aus der Liste das für die beabsichtigte Messaufgabe geeignetste Objektiv aus. Vor dem Start der Messung muß das ausgesuchte Objektiv eingesetzt sein, siehe dazu das Kapitel Objektivwechsel.
- Tragen Sie in die Eingabefelder Anfang und Ende die gewünschten Grenzen des vertikalen Messbereichs ein.
- Im Feld Schrittweite wird der vertikale Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Videobildern eingetragen. Das System kann bei Standardausstattung im PSI und EPSI-Modus maximal 2000 Videobilder, im VSI-Modus bis 65535 Videobilder verarbeiten.
-

Eigenschaftenseite Fläche

The screenshot shows a software window titled 'Meßbedingungen' with a close button (X) in the top right corner. It has five tabs: 'Messung', 'Fläche' (selected), 'Daten', 'Optionen', and 'Protokoll'. The 'Fläche' tab is active and contains two main sections: 'Bezugspunkt' and 'Einstellungen'. The 'Bezugspunkt' section has a list of nine options, each with a checkbox and a small directional icon: 'Links unten', 'Mitte unten', 'Rechts unten', 'Links Mitte', 'Zentrum' (checked), 'Rechts Mitte', 'Links oben', 'Mitte oben', and 'Rechts oben'. The 'Einstellungen' section contains three settings: 'Erweiterte Flächenmessung (Stitching)' (checked), 'Länge Meßfeld:' with a text box containing '5.600' and 'mm' to its right, 'Höhe Meßfeld:' with a text box containing '4' and 'mm' to its right, and 'Segmentanzahl:' with a text box containing '100'. At the bottom of the window are three buttons: 'OK', 'Abbrechen', and 'Start'.

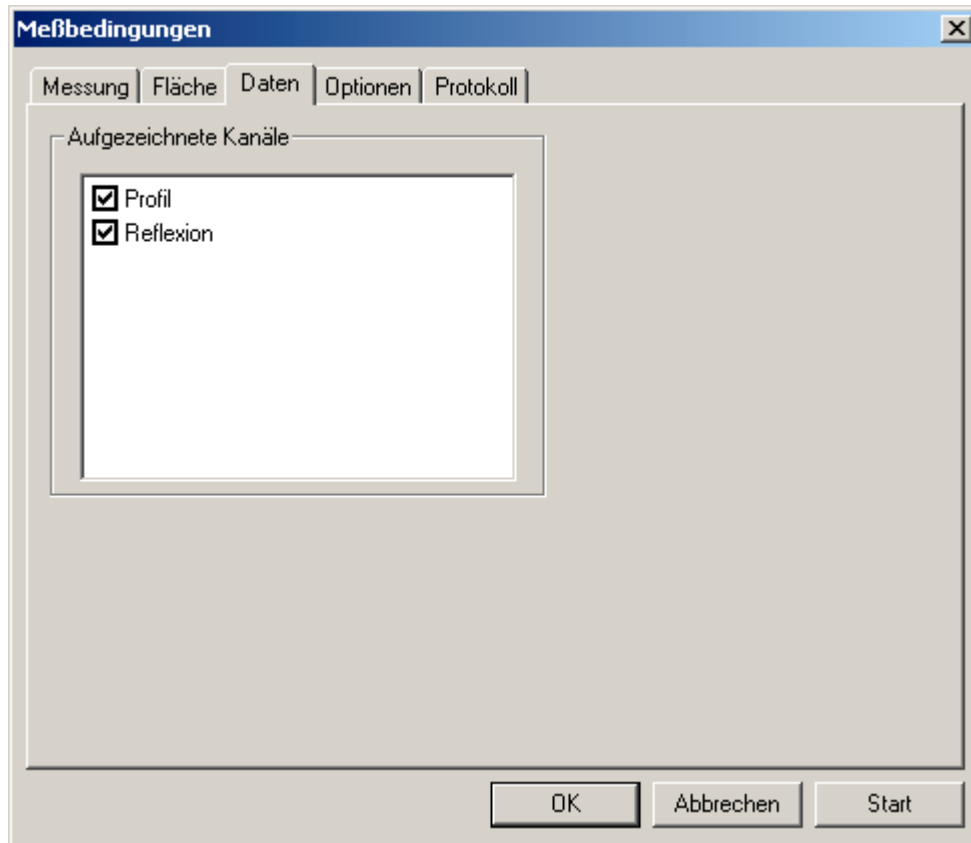
Diese Seite ist nur bei installierter X/Y- Achse verfügbar. Die Einstellungen unter Bezugspunkt werden sowohl für eine Einzel- als auch gekachelte Messung verwendet. Der Bezugspunkt bestimmt die Lage des Bild- oder Meßfelds in Bezug auf den Startpunkt der Messung.

Üblicherweise wird der Meßtisch zentral auf der Meßstelle positioniert. In diesem Fall sollten Sie als Startpunkt Mitte wählen. Die Messung wird dann symmetrisch zu der Startkoordinaten erfolgen. Die anderen Einstellungen werden durch die kleinen Grafiken symbolisiert: Der Punkt bezeichnet den Startpunkt der Messung, das Rechteck die Meßfläche. Mithin zeigt die Grafik die Lage der Meßfläche in Bezug auf den Startpunkt. Bei einer Einzelmessung liegt der Positionierung die Größe des Bildfeldes, gegeben durch das verwendete Objektiv, bei einer gekachelten Messung die Größe des konfigurierten Meßfeldes zu Grunde. Normalerweise sollten Sie als Startpunkt Mitte wählen, es ist konzeptionell am einfachsten verständlich. Die anderen Startpunkte sind hauptsächlich für automatische Meßabläufe interessant.

³ Die Objektive werden über eine Konfigurationsdatei dem System bekannt gegeben, siehe Anhang.

Eine gekachelte Messung wird durch die Optionsfläche *Erweiterte Flächenmessung* angefordert. Tragen Sie die Abmessungen des Meßfeldes in die Eingabefelder ein. Der Dialog zeigt die Anzahl der benötigten Einzelmessungen im Feld *Segmentanzahl* an. Beachten Sie bei der Eingabe der Abmessungen, daß zumindest ein vollständiges Bildfeld in Höhe und Breite aufgenommen wird. Sie können nach Abschluß der Messung die exakte Bildgröße über Zoom auswählen.

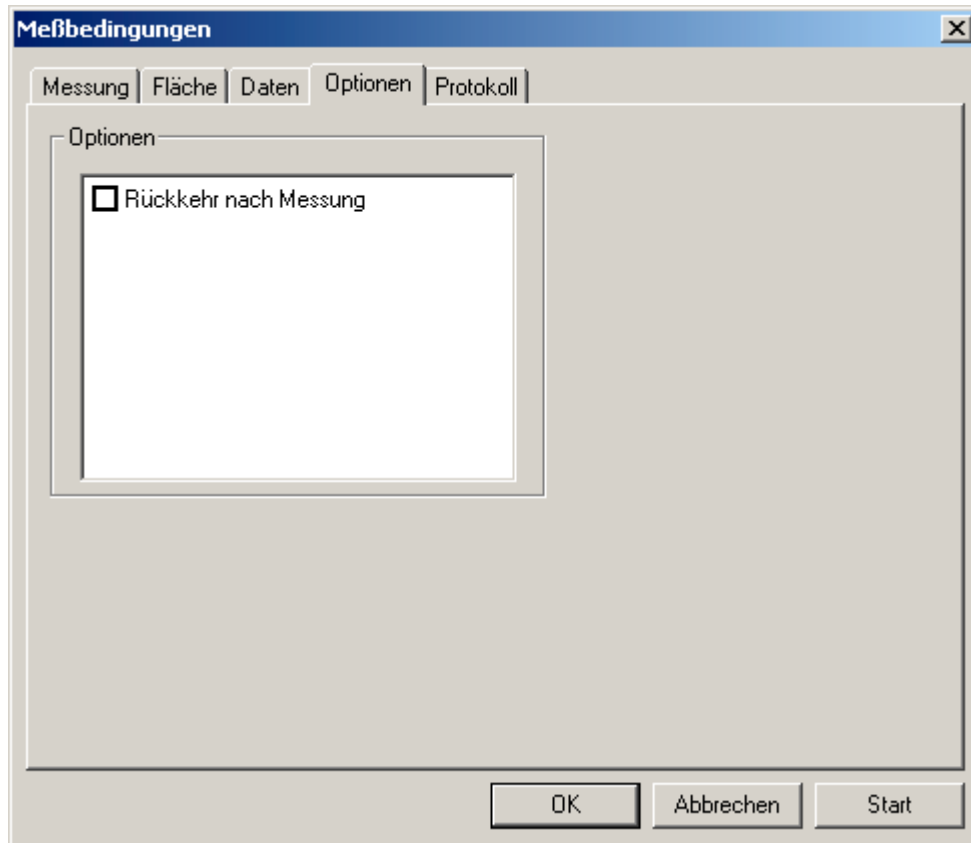
Eigenschaftenseite Daten



Die Seite ermöglicht die Auswahl der gewünschten Datenkanäle. Der Profilkanal beinhaltet die Topografie, der Reflexionskanal den maximalen konfokalen Kontrast der Messung. Im Gegensatz zu einem Bild aus einem normalen Mikroskop weist der Reflexionskanal eine Tiefenschärfe über den gesamten Messbereich auf, frei von Anteilen defokussierter Bildteile. Dieses Nebenprodukt der schichtweisen Messung wird auch unter dem Werbebegriff 'unendlicher Fokus' oder 'omnifokales Bild' vermarktet.

Aktivierte Kanäle sind durch ein Häkchen gekennzeichnet. Zum Umschalten des Aktivierungsstatus klicken Sie bitte auf das Kästchen, nicht auf die Schrift der Kanalbezeichnung.

Eigenschaftenseite Optionen



Diese Seite ist nur bei installierten X/Y-Achse(n) verfügbar. Die Option 'Rückkehr nach Messung' bewirkt, daß die Verfahrtische an die Position beim Start der Messung zurückfahren, ansonsten bleiben die Achsen an der Messposition stehen. Die Achsen werden sowohl bei gekachelter Messung als auch bei Einzelmessung und Anwahl eines von *Zentrum* verschiedenen Bezugspunkts bewegt.

Eine aktivierte Option ist durch ein Häkchen gekennzeichnet. Zum Umschalten des Aktivierungsstatus klicken Sie bitte auf das Kästchen, nicht auf die Schriftzug.

Eigenschaftenseite Protokoll

The screenshot shows a software dialog box titled 'Meßbedingungen' with a close button (X) in the top right corner. It has five tabs: 'Messung', 'Fläche', 'Daten', 'Optionen', and 'Protokoll'. The 'Protokoll' tab is selected. Inside the dialog, there are several input fields and a text area:

- 'Material': A dropdown menu.
- 'Bezeichnung': A dropdown menu showing 'Ra=7µm'.
- 'Bearbeiter': A dropdown menu showing 'Walter'.
- 'Meßobjekt': A dropdown menu showing 'Normal S./N 0452-5'.
- 'Datum, Uhrzeit': Two text boxes showing '17.10.2007' and '22:10:16'.
- 'Kommentar': A large text area containing the text 'Rauheitsnormal Halle Ra=7.0'.

At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Abbrechen', and 'Start'.

Vor einer Messung können Informationen über das Objekt in einem Formular eingetragen werden. Das Protokoll findet sich in der Registerkarte Protokoll im Dialog Meßbedingungen.

Zur Veränderung der Vorgaben (z.B. Material) klicken Sie mit der linken Maustaste den grauen Text doppelt an. Sie können daraufhin die Vorgabe editieren. Die Vorgabe wird als neuer Standardwert abgespeichert, und steht zukünftig zur Verfügung. Die Vorgaben und Texte können mit beliebigen Texten belegt werden, sie haben keine explizite Bedeutung für Inspector. Die Vorgaben und Texte können maximal 80 Zeichen lang sein, der Kommentartext maximal 2000 Zeichen. Bei der Ausgabe mit HTML-Druck kann das Protokoll mit ausgegeben werden.

Das Protokoll wird beim Export in geeigneten Datenformaten mit abgespeichert. Dabei sind Beschränkungen beim Protokollumfang möglich.

Hinweis: Die Protokolleinstellungen werden bei der *nächsten* Messung verwendet. Zur Einsicht oder Änderung des Protokolls einer *existierenden* Messung öffnen Sie die Baumdarstellung im linken Fensterteil (inneren Teiler nach rechts ziehen), expandieren Sie den Knoten Meßdaten, und führen Sie einen Doppelklick auf dem Eintrag Protokoll durch.

3. Gekachelte Messung

3.1. Übersicht

Bei einer gekachelten Messung nimmt das Interferometer mehrere überlappende Messungen vor und vereinigt die Einzelmessungen zu einem Gesamtergebnis. Nach Konfiguration und Start der Messung sind keine weiteren Schritte durch den Anwender erforderlich. Die Konfiguration der Messung erfolgt wie im Abschnitt *Eigenschaftenseite Optionen* beschrieben. Für die Messung sind motorisierte X/Y-Achsen erforderlich.

Für alle Messungen werden die auf der Seite Messung eingestellten Parameter verwendet. Sie sollten also den vertikalen Messbereich großzügig wählen, um alle Kacheln komplett aufnehmen zu können. Die Erfassung und Auswertung besteht aus folgenden Schritten:

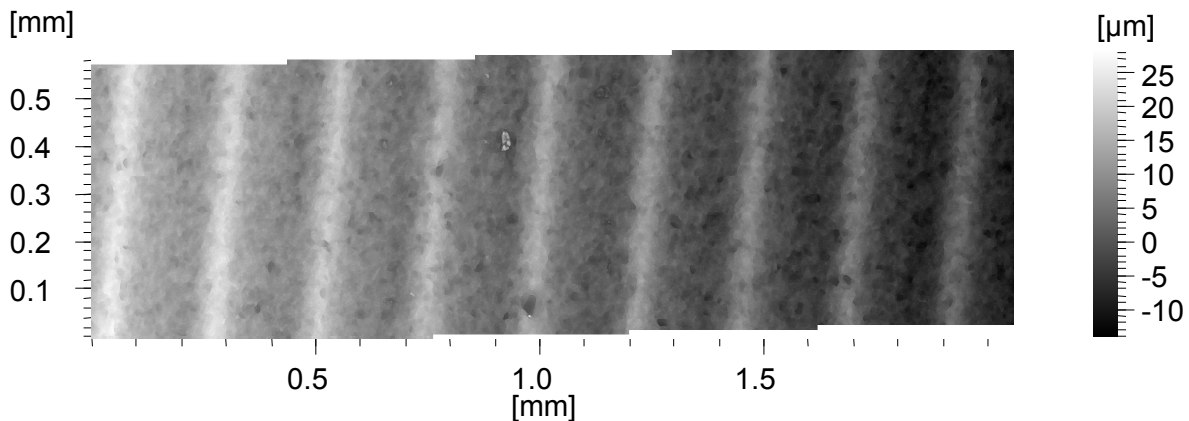
- Durchführung aller benötigten Einzelmessungen. Die Einzelmessungen werden temporär gespeichert.
- Berechnung der besten lateralen Überlappungsposition zwischen benachbarten Einzelmessungen

- Berechnung des vertikalen Versatzes
- Zusammenfügen der Einzelmessungen zu einem Gesamtergebnis

Der Fortschritt der gekachelten Messung wird in der Statuszeile angezeigt. Die Messung und Auswertung kann entweder mittels der ESC-Taste, der Stop-Taste im Videofenster oder dem 'Schließen'-Symbol im Rahmen des Videofensters vorgenommen werden. Verwertbare Teilergebnisse werden bei Abbruch zusammengefasst und als Ergebnis angezeigt.

Bei einer gekachelten Messung entstehen große Datenmengen. Als Abschätzung gilt, daß jede Einzelmessung c.a. 7MB groß ist, und das Gesamtergebnis etwa $0.5 \cdot \text{Anzahl Kacheln} \cdot 7\text{MB}$. Bei 20 Meßfeldern ist das Ergebnis etwa 70MB.

Eine gekachelte Messung wird wie gewöhnlich mittels der Start-Taste im Messbedingungs-Dialog, oder über die Start-Flagge der Werkzeugleiste gestartet. Der weitere Ablauf erfolgt ohne Benutzereingriff bis zur Darstellung des Ergebnisses in der Arbeitsfläche des Hauptfensters.



unbearbeitetes Ergebnis einer gekachelten Messung

4. Referenzmessung

4.1. Übersicht

Die Referenzmessung ist zum Ausgleich der Bildfeldwölbung des Objektivs vorgesehen. Für jedes verwendete Objektiv sollte eine eigene Referenzmessung vorliegen. Messungen ohne Referenzmessung sind möglich, weisen aber eine Bildfeldwölbung auf.

Zusammen mit den Objektiven des Interferometers werden Referenzdateien ausgeliefert. Der Dateiname der Referenzmessung ist für jedes Objektiv in der Datei Sensors.ini unter dem Schlüssel REFERENCE MEASUREMENT abgelegt. Bei Auslieferung ist der Pfad standardmäßig auf das Verzeichnis C:\0 gelegt. Die Referenzmessungsdatei für das 20x0.4-Objektiv finden Sie damit normalerweise unter C:\0\ref20x0.4 (VSI).ub3.

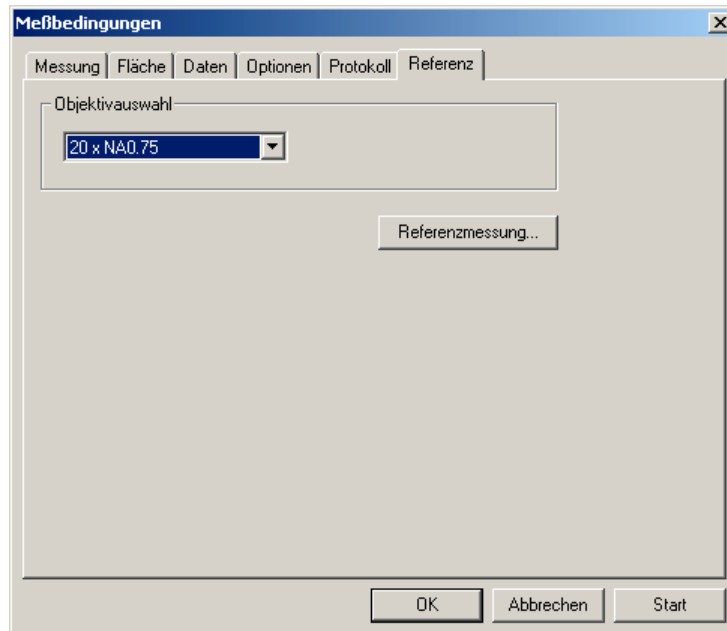
4.2. Durchführung der Referenzmessung

Beim Austausch und/oder Ergänzung von Objektiven können Sie leicht selbst eine Referenzmessung erstellen. Sie benötigen dazu eine spiegelnd reflektierende Referenzfläche hinreichender Ebenheit, z.B. einen spezifizierten Oberflächenspiegel⁴ oder Glasoberfläche. Geeignete Referenzflächen erhalten Sie vom Hersteller oder von allen größeren Anbietern von Optikprodukten⁵. Achten Sie auf Sauberkeit und Defektfreiheit der Referenzoberfläche. Fehler der Referenzfläche werden sich in allen Messungen wiederfinden.

⁴ Es wird ein Oberflächenspiegel (oberseitenverspiegelt, first surface mirror) benötigt. Rückseitenverspiegelte Exemplare sind, ebenso wie die meisten polierten Metalloberflächen, ungeeignet. Achten Sie auf eine spezifizierte Oberflächengüte: Exemplare besser $\lambda/10$ sind geeignet.

⁵ Ohne Anspruch auf Vollständigkeit: Edmund Optics (www.edmundoptics.com), Linos (www.linos.com), Melles Griot (www.mellesgriot.com), Thorlabs (www.thorlabs.com).

Wählen Sie den Menüpunkt Messen/Meßbedingungen, wechseln Sie zum Reiter *Referenz*. Wählen Sie das eingesetzte Objektiv aus dem Kombinationsfeld *Objektivauswahl*, und beginnen Sie den Ablauf durch Drücken der Schaltfläche *Referenzmessung...*



Anschließend wird das Video- und Bedienpanel geöffnet. Legen Sie die Referenzfläche unter das Objektiv, schalten Sie das Mikroskop in den Auflichtmodus, stellen Sie die Position des Piezoverstellers auf 200µm, und bringen Sie das Interferometer mittels des Z-Verstellers (manuell: mittels Kurbel, elektrisch: über den Tisch Einstellen-Dialog) zum Fokus auf die Oberfläche.

Schalten Sie das Mikroskop in den Konfokalmodus (Schalter Konfokal aktivieren), und legen Sie die obere und untere Grenze des Meßbereichs. Legen Sie die Aussteuerung fest, so daß innerhalb der Bereichsgrenzen in den hellsten Bildteilen gerade keine Übersteuerung mehr auftritt (keine bzw. wenige rote Bildteile).

Stellen Sie folgende Punkte sicher:

- Vor Durchführung einer Referenzmessung sollte das Mikroskop einige Minuten eingeschaltet sein, um einen stationären Arbeitspunkt (Temperatur, Drehzahl der Nipkowscheibe) zu gewährleisten.
- Für eine Referenzmessung ist eine ruhige Arbeitsumgebung ohne Vibrationen, Zugluft und Sonneneinstrahlung empfehlenswert.
- Die Referenzfläche sollte nur gering geneigt sein. Die größere Meßzeit bei geneigter Oberfläche vergrößert die Empfindlichkeit gegen Umgebungseinflüsse.
- Achten Sie auf Sauberkeit und Defektfreiheit der Referenzfläche. Fehler der Referenzfläche finden Sie in sämtlichen Messungen wieder.
- Vermeiden Sie deutliche Übersteuerungen. Bei Übersteuerung entsteht eine Stufung im Profilsignal, die sich dann in jeder Messung wiederfindet.
- Die Bereichsgrenzen sind großzügig zu wählen, so daß auch an den Bereichsgrenzen jeder Bildteil zuverlässig dunkel wird.
- Bei Verwendung von Interferometrieobjektiven wird die Schrittweite automatisch vorgegeben. Für jeden Meßmodus (VSI, EPSI, PSI) muß eine eigene Referenzmessung erstellt werden. Die Referenzmessung wirkt sich nur auf das primäre Profilsignal aus.

Starten Sie die Messung durch Betätigung der Schaltfläche *Go*. Das Mikroskop führt eine normale Messung durch. Anschließend wird der Dialog *Referenzmessung bearbeiten und ablegen* angezeigt:

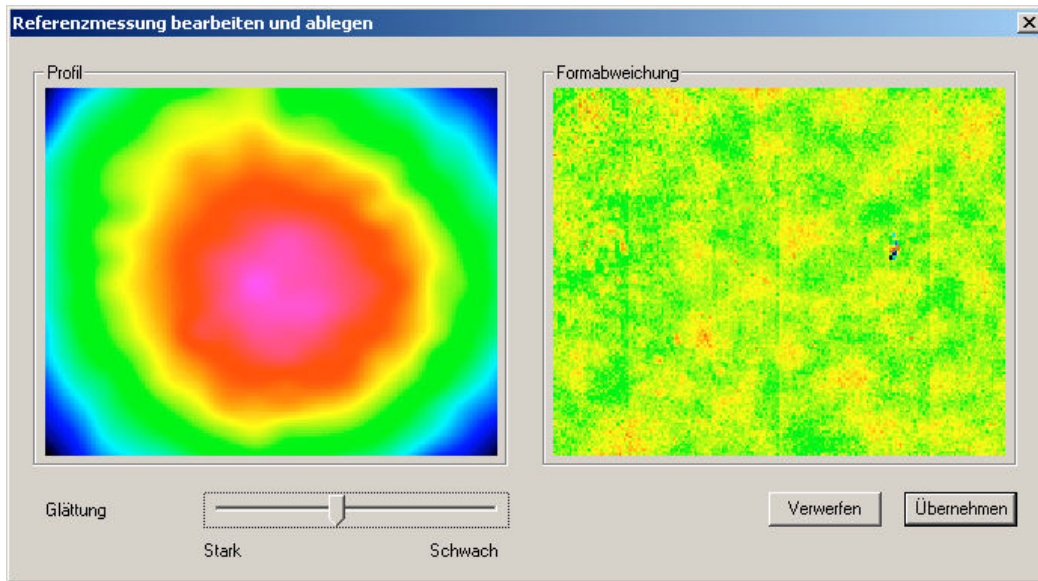
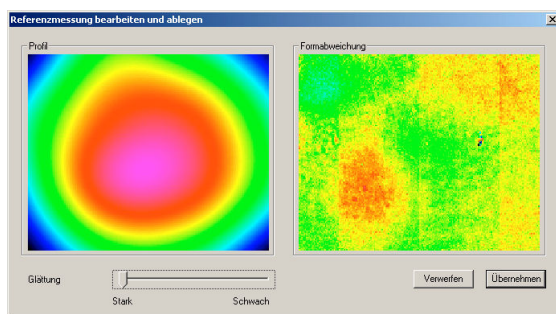


Abbildung 8: Erstellung der Referenzmessung

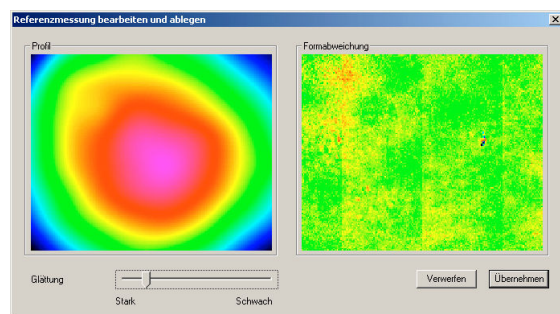
Aufgabe der Referenzmessung ist die Korrektur der Bildfeldwölbung ohne Einführung zusätzlichen Rauschens. Dazu verwendet Inspector ein splinebasiertes Oberflächen-Rekonstruktionsverfahren. Dieses Verfahren gewährleistet eine flexible Anpassung an die Form der Bildfeldwölbung.

Das linke Diagramm zeigt die gefilterte Form der Referenzdaten, das rechte Diagramm die Differenz zwischen Rohdaten und gefilterten Daten. Das Ausmaß der Filterung kann mittels des Schiebers Glättung eingestellt werden. In der linken Stellung des Schiebers erfolgt eine starke Reduktion der Form, in der rechten Stellung folgt die Rekonstruktion auch kurzweiligen Formabweichungen.

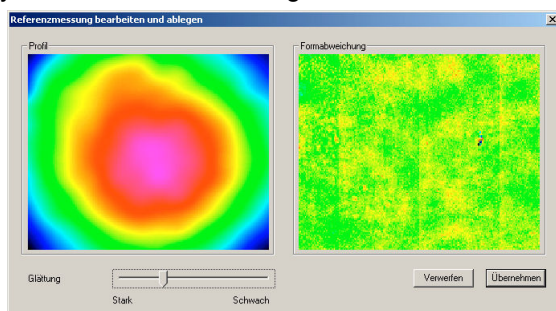
Die Einstellung des besten Ergebnisses erfolgt interaktiv. Verschieben Sie den Schieber vom linken Anschlag schrittweise nach rechts und beobachten Sie die Differenzanzeige. Wählen Sie die erste Stellung von links, in der die Formabweichung keine systematischen, großflächigen Abweichungen mehr zeigt. Achten sie dabei auch auf die Eckbereiche. Folgende Abbildungen zeigen einen typischen Ablauf:



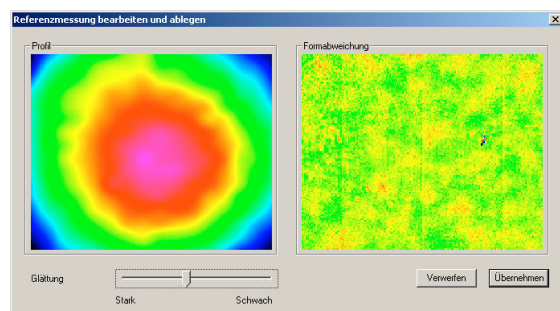
Glättung zu stark. Größere Flächensegmente mit systematischer Abweichung sind sichtbar.



Glättung nahezu ausreichend. Lediglich in der oberen linken Quadrant bleiben Residuen sichtbar.



Glättung ausreichend. Ab dieser Einstellung werden die Residuen nicht mehr kleiner. sie werden lediglich

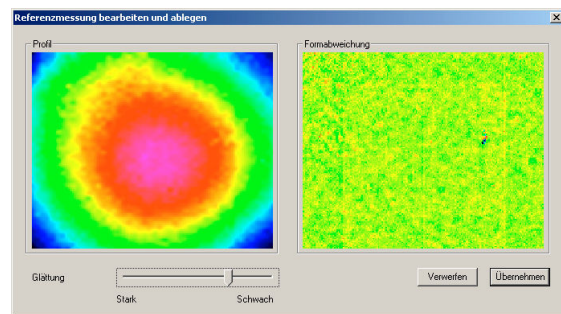
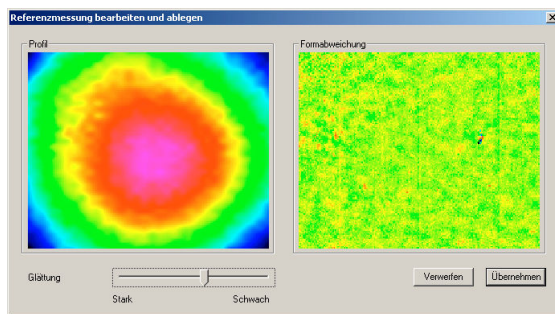


Glättung angemessen. Im Vergleich zum Bild links sind die Residuen nicht kleiner, aber kurzweiliger. Im

WLI Anwenderhandbuch

kurzwelliger. **Dies ist die empfohlene Einstellung für das verwendete Objektiv.**

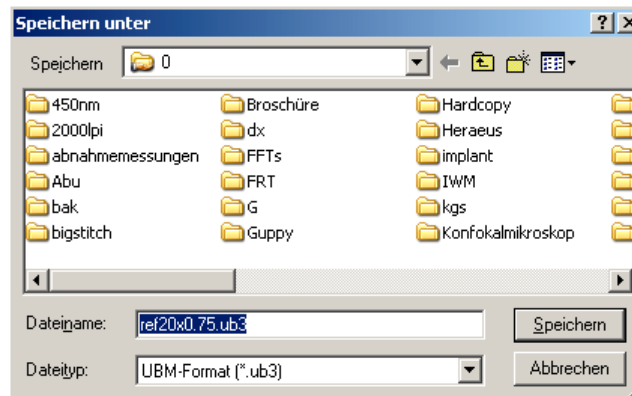
Profilbild arbeitet sich die Form der Bildfeldwölbung immer detaillierter aus.



Glättung zu schwach. Es verbleibt zu viel Welligkeit im Profil. Kommentar wie links.

Wenn Oberflächendefekte oder Staub die Messung verfälschen, brechen Sie die Referenzmessung mittels der Schaltfläche *Verwerfen* ab. Nach Reinigen und/oder Neupositionierung wiederholen sie bitte die Messung.

Speichern sie bei Erfolg die Referenzmessung ab. Betätigen Sie dazu die Schaltfläche *Übernehmen*. Als Reaktion wird ein Standard Datei-Speichern-Dialog dargestellt:



Der vorgegebene Dateiname entspricht dem Namen der alten Referenzmessung. Wenn Sie diese sicherheitshalber nicht überschreiben möchten, können Sie im Eingabefeld Dateiname auch einen anderen Namen vergeben. Speichern Sie die Referenzmessung mittels der Schaltfläche *Speichern*⁶ ab, oder verwerfen Sie die Messung mittels der Schaltfläche *Abbrechen*.

Anschließend sollten Sie die Referenzmessung kontrollieren. Öffnen Sie das Videopanel, und starten eine Messung mit dem ausgewählten Objektiv⁷. Sobald das Ergebnis angezeigt wird, gehen Sie folgende Schritte der Reihe nach durch:

Drücken Sie die rechte Maustaste im Ergebnisfenster, und wählen Sie den Menüpunkt Ausrichten/lineare Regression. Alternativ können sie den Menüpunkt Bearbeiten/Ausrichten/lineare Regression des Hauptmenüs heranziehen:

⁶ Für eine automatische Aktualisierung der Objektivliste ist es erforderlich, daß die Konfigurationsdatei Sensors.ini (siehe Anhang) für den aktuellen Benutzer beschreibbar ist.

⁷ Die Einstellungen sollten von der vorhergehenden Referenzmessung her noch korrekt konfiguriert sein. Ansonsten konfigurieren Sie die Messung wie im Abschnitt Video und Bedienpanel beschrieben.

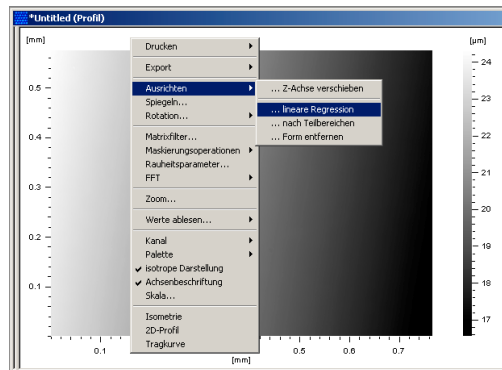


Abbildung 9: Messergebnis ausrichten

Das Ausrichten entfernt eine vorhandene Schiefelage der Oberfläche. Skalieren Sie anschließend die Darstellung für eine aussagekräftige Darstellung. In diesem Fall empfiehlt sich die RGB-Palette (Menüpunkt Palette/Regenbogen aus dem Kontextmenü). In der folgenden Abbildung wurden zusätzlich die obersten und untersten 0.1% der Meßwerte (Rauschen) abgeschnitten, so daß die Formabweichung deutlich sichtbar wird:

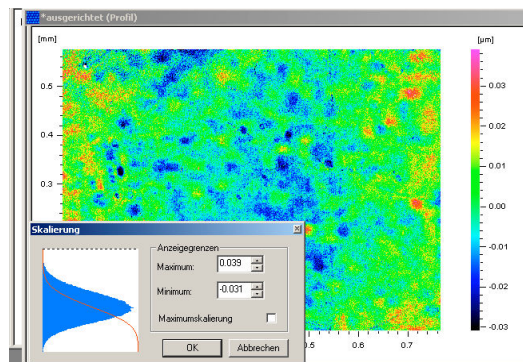


Abbildung 10: Ergebnis nach Ausrichten

Wenn sich wie im obigen Bild keine großflächigen Abweichungen zeigen, ist die Referenzmessung in Ordnung. Die wolkige Unterstruktur ist durch Beschichtungsinhomogenitäten der Optik prinzipbedingt.

Hinweise:

- Für die Referenzmessung ist eine *ruhige Arbeitsumgebung* und eine Referenzfläche spezifizierter Oberflächengüte erforderlich. die Referenzfläche muß hochglänzend sein (Glas oder Spiegel). Verwenden Sie *keine* matten Oberflächen.
- In der Referenzmessung dürfen sich *keine linearen Wellen* zeigen. Diese Wellen entstehen durch Schwingungen im Aufbau.
- Stellen Sie sicher, daß der Meßbereich für die Referenzmessung großzügig gewählt wird, damit Ein- und Ausschwingvorgänge mit Sicherheit abgeklungen sind.
- Bei der Auswahl der Glättung sollten Sie *nicht* nach dem Verfahren 'viel hilft viel' vorgehen. Verwenden Sie wie beschrieben die höchste Glättungsstufe, die zufriedenstellende Ergebnisse ergibt.
- Verwenden Sie die Referenzmessung *nicht*, um Schwingungen des Aufbaus, Oberflächendefekte oder Objektdefekte (z.B. fehlende Korrekturplatte) auszukalibrieren, oder Vorher-Nachher Formdifferenzen zu bestimmen. Dies ist nicht Aufgabe der Referenzmessung. Schwingungen und Defekte müssen mechanisch beseitigt werden, für Vorher-Nachher-Vergleiche gibt es geeignetere Methoden.

5. Anhang

5.1. Objektivliste

Inspector unterhält eine Liste der dem Interferometer zugeordneten Objektive. Die Liste ist im Format einer ini- Datei gehalten. Die Datei Sensors.ini befindet sich bei einer Standardinstallation im Verzeichnis

c:\programme\python23\lib\site-packages\pymess\Sensors

Eine manuelle Bearbeitung der Datei ist erforderlich, um Objektive hinzuzufügen oder zu entfernen. Der Aufbau der Datei soll anhand einer Beispieldatei erläutert werden:

<<<<<<< Inhalt einer Sensors.ini für das Interferometers >>>>>>>

```
[Sensor]
Name=Multi Pinhole Microscope ; für WLI, KFM, KFM plus

[Multi Pinhole Microscope]
COM=1 ; Schnittstellenummer, 1=COM1
TRAVEL=100 ; für WLI-100, geringe Variation für Kalibrierung
;TRAVEL=250 ; für WLI-250
;TRAVEL=400 ; für WLI-400

[KFM xpert]
COM=1 ; Schnittstellenummer, 1=COM1
CAMERA=AVT ; verwende Fire Wire Kamera
;CAMERA=AVT ; verwende USB Kamera

[OBJECTIVE 10x0.3-VSI]
NAME=10 x 0.3 VSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref10x0.3VSI.ub3
FOVX=1.78
FOVY=1.335
FWHM=8
FLAGS=6

[OBJECTIVE 10x0.3-EPSI]
NAME=10 x 0.3 EPSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref10x0.3EPSI.ub3
FOVX=1.78
FOVY=1.335
FWHM=8
FLAGS=4

[OBJECTIVE 20x0.4-VSI]
NAME=20 x 0.4 VSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref20x0.4VSI.ub3
FOVX=0.896
FOVY=0.665
FWHM=8
FLAGS=6

[OBJECTIVE 20x0.4-EPSI]
NAME=20 x 0.4 EPSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref20x0.4EPSI.ub3
FOVX=0.896
FOVY=0.665
FWHM=8
FLAGS=4
```

```
[OBJECTIVE 50x0.55-VSI]
NAME=50 x 0.55 VSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref50x0.55VSI.ub3
FOVX=0.3553
FOVY=0.2663
FWHM=8
FLAGS=6
```

```
[OBJECTIVE 50x0.55-EPSI]
NAME=50 x 0.55 EPSI
REFERENCE MEASUREMENT=C:\0\ref50x0.55EPSI.ub3
FOVX=0.3553
FOVY=0.2663
FWHM=8
FLAGS=4
```

Sektion [Sensor]

Der Eintrag `Name= Multi Pinhole Microscope` identifiziert die Steuerelektronik für ein Weißlichtinterferometer. Er ist in dieser Form zwingend erforderlich.

Sektion [Multi Pinhole Microscope]

Der Eintrag `COM=<com port Nummer>` legt die serielle Schnittstelle fest, an die die Steuerelektronik des Interferometers angeschlossen ist. `<com port Nummer>` ist eine ganze Zahl zwischen 1 und 32. Fehlt der Eintrag, oder die ganze Sektion, wird eine Verbindung über COM1 konfiguriert.

Der Schlüssel `Travel=100` bis `Travel=400` konfiguriert den Verfahrbereich des Piezoverstellers. Die Werte können zur Nachkalibrierung geringfügig angepasst werden.

Sektionen [OBJECTIVE <ident>]

Diese Abschnitte konfigurieren die einzelnen Objektive. Inspector faßt alle Objektive in einer Liste zusammen und stellt sie in den Kombinationsfeldern zur Objektivauswahl zur Verfügung. Der Bezeichner `<ident>` ist zur Abgrenzung der einzelnen Objektive erforderlich. Anstelle der oben sichtbaren Bezeichnungen (Konvention: `ident=Vergrößerung x numerische Apertur`) können auch alphanumerische Bezeichner (1,2,3, A, B,...) verwendet werden. Jeder `<ident>` sollte allerdings nur ein mal auftreten.

Hinweis: Sie können ein Objektiv temporär aus der Liste entfernen, wenn Sie die zugehörige Sektion [OBJECTIVE <ident>] zu [xOBJECTIVE <ident>] umbenennen.

Feld Name

Name gibt den für den Anwender sichtbaren Namen des Objektivs an. Im Hinblick auf Verwechslungen sollte der Name mit der auf dem Objektiv aufgedruckten Bezeichnung übereinstimmen.

Vorschlag: Verwenden Sie einen kurzen, aussagekräftigen Namen, z.B. Vergrößerung x NA, als schlechtere Alternative den Farbringcode (gelb = 10x, grün = 20x, blau = 50x, weiß=100x).

Hinweis: Die Namen aller verwendeten Objektive müssen paarweise verschieden sein, ansonsten ist für den Anwender keine eindeutige Auswahl möglich. Bei Interferometrieobjektiven sollte zudem die konfigurierte Betriebsart (siehe Feld Flags) aus dem Bezeichner zu entnehmen sein.

Feld Reference Measurement

Das Feld gibt den Namen der dem Objektiv zugeordneten Referenzmessung an. Die Referenzmessung wird benötigt, um die Bildfeldwölbung zu korrigieren. Die Referenzdatei muß in einem von Inspector unterstützten Dateiformat vorliegen.

Hinweis: bei Durchführung einer Referenzmessung wie in Abschnitt Referenzmessung beschrieben wird das Feld von Inspector selbständig aktualisiert. Dazu ist es erforderlich, daß die Datei `Sensors.ini` für den aktuellen Benutzer beschreibbar ist.

Feld FOVX

Diese Angabe legt die Breite des sichtbaren Bildfelds fest, die Angabe erfolgt in Millimetern. Die Bildfeldbreite hängt von der Vergrößerung des eingesetzten Objektivs ab. Die Angaben auf den Objektiven sind als ungefähre Angaben zu verstehen und können bei Objektiven unterschiedlicher Baureihen trotz gleicher angegebener Vergrößerung durchaus voneinander abweichen. Sind für Ihre Anwendung exakte Lateralabmessungen erforderlich (besser einige Prozent), ist es erforderlich das Bildfeld auszumessen. Dazu eignen sich Chromstreifennormale (Ronchi-Gitter), erhältlich vom Hersteller oder allen größeren Anbietern optischer Komponenten (siehe Fußnote 5).

Möchten Sie das Bildfeld nicht ausmessen, können Sie als FOVX die Zahl 12.76/Objektivvergrößerung als Näherungswert benutzen.

Feld FOVY

Diese Angabe legt die Höhe des sichtbaren Bildfelds fest, Angabe in Millimetern. Aufgrund der verwendeten Kamera beträgt das Verhältnis FOVX/FOVY immer 4:3. Für weitere Hinweise siehe Feld FOVX. Sie können den Wert 9.56/Objektivvergrößerung als Näherungswert verwenden.

Feld FWHM

Dieses Feld legt die Halbwertsbreite der axialen point spread function fest, Angabe in μm . Dies entspricht dem Bereich, in dem die Helligkeit auf 50% des maximalen Helligkeitswerts abfällt. Die Angabe wird für den VSI-Auswertealgorithmus benötigt. Für die empfohlenen Objektive ergeben sich die in der Beispieldatei angegebenen Werte.

Feld FLAGS

Dieses Feld enthält, bitweise codiert, Eigenschaften des Objektivs. Zur Zeit sind nur bit 0-2 belegt:

bit	Wert	Belegung
0	1	Objektiv für Konfokal- und Auflichtbetrieb
1-2	2	Interferenzobjektiv, PSI Modus
	4	Interferenzobjektiv, EPSI Modus
	6	Interferenzobjektiv, VSI Modus
3-31	$2^{**3} \dots 2^{**30}$	nicht verwendet, muß 0 sein

Hinweis: Tragen Sie für konventionelle Objektive den Wert 1, für Interferenzobjektive im phasenmessenden Modus 4, für Interferenzobjektive im kurzkohärenter Betriebsart den Wert 6 ein.

Feld STEPSIZE

Das Feld enthält die empfohlene Schrittweite oder den empfohlenen Schrittweitenbereich für das zugehörige Objektiv. Bei Auswahl des Objektivs wird die Liste der verfügbaren Schrittweiten mit dem Wert in STEPSIZE und den Anforderungen des Auswertealgorithmus (Konfokal-, Weißlichtmode) abgeglichen. Die erforderliche Syntax für die Schrittweitevorgabe ist (EBNF):

```
STEPSIZE=      STEP_OR_RANGE ('.' STEP_OR_RANGE)*
STEP_OR_RANGE= STEP | RANGE
STEP=          UNSIGNED_FLOAT
RANGE=        UNSIGNED_FLOAT '.' UNSIGNED_FLOAT
UNSIGNED_FLOAT= MANTISSA EXPONENT?
MANTISSA=     (DIGIT '.' DIGIT*) | ('.' DIGIT+)
EXPONENT=     (('e' | 'E') ('+' | '-')? DIGIT+)
DIGIT=        '0' | '1' | '2' | '3' | '4' | '5' | '6' | '7' | '8' | '9'
```

Beispiel:

STEPSIZE=0.05-0.1, 0.2, 0.3-0.7

Beachten Sie, daß die Angaben mit der physikalisch möglichen Schrittweite abgeglichen werden.

5.2. Treiberinstallation

USB-Kameratreiber

Zum Betrieb der Kamera ist die Installation eines Gerätetreibers des Kameraherstellers (IDS Imaging Development GmbH, Dimbacher Straße 6, 74182 Obersulm) erforderlich. Verwenden Sie zur Installation ausschließlich die beiliegende Treiberversion 2.40, andere Treiberversionen sind möglicherweise nicht lauffähig.

Für die Installation sind Administratorrechte erforderlich.

Installationsablauf:

- 1) Schließen Sie die Kamera zunächst nicht an den Rechner an
- 2) Starten Sie das Installationsprogramm setup.exe im Verzeichnis IDS.
- 3) Stecken Sie die Kamera an einen USB2-Port an.
- 4) Windows zeigt in der Statuszeile die Nachricht *Neue Hardware gefunden* an und öffnet den Dialog *Assistent für das Suchen neuer Hardware*. Wählen Sie die Option *nein, diesmal nicht* und betätigen Sie die Schaltfläche *Weiter*.
- 5) Wählen Sie auf der nächsten Eigenschaftenseite die Einstellung *Software automatisch installieren*. Betätigen Sie die Schaltfläche *Weiter*.
- 6) Windows zeigt den Dialog *Hardwareinstallation, Die Hardware uEye UI-222x Series hat den Windows-Logo-Test nicht bestanden* an. Wählen Sie die Schaltfläche *Installation fortsetzen*.
- 7) Betätigen Sie die Schaltfläche *Fertig stellen*.
- 8) Windows zeigt in der Statuszeile die Nachricht *Die Hardware ist installiert und kann jetzt benutzt werden* an.

Die Kamera ist jetzt installiert. Sie können die Funktion durch Start des Testprogramms Start/IDS/uEye/Samples/uEye Demo überprüfen. Starten Sie im Programm uEye Demo die Übertragung mittels der Funktion uEye/Initialize. Es ist normal, daß das Bild schwarz erscheint (die Beleuchtungs-LED ist ausgeschaltet). In der Statuszeile von uEye Demo werden allerdings die eintreffenden Bilder angezeigt. Der Zähler Frames muß kontinuierlich hochzählen, der Zähler Failed auf Null stehen bleiben.

Bei Problemen gehen Sie bitte wie folgt vor:

- 1) Beenden Sie uEye Demo
- 2) Ziehen Sie den USB-Stecker ab, und stellen Sie die Verbindung (am selben USB Anschluß) wieder her. Die LED neben dem USB-Anschluß an der Kamera leuchtet kurzzeitig rot, dann grün.
- 3) Starten Sie uEye Demo erneut, und starten Sie die Datenübertragung. Bei Erfolg beenden Sie uEye Demo. Die Installation ist abgeschlossen.
- 4) Beenden Sie uEye Demo. Öffnen Sie die Systemsteuerung, wählen den Eintrag System, Reiter Hardware, Schaltfläche Geräte-Manager.
- 5) Expandieren Sie die Liste USB-Controller. Unter den aufgelisteten Geräten muß sich der *Eintrag uEye-222x Series* befinden. Ist links neben dem Eintrag ein gelbes Ausrufezeichen dargestellt, oder lautet der Eintrag *Eintrag uEye-222x Series (booting)*, ist das Gerät nicht funktionsbereit. Deinstallieren Sie in diesem Fall den Treiber manuell (mit rechtem Mausknopf auf uEye 222x Series klicken, und dann Deinstallieren anwählen). Ziehen Sie das USB-Kabel ab, stecken es wieder an, und wiederholen Sie die Treiberinstallation ab Punkt 4 der ersten Liste.
- 6) Hilft 5) nicht weiter, und die LED der Kamera bleibt rot, liegt wahrscheinlich ein Defekt der Kamera vor. Arbeiten Sie trotzdem die folgenden Punkte durch, oder senden Sie das KFM zur Überprüfung zurück zum Hersteller oder Distributor.
- 7) Hilft 5) nicht weiter, aber die LED der Kamera leuchtet grün, prüfen Sie bitte, ob das USB-Kabel an einen USB 2-kompatiblen Controller angeschlossen ist. Klicken Sie dazu mit der rechten Maustaste schrittweise jeden Eintrag der Liste PCI zu USB host controller durch, wählen Sie Eigenschaften aus dem Kontextmenü. Bei den Controllern muß es sich um einen 'erweiterten Hostcontroller' (angezeigt in der obersten Zeile der Eigenschaftenseite Allgemein) handeln. Hinweis: Alle hinreichend modernen Motherboards sind mit erweiterten Controllern ausgestattet. Sie können gegebenenfalls eine USB-Adapterkarte nachrüsten.
- 8) Hilft 7) nicht weiter, prüfen Sie bitte, ob das USB-Kabel direkt am PC eingesteckt wurde (ohne zwischengeschalteten hub), und ob kein langsames Gerät (z.B. Maus, Tastatur, USB-Memory-Stick) am selben Root Controller angeschlossen ist. Entfernen Sie gegebenenfalls nacheinander alle anderen

WLI Anwenderhandbuch

USB-Geräte. Ist die Funktion nicht herstellbar, können Sie als letzten Versuch noch eine USB-Adapterkarte nachrüsten, und die Installation über einen Ausgang der Karte ausprobieren.

- 9) Sie haben das Ende der Selbsthilfemöglichkeiten erreicht. Schicken Sie das Interferometer zur Überprüfung ein.

Fire Wire Kameratreiber

Die Fire Wire Kamera sollte an eine exklusiv von der Kamera verwendete Fire Wire Karte nach Spezifikation IEEE 1394a (sechspoliger Stecker) angeschlossen werden. Der Kameratreiber ersetzt den Windows-Standardtreiber für den gewählten Host Adapter durch einen eigenen Treiber, Standardgeräte funktionieren damit **nicht**. Viele PC sind bereits mit Fire Wire Anschlüssen ausgestattet, dessen ungeachtet sollte eine Einsteckkarte nachgerüstet werden.

Zum Betrieb der Kamera ist die Installation eines Gerätetreibers des Kameraherstellers (Allied Vision Technologies, Taschenweg 2a, 07246 Stadtroda) erforderlich. Zur Installation benötigen Sie den aktuellen Installer (<http://www.alliedvisiontec.com/de/support/downloads/software.html> Paket AvtFirePackage_3_0.exe), sowie bei manueller Installation unter Windows XP die .Net Framework Version 2.0 Redistributable package (dotnetfx.exe, <http://www.microsoft.com> dann dotnetfx in Suche-Feld eintragen, Download findet sich unter den ersten Ergebnissen). Der AvtFirePackage_3_0 Installer versucht einen automatischen Download von dotnetfx.exe, wenn der PC über eine Internetverbindung verfügt.

WLI Anwenderhandbuch

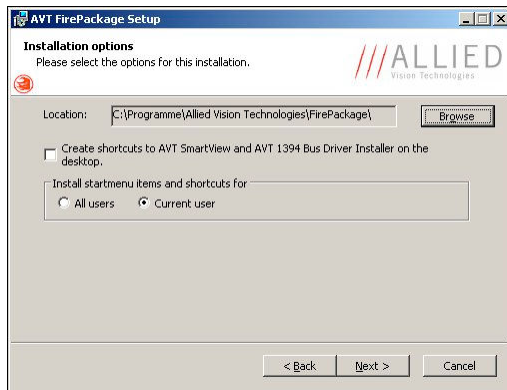


Abbildung 11: AvtFirePackage: Schritt 1



Abbildung 12: AvtFirePackage: Installationsabschluss

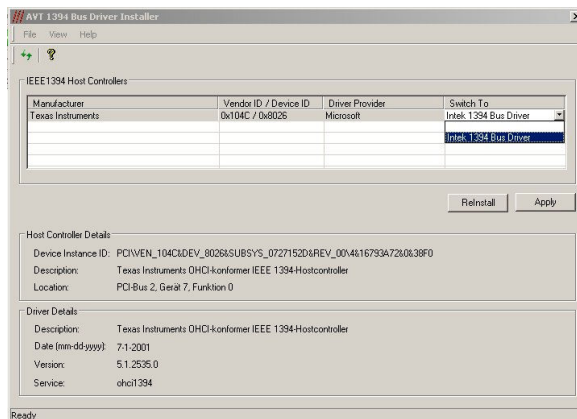


Abbildung 13: AVT 1394 Bus Driver Installer: Auswahl der Karte

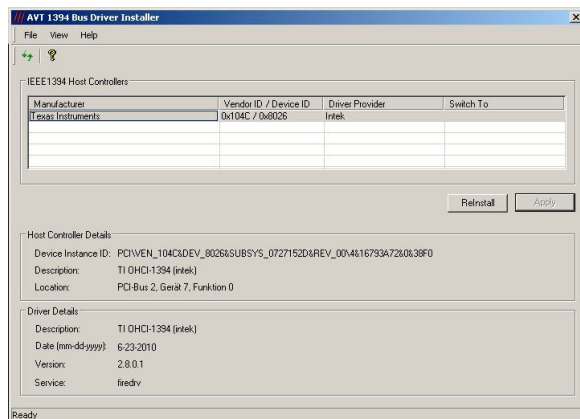


Abbildung 14: AVT 1394 Bus Driver Installer: Treiber ausgetauscht

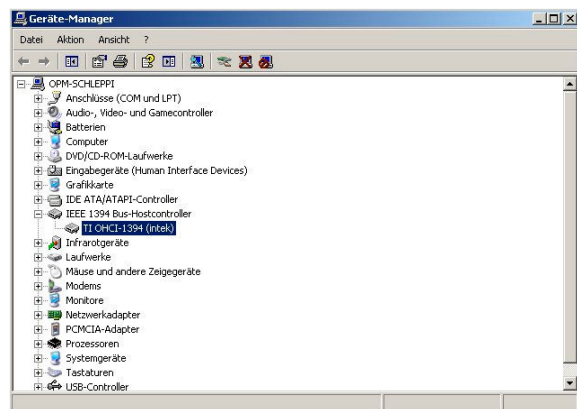


Abbildung 15: Kennung des ausgetauschten Treibers in der Systemsteuerung

Für die Installation sind Administratorrechte erforderlich. Bei manueller Installation installieren Sie zunächst die .Net Framework Version 2.0 Redistributable package. Anschließend installieren Sie AvtFirePackage_3_0, klicken Sie dabei 'Next' bis zum letzten Schritt des Installationsassistenten (Abbildung 12). Aktivieren Sie dort die Optionsschalter 'Run Driver Installer' und klicken Sie 'Finish' im Dialog. Selektieren Sie im Dialog AVT 1394 Bus Driver Installer die Karte, an die die Kamera angeschlossen werden soll. Wählen Sie in der letzten Spalte den Eintrag Intek 1394 Bus Driver (Abbildung 13) und klicken Sie im Dialog die Schaltfläche Apply. Dabei wird der vorhandene Microsoft-Treiber entfernt und der Intek-Treiber zur Installation markiert. Anschließend folgt die Standard Hardware-Installationssequenz des Betriebssystems. Zum Abschluss zeigt der AVT Driver Installer den erfolgten Austausch des Treibers (Abbildung 14). Diese Information kann auch dem Geräte-Manager (Abbildung 15) des Betriebssystems entnommen werden.

5.3. Anschluß des Weißlichtinterferometers

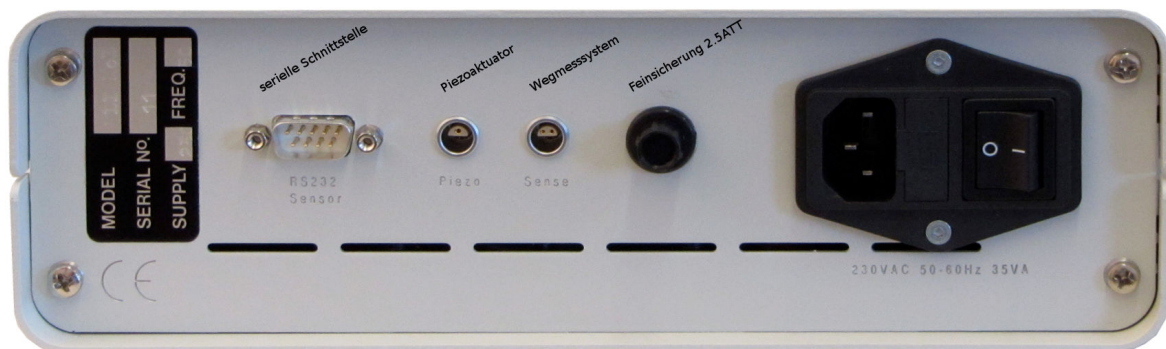
Kameraanschluss



Abbildung 16: Kameraanschluss beim WLI

Verbinden Sie je nach verwendeter Kamera den USB- oder FireWire-Anschluß mit dem Anschluss am PC.

Netzteil



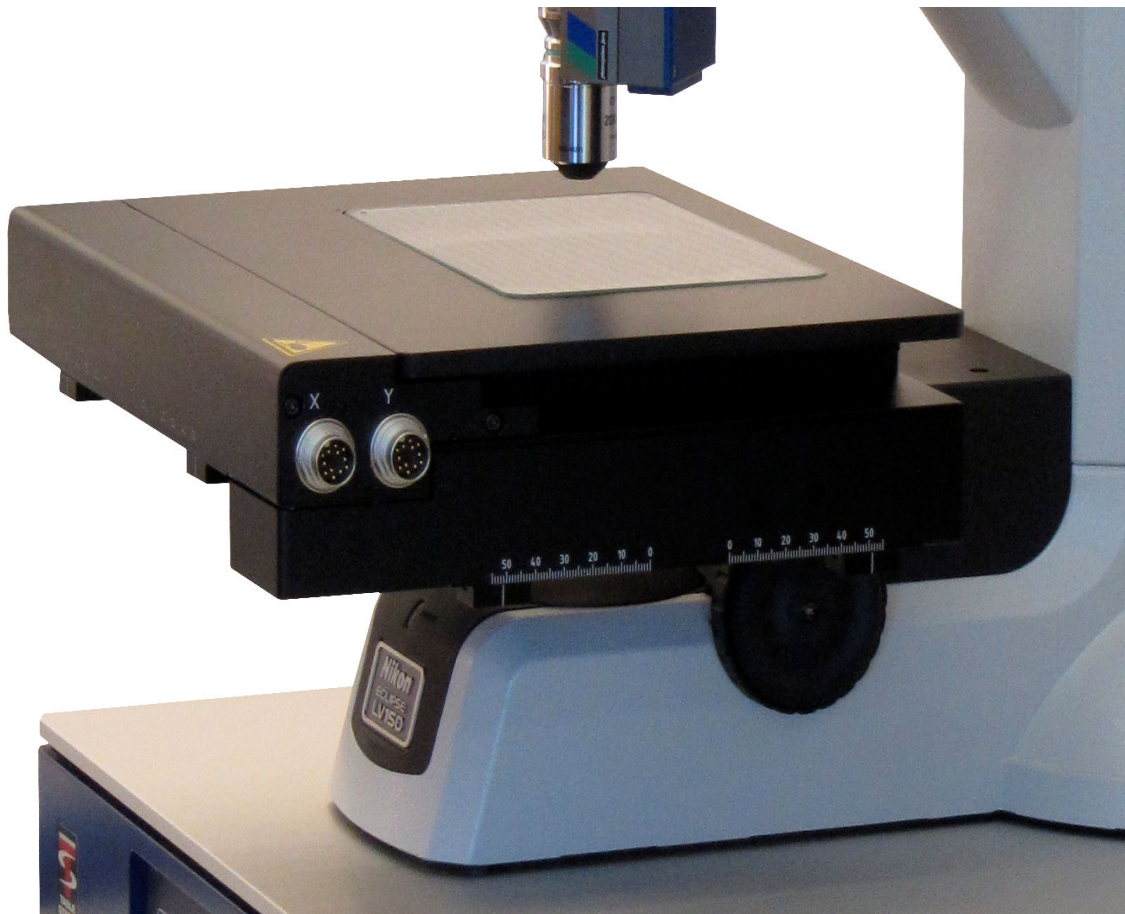
Serielle Schnittstelle

Das Steuergerät ist mit einem Anschluß für eine serielle Schnittstelle ausgerüstet. Standardmäßig wird das WLI an die erste serielle Schnittstelle (COM 1) des PC angeschlossen. Verwenden Sie zum Anschluß das mitgelieferte Schnittstellenkabel (Nullmodemkabel, SUBD-9, Buchse-Buchse, Pin 2 & 3 gekreuzt, Pin 5 Masse).

Piezoversteller

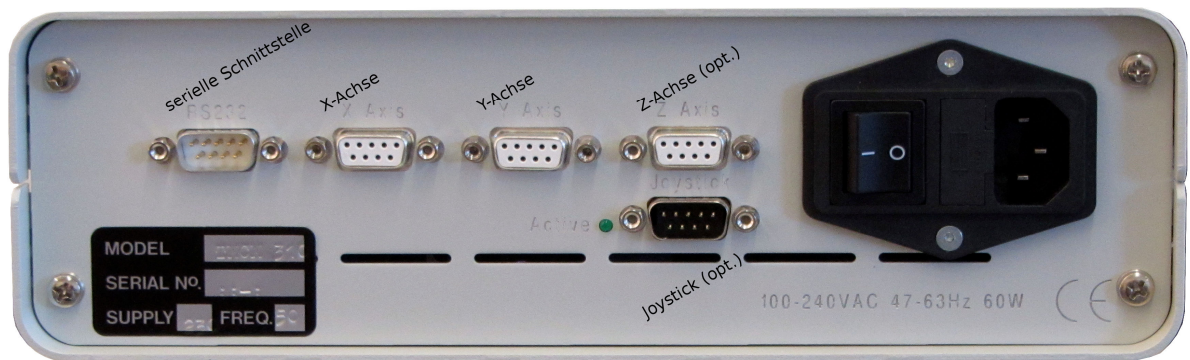
Der Piezoversteller wird an die mit Piezoaktuator und Wegmesssystem bezeichneten Buchsen angeschlossen.

Motorisierter XY Verfahrtsch



Motorisierte Verfahrtschienen sind als Option in verschiedenen Abmessungen verfügbar. Verbinden Sie den Anschluß X am Verfahrtschienen mit der Buchse X-Axis der Motorsteuerung, den Anschluß Y mit der Buchse Y-Axis.

WLI Anwenderhandbuch



5.4. Konformitätserklärung

OPM GmbH
Nobelstraße 7
76275 Ettlingen
Tel: 07243 529942
Fax: 07243 524480
E-Mail: info@opm-messtechnik.de
WWW: www.opm-messtechnik.de

EG-Konformitätserklärung

Im Sinne der Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG
und der EMV-Richtlinie 2004/108/EG und RoHS 2011/65/EG

Hiermit erklären wir, daß das Laborgerät **Hyperion**, bestehend aus

- Granitportal mit XY DC-Motorachse, Säule
- Sensor AF16 oder KF3 oder KF3/Tele oder C1
- Vertikale Achse, manuell oder Schrittmotorantrieb
- Motorsteuerelektronik

optional

- Steuerrechner (Standard-PC) mit Mess- und Auswertesoftware Inspector

den vorgenannten einschlägigen Bestimmungen entspricht.

Folgende harmonisierte Normen wurden angewendet:

- EN 61010 Teil 1 (2010) Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- EN 61326 Teil 1 (2006) elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte EMV-Anforderungen Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

Das Gerät kann nur durch fachkundige Personen benutzt werden. Eine deutschsprachige Bedienungsanleitung liegt vor.

Ettlingen, den 6.5.2013

Wolfgang Zint, Geschäftsführer