

**Lichtschnitt-Photographie mit der  
EXAKTA Varex IIa**

Ing. Richard Hummel

# Lichtschnitt-Photographie mit der Exakta-Varex IIa

Will man die Brauchbarkeit eines Werkstückes beurteilen, so muß man neben der Maßhaltigkeit oft auch die Oberflächengüte des Werkstückes zur Urteilsbildung heranziehen. Die Oberflächengüte eines Werkstückes wird aber durch die mikrogeometrische Gestalt der Oberfläche bestimmt. Um also urteilen zu können, muß man feststellen, wie die Gestalt der Ist-Oberfläche von der Soll-Oberfläche abweicht.

Durch Auge und Tastsinn lassen sich gegenüber einem Vergleichskörper gewisse Unterschiede in der Oberflächengüte feststellen. Solche subjektiven Prüfmethode haben bei dem heutigen Stand der Technik natürlich keinerlei Bedeutung mehr. Es wurden vielmehr sehr leistungsfähige Meßverfahren auf optischer, mechanischer oder elektrischer Grundlage entwickelt, die nun dem Praktiker zur Oberflächenmessung zur Verfügung stehen. Eine besondere Bedeutung hat dabei das Lichtschnittgerät nach Prof. Schmaltz infolge der relativ einfachen Bedienungsweise erlangt. Durch Beobachten und Ausmessen eines sogenannten Lichtschnittes kann die Oberflächengüte eines Werkstückes objektiv beurteilt werden. Für die Zwecke der Dokumentation läßt sich sehr einfach eine Kamera an das Beobachtungsmikroskop ansetzen. Besonders geeignet sind hierfür die einäugigen Spiegelreflexkameras im Kleinbildformat. Die zwei prinzipiellen Merkmale einer einäugigen Spiegelreflexkamera, Sucherausschnitt = Aufnahmeausschnitt und Sucherschärfe = Aufnahmeschärfe, prädestinieren gerade diesen Kameratyp für

die Zwecke der wissenschaftlichen Photographie. Im folgenden soll nun beschrieben werden, wie sich die Exakta-Varex infolge ihrer bekannten Vielseitigkeit bei der Lichtschnitt-Photographie am Lichtschnittgerät nach Schmaltz bewährt

## Aufbau eines Lichtschnitt-Mikroskops

Bevor der prinzipielle Aufbau eines Lichtschnitt-Mikroskops, dargestellt am Lichtschnittgerät nach Schmaltz, näher erläutert werden soll, ist es wichtig, sich mit dem Wesen eines Oberflächen-Lichtschnittes vertraut zu machen. Jede bearbeitete Oberfläche zeigt Rillen, die stark von der Gestalt des Bearbeitungswerkzeuges und dem Vorschub abhängen. Projiziert man in dieses „Ackerfeld in Mikrogestalt“ ein sehr schmales Lichtband, so wird ein Querstreifen in diesem „Feld“ sichtbar gemacht. Blickt man, wie in Bild 1, auf diesen Querstreifen, so kann man die Profilkurve der bearbeiteten Oberfläche gut erkennen, weil sich ja das Lichtband allen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche anschmiegt. Man ist somit in die Lage versetzt, über die Rauigkeit einer Oberfläche urteilen zu können. Die Methode des Lichtschnittes hat dabei den Vorteil, daß die Oberfläche des Prüflings nicht verändert wird. Schon in diesem Grundprinzip des Lichtschnittes sind viele Vorzüge begründet. Die Handhabe ist einfach und zuverlässig; man erhält bei der Beobachtung ein sehr anschauliches Bild und kann die sichtbare Profilkurve photographisch festhalten. Nachteilig ist hingegen, daß bei der Betrachtung eine Profilverzerrung eintritt und die Länge des beobachtbaren Ausschnittes der Profilkurve begrenzt ist.

Der optische Aufbau des Lichtschnittgerätes nach Schmaltz ist in Bild 2 dargestellt. Ein beleuchteter Spalt S wird durch das Objektiv O<sub>1</sub> auf die Werk-

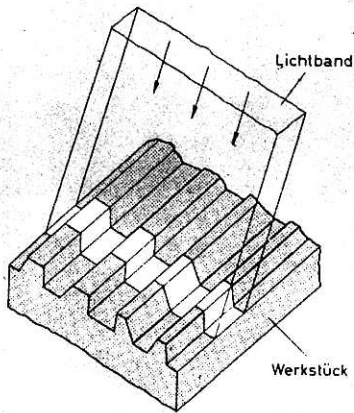
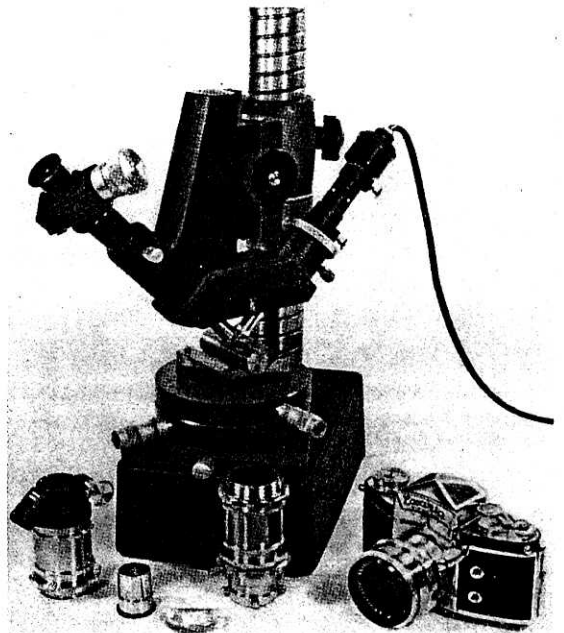
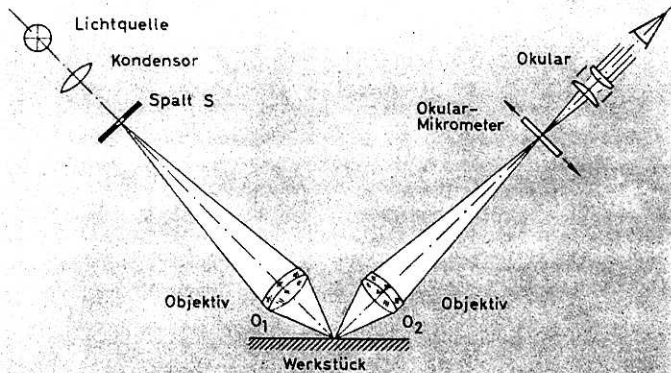
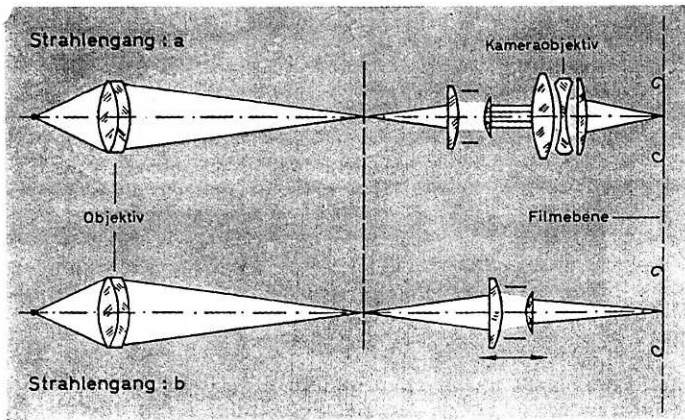


Bild 1, links. Entstehung eines Lichtschnittes. Bild 2, unten. Allgemeiner Strahlengang des Lichtschnittgerätes nach Prof. Schmaltz. Bild 3, rechts. Einige der Hilfsmittel für die Lichtschnitt-Photographie





stückoberfläche abgebildet. Dieser Lichtschnitt am Prüfling wird über ein Objektiv  $O_2$  in der Ebene eines Okularmikrometers abgebildet und durch ein Okular beobachtet. Um die Rauhtiefe der Oberfläche messen zu können, ist es notwendig, im Okular ein Fadenzug messbar verschieben zu können. Dies geschieht durch ein Okularschraubenmikrometer.

Dem Lichtschnittverfahren sind natürlich auch Grenzen gezogen, die durch die Grenzen der förderlichen Vergrößerung bedingt sind. So lassen sich mit diesem Verfahren Rauhtiefen von  $1 \mu \dots 30 \mu$  sicher feststellen. Die Messung der Rauhtiefe geht dann so vor sich, daß der Abstand zwischen dem tiefsten und höchsten Punkt des beobachtbaren Profilausschnittes mit dem Okularschraubenmikrometer ausgemessen wird. Die Abstandsbestimmung zwischen beiden Punkten erfolgt dabei in Skalenteilen der Okularmeßschraube. Nach dem Ausmessen des Prüflings wird mit der gleichen Geräteanordnung ein Objektmikrometer mit  $1/100$  mm Teilstrichabstand zum Vergleich ausgemessen. Mit dieser Vergleichsmessung und der Rücksichtnahme auf eine schräge Beobachtung läßt sich dann die Rauhtiefe des Prüflings direkt in  $\mu$  angeben.

### Lichtschnitt-Photographie

Will man die Profilbilder nicht nur visuell beobachten und auswerten, sondern photographisch festhalten, so leistet jede einäugige Spiegelreflexkamera wertvolle Dienste. Man benötigt zur Herstellung von Profil-Photogrammen neben einem Photo-Okular, das gegen das Meßokular ausgewechselt wird, nur geeignete Zwischenstücke, die es gestatten, die Kamera leicht am Lichtschnittgerät zu befestigen. Die vom Ihagee Kamerawerk Dresden hergestellte Exakta-Varex mit ihrem reichhaltigen Zubehör ist besonders für die Lichtschnitt-Photographie am Lichtschnittgerät nach Schmalz geeignet. Zur Befestigung der Exakta-Varex am Lichtschnittgerät dienen die Ihagee-Mikrozwiseinstücke 1 und 2. Bei der Verwendung des Mikrozwiseinstückes 1 bleibt die Kamera schwenkbar mit dem Mikroskop verbunden. Das Mikrozwiseinstück 2 ist über eine Schwalbenschwanz-Kupplung trennbar, so daß die Kamera leicht vom Mikroskop entfernt werden kann. Beide Zwischenstücke lassen sich leicht am Okularstutzen festklemmen. In jedem Falle muß für die Zwecke der Photographie das Meßokular gegen ein Photo-Okular ausgetauscht werden. Photo-Okulare sind besonders optisch korrigiert und werden als feste oder verstellbare Okulare hergestellt. Je nach der Bauart der Okulare ergeben sich dann verschiedene Aufnahmeanordnungen.

Man unterscheidet im allgemeinen zwei verschiedene Aufnahmeanordnungen, die sich beide besonders einfach mit der Exakta-Varex verwirklichen lassen

#### Aufnahme mit fest eingestelltem Okular

Verschiedene Photo-Okulare sind fest eingestellt und besitzen keine Dioptrienverstellung. Nach dem Einsetzen des Okulars in den Mikroskopstutzen verläßt paralleles Licht

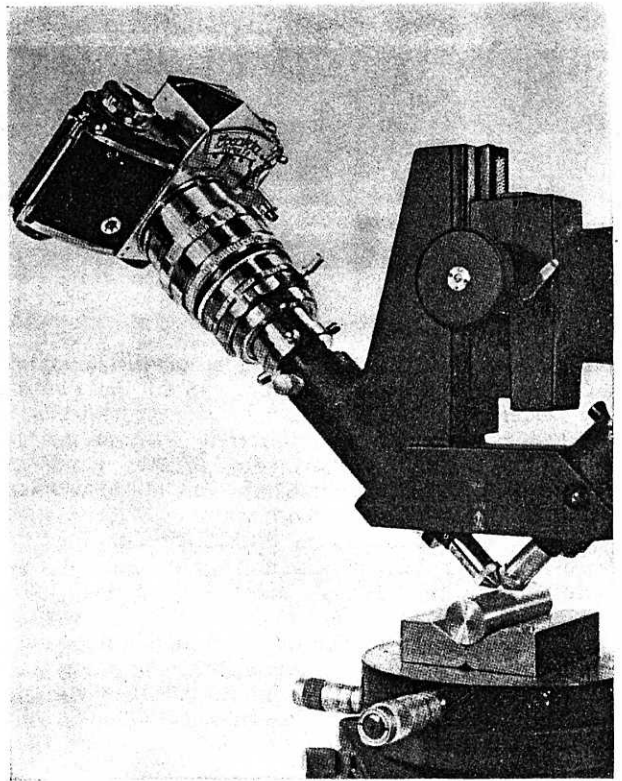
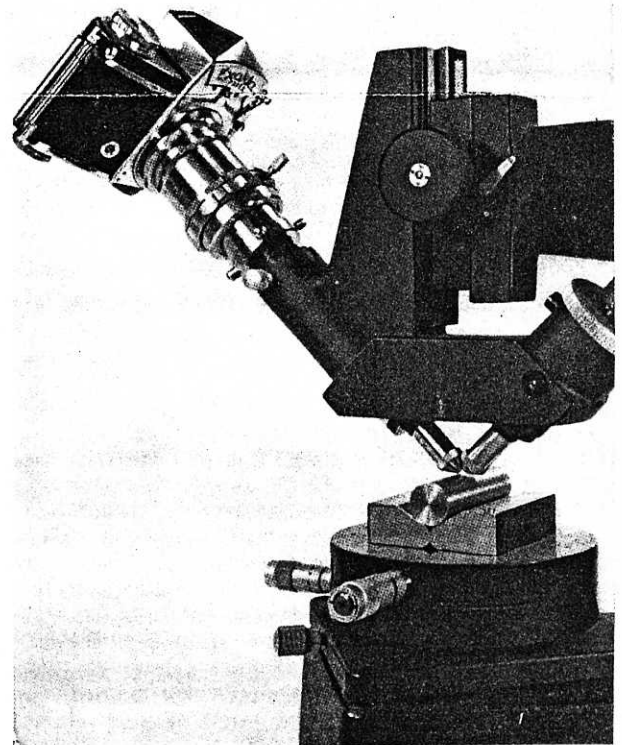


Bild 4. links. Prinzipielle Aufnahmeanordnungen, a) mit festem Okular, b) mit verstellbarem Okular. Bild 5, oben. Exakta-Varex mit Objektiv und Mikrozwiseinstück bei festem Okular. Bild 6, unten. Exakta-Varex mit Mikrozwiseinstück, aber ohne Objektiv bei verstellbarem Okular



das Okular. Eine photographische Aufnahme ist nur dann möglich, wenn eine Kamera mit auf Unendlich eingestelltem Objektiv verwendet wird. (Siehe Bild 4a und Bild 5.)

#### b) Aufnahme mit verstellbarem Okular

Bei diesem Okulartyp ist eine Dioptrienverstellung vorhanden. Nach dem Einsetzen des Okulars in den Mikroskopstutzen verläßt konvergentes Licht das Okular. Die Bilderzeugung findet also in endlicher Entfernung hinter dem Okular statt. An dieser Stelle muß dann die Filmebene der Kamera liegen. (Siehe Bild 4b und Bild 6.)

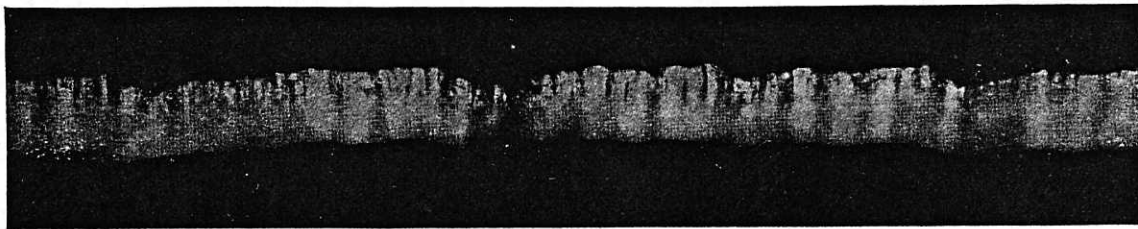


Bild 8, links. Vergrößertes Profil-Photogramm

Bild 9, unten. Vergrößertes Maßstab-Photogramm

In den folgenden Bildern 5 und 6 ist der ~~Prismeneinsatz~~ Aufbau am Lichtschnittgerät sichtbar, um mit der Exakta-Varex die beiden Aufnahmeanordnungen zu verwirklichen. Um den Aufbau nach Bild 5 zu realisieren, wird in das Innengebinde der Objektiv-Vorderfassung (Filtergewinde) ein Zwischenring eingeschraubt und mit dem Mikrozwisehenstück 2 verschraubt. Damit ist die Apparatur völlig aufnahmebereit. Für die visuelle Beobachtung blickt man dann über den Prismeneinsatz der Kamera oder durch Abnehmen der gesamten Einrichtung direkt in das Okular. Beim Aufbau nach Bild 6 wird nur die Kamera durch das Mikrozwisehenstück 1 mit dem Okularstutzen verbunden. Auch hier erfolgt die visuelle Beobachtung über den Prismeneinsatz oder durch Schwenken des Zwischenstückes direkt am Okular. Die visuelle Beobachtung durch den Prismeneinsatz der Exakta-Varex läßt sich durch die Verwendung von Klarlupen mit Fadenkreuz erleichtern.



ber Lampenspannung zu arbeiten, um Überstrahlungen im Photogramm zu vermeiden. Bei Verwendung von Photomaterial mit einer Empfindlichkeit von 10° DIN ergeben sich je nach Prüfling Belichtungszeiten, die zwischen 15 s und 60 s liegen. Vorteilhaft ist es, mehrere Aufnahmen mit gestuften Belichtungszeiten zu machen. Ing. Richard Hummel

### Auswertung der Profil-Photogramme

Das Ergebnis einer Profil-Aufnahme mit dem Lichtschnittgerät nach Schmalz und der Exakta-Varex liegt dann in einem Photogramm vor, wie es Bild 7 zeigt. Die Auswertung

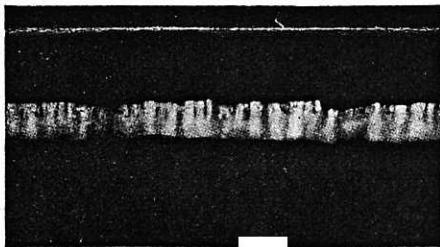




Bild 7 Profil-Photogramm

der Profil-Photogramme muß nach bestimmten Gesichtspunkten erfolgen, die in DIN 4762 festgelegt und beschrieben sind. In diesem DIN-Blatt sind alle Begriffe und Definitionen, wie z. B.: Rauhtiefe R, mittlere Rauhtiefe  $R_m$ , Glättungstiefe G, Völligkeitsgrad K und Rillenabstand  $A_r$ , festgelegt. Um alle die Kenngrößen der mikrogeometrischen Oberflächengestalt dem Profil-Photogramm entnehmen zu können, macht sich eine bestimmte Größe des Photogramms notwendig. Zweckmäßig hat sich eine fünffache Vergrößerung des Negativs erwiesen, und zwar für Profil- und Maßstab-Aufnahme.

Aus Gründen der Zweckmäßigkeit erfolgt die Auswertung der Lichtschnitt-Photographie in Tabellenform, um einen schnellen Überblick zu erhalten und jederzeit eine Kontrolle zu gestatten. In dem Bild 10 ist ein solches Protokoll dargestellt. Man kann hier die Auswertung der Photogramme verfolgen und gesuchte Kenngrößen dem Protokoll entnehmen.

Bemerkenswert bei der Betrachtung der Profil-Photogramme ist, daß die einseitige Schärfe der Profilkurve prinzipiell bedingt ist, da die beiden Kanten des projizierten Lichtbandes bezüglich des Objektivs  $O_2$  (Bild 2) nicht in einer Ebene liegen. Da sich die Beleuchtung am beschriebenen Lichtschnittgerät regelbar einstellen läßt, ist es empfehlenswert, mit etwa hal-

Bild 10. Auswertungs-Protokoll einer Oberflächenmessung. Probe: Aluminium

Aufnahme-Daten	Objektivpaar: Epi 7 × (0,12)	Film: Agfa-Isopan FF, 10° DIN						
	Okular: Photo-Okular 15 ×	Belichtungszeit: 30s/Halbe Spng.						
	Kamera: Exakta-Varex IIa	Probe: Aluminium (geschliffet)						
Profil-Photogramm								
	Planimetrierte Fläche F	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>175 mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>180 mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>176 mm<sup>2</sup></td> </tr> </table>	1	175 mm <sup>2</sup>	2	180 mm <sup>2</sup>	3	176 mm <sup>2</sup>
1	175 mm <sup>2</sup>							
2	180 mm <sup>2</sup>							
3	176 mm <sup>2</sup>							
Maßstab-Photogramm		Teilstrichabstand $b = 50 \mu$						
		Maßstab-Strich	Able-sung a mm	Diff. $a_n + j = a_j$ mm				
		1	4,8	18,7				
		2	9,4	18,8				
		3	14,1	18,8				
		4	18,9	18,6				
		5	23,5	$a_m = 4,7 \text{ mm}$				
		6	28,2					
7	32,9	$SkW = \frac{b}{a_m} = 10,6 \frac{\mu}{\text{mm}}$						
8	37,5							
Auswertung	Maßstab für die Abszisse	$m_x = SkW$	$m_x = 10,6 \frac{\mu}{\text{mm}}$					
	Maßstab für die Ordinate	$m_y = \frac{SkW}{\sqrt{2}}$	$m_y = 7,5 \frac{\mu}{\text{mm}}$					
	Rauhtiefe	$R' = 2,8 \text{ mm}$ $R = R' \cdot m_y$	$R = 21 \mu$					
	Mittlere Rauhtiefe	$R'_m = \frac{F_m}{S_b}$	$R'_m = 1,22 \text{ mm}$					
		$R_m = R'_m \cdot m_y$	$R_m = 9,2 \mu$					
	Glättungstiefe	$G = R - R_m$	$G = 11,8 \mu$					
Völligkeitsgrad	$K = \frac{R_m}{R}$	$K = 0,44$						