

Technische Oberflächen genau im Blick

Heß, M.

Ein neues Laser-Scanning-Mikroskop ermöglicht es Studierenden und Mitarbeitern der Hochschule Oberflächen genauer als bisher „unter die Lupe“ zu nehmen. Neben hochauflösenden Echtfarbenbildern werden auch Höheninformationen gewonnen, wodurch sich dreidimensionale Oberflächenmodelle erzeugen lassen.



A new laser-scanning-microscope enables students and scientific staff to examine technical surfaces. Besides high-resolution true-color images height information is detected, which allows to generate 3D-surface-models.

1 Die Bedeutung technischer Oberflächen

„Die mechanischen Eigenschaften eines Bauteils bei statischen und zyklischen Beanspruchungen werden durch die Oberflächeneigenschaften, d. h. die Oberflächenfeingestalt, die Randfestigkeit und die Randeigenspannungen unterschiedlich beeinflusst.“ /1/ „Dabei zeigt sich, dass der Einfluss der Oberflächenmikrogeometrie beginnend in der Flüssigkeitsreibung, mit weiter abnehmender Spalthöhe zunimmt. Je nach Mikrostruktur und deren Orientierung zur Strömungsrichtung kann die hydrodynamische Tragwirkung eines Tribosystems durch mikrohydrodynamische Effekte gesteigert oder gemindert werden.“ /2/

Die diesen Artikel einleitenden Zitate aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen des Maschinenbaus sollen illustrieren wie weitreichend und vielfältig Problemfelder sein können, aus denen Fragestellungen hinsichtlich der genauen Beschaffenheit technischer Oberflächen hervorgehen können. Eine genaue Kenntnis und Beschreibung der Oberflächen ist zur Bearbeitung solcher Aufgaben erforderlich, weshalb Studierende der Ingenieurwissenschaften im Lauf ihrer Ausbildung immer wieder mit dieser Thematik konfrontiert werden. Bereits im während der ersten Semester unterrichteten Fach „Technisches Zeichnen“, welches den angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren gewissermaßen ein technisches Grundvokabular vermittelt, stehen auch die Beschreibung von Oberflächen und die sie hervorru-

fenden Fertigungsverfahren auf dem Lehrplan. Dieser Zusammenhang wird insbesondere im Fach Fertigungstechnik vertieft, während in Fächern wie Maschinenelemente, Betriebsfestigkeit oder Tribologie immer wieder Anwendungsfälle auftreten, bei denen die Oberflächenbeschaffenheit direkte Auswirkung auf Eigenschaften eines Bauteils hat.

Da Oberflächenrauheiten mit bloßem Auge kaum zu erkennen sind, wird diese Thematik bisher im Allgemeinen eher theoretisch und modellbasiert unterrichtet. Um Studierenden und Wissenschaftlern zukünftig einen genaueren Blick auf die tatsächliche Beschaffenheit realer Oberflächen gewähren zu können, wurde im vergangenen Jahr, unterstützt durch Studienbeitragsmittel, ein Laser-Scanning-Mikroskop (LSM) für das IMW beschafft. Das Gerät befindet sich zurzeit noch im Einrichtbetrieb, soll aber in den nächsten Semestern vorlesungsbegleitend und in Praktika (Maschinenlabor) eingebunden werden, um den Studierenden auch kleinste Oberflächeneigenheiten „begreifbar“ zu machen.

2 Laser-Scanning-Mikroskopie

Das beschaffte VK-X100K Laser-Scannig-Mikroskop der Firma Keyence erzeugt dank der 21,6 Millionen Messpunkte des CCD-Chips hochauflösende Echtfarbenbilder der betrachteten Oberfläche. Es besitzt neben der für klassische Mikroskope üblichen Weißlichtquelle zusätzlich einen Laser, mit dem die zu betrachtende Oberfläche abgetastet wird. Über eine Intensitätsmessung des Reflexionssignals kann hierdurch neben der Bilderfassung auch eine Höheninformation gewonnen werden, wodurch die dreidimensionale Beschreibung der Probenoberfläche möglich wird.

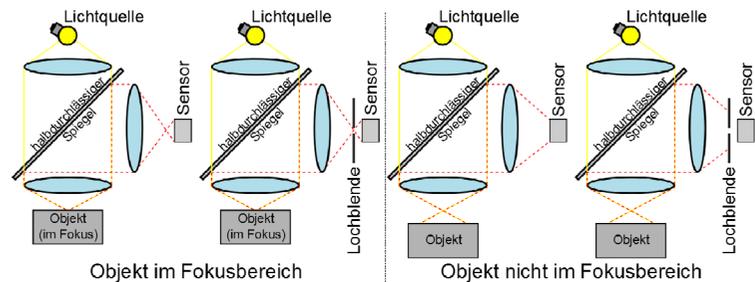


Abbildung 1: Gegenüberstellung des herkömmlichen (jeweils links) und des konfokalen Messprinzips (jeweils rechts) – nach /3/

Durch die Anwendung einer konfokalen Optik werden Aufnahmen mit einer durchgehenden Tiefenschärfe möglich. In Abbildung 1 ist die klassische Optik dem konfokalen Messprinzip gegenübergestellt. Befindet sich die Probe im Fokus (linker Bereich der Abbildung), trifft für beide Optiken das gesamte reflektierte Licht auf den Fotodetektor. Wird die Probe aus dem Fokus verschoben, gelangt das reflektierte Licht bei der herkömmlichen Optik immer noch zum Fotodetektor, ergibt dort jedoch nur ein unscharfes Bild. Bei der konfokalen Mess-technik sorgt eine Lochblende dafür, dass nur ein Bruchteil des unscharfen Bildes den Sensor erreicht, was eine deutliche Intensitätsverminderung zur Folge hat. Durch vertikales Verfahren des Objektivs und Überlagerung der aufgezeichneten „scharfen“ Bildbereiche lässt sich ein durchgängig fokussiertes Bild der Oberfläche erreichen (siehe Abbildung 2).

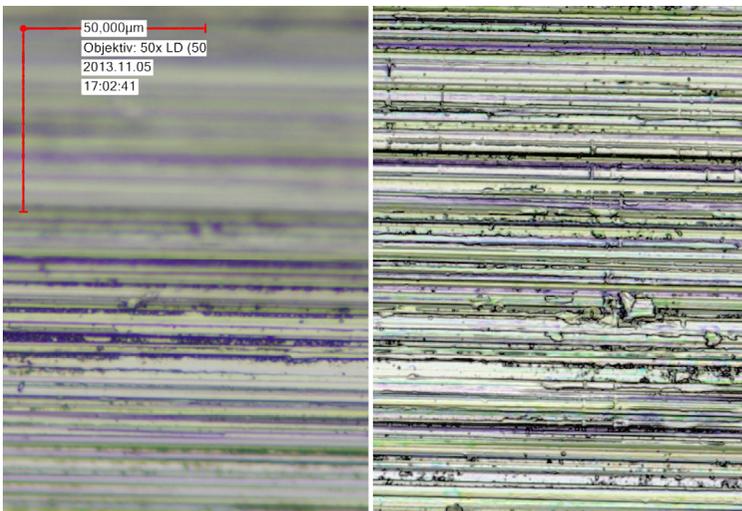


Abbildung 2: Lauffläche einer Freilauframpe, aufgenommen mit nur einem Fokuspunkt (links) und durchgängig fokussiert mittels konfokaler Optik (rechts)

Die digitalisierten Messdaten stehen anschließend in einer Auswertsoftware zur Verfügung, sodass beispielsweise Profilmessungen und Neigungskorrekturen ausgeführt werden können. Da mit geeigneten Objektiven eine Breitenauflösung von $0,01 \mu\text{m}$ und eine Höhenauflösung von $0,005 \mu\text{m}$ erreicht werden kann, ist sogar die berührungslose Messung von technischen Rauheiten möglich.

Montiert wird der Messkopf an ein mobiles Spezialstativ, welches ein computergesteuertes Verfahren des Mikroskops über einer Fläche von 50 mm x 50 mm gestattet. Innerhalb dieses Bereichs können einzelne Aufnahmen softwaregestützt zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden. Durch den flexiblen Aufbau des Stativsystems lassen sich nicht nur relativ kleine Proben, sondern auch größere Maschinenelemente oder ganze Maschinenteile betrachten.

3 Anwendungsbeispiel Freilauffläche

Als Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 3 die Lauffläche eines Freilauffinnensterns, der auf dem Freilaufprüfstand des IMW untersucht worden ist. Der Bildausschnitt zeigt den Bereich der Rampe, der durch das Klemmelement beim Sperren des Freilaufs belastet wird.

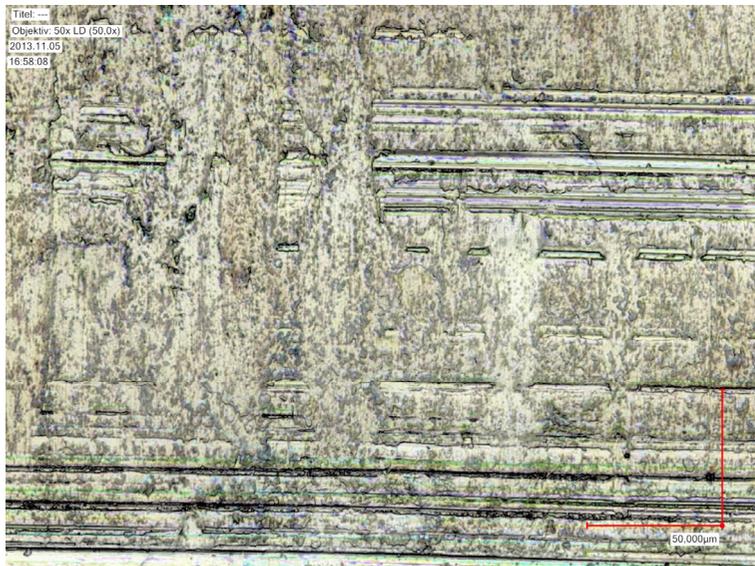


Abbildung 3: Verschleißspuren auf Freilauframpe

Es ist deutlich erkennbar, dass die bei der Fertigung entstandene Riefenstruktur der Oberfläche durch die Überrollung des Wälzkörpers eingeebnet wurde. Ein ähnliches Verschleißbild ergab sich für fast alle betrachteten Laufflächen des Freilauffinnensterns, bei einer Lauffläche wurde im Berührungsbereich zum Klemmkörper jedoch ein Anriss entdeckt, der zum Versagen des Maschinenelementes führte.

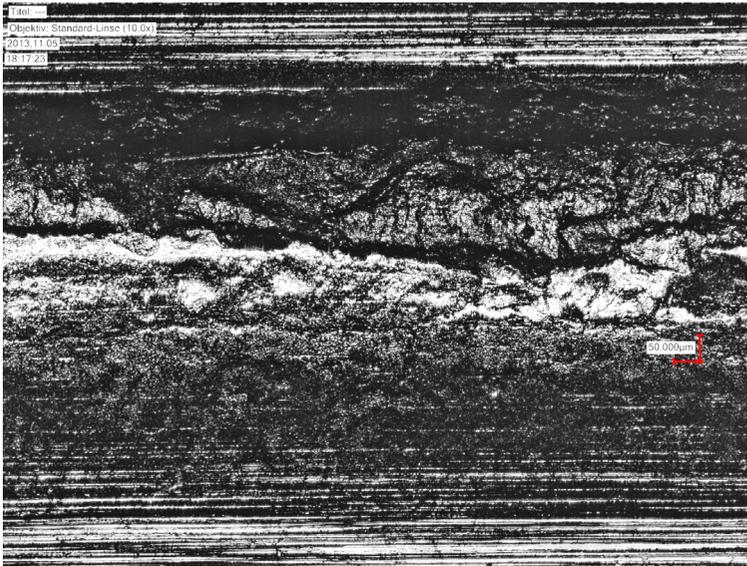


Abbildung 4: Anrissbereich der Freilauffläche als Laserintensitätsbild

Im Laserintensitätsbild (Abbildung 4) sind ebenfalls die zuvor beschriebenen Einglättungen im Berührungsbereich mit dem Klemmkörper zu erkennen. Dominiert wird die Abbildung allerdings von einem tiefen Spalt, dem Anriss, der die Lauffläche durchzieht. Anhand der gemessenen Höhendaten lässt sich ein dreidimensionales Profil der betrachteten Oberfläche erstellen (Abbildung 5), indem sowohl die Neigung der Lauffläche als auch die Dimension des Risses eindrucksvoll wiedergegeben werden.

Mit Hilfe der Auswertsoftware des Messsystems lassen sich auf Grundlage dieses Höhenprofils verschiedene geometrische Messungen durchführen. Durch den Vergleich von Aufnahmen, die beispielsweise vor und nach dem Gebrauch eines Bauteils aufgenommen werden, lassen sich deutlich die Auswirkungen von Verschleiß dokumentieren.

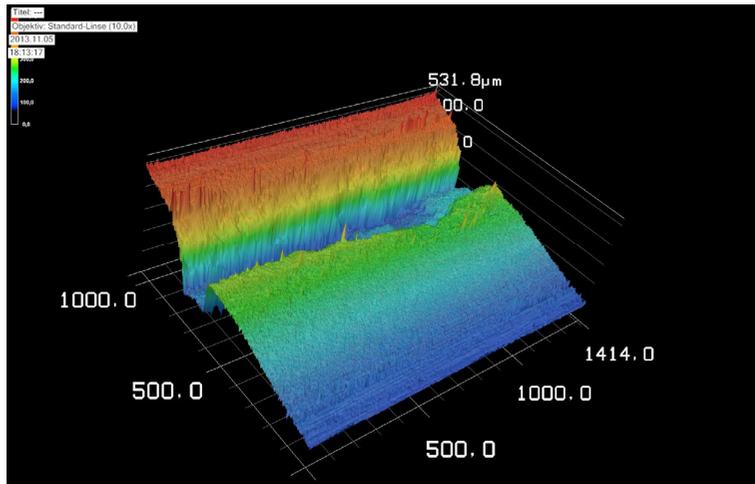


Abbildung 5: Dreidimensionales Höhenprofil der Lauffläche im Bereich der Rissbildung

4 Zusammenfassung

Durch die Beschaffung eines Laser-Scanning-Mikroskops ergeben sich neue Möglichkeiten zur Betrachtung und Analyse technischer Oberflächen. Das Mikroskop soll sowohl in der Forschungstätigkeit als auch in der Lehre eingesetzt werden und hierbei Studierenden bisher nur theoretisches Wissen über Oberflächen praktisch begreifbar machen.

5 Literatur

- /1/ Grote, K.-H.; Feldhusen, J.: Dubbel : Taschenbuch für den Maschinenbau. 23. Aufl. Berlin: Springer, 2012
- /2/ Bartel, D.: Simulation von Tribosystemen : Grundlagen und Anwendungen. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2010
- /3/ Keyence Corporation: 3D Laser Scanning Microscope VK-X100K/x105/X110 VK200K/X210 : User's Manual, Osaka, Japan