

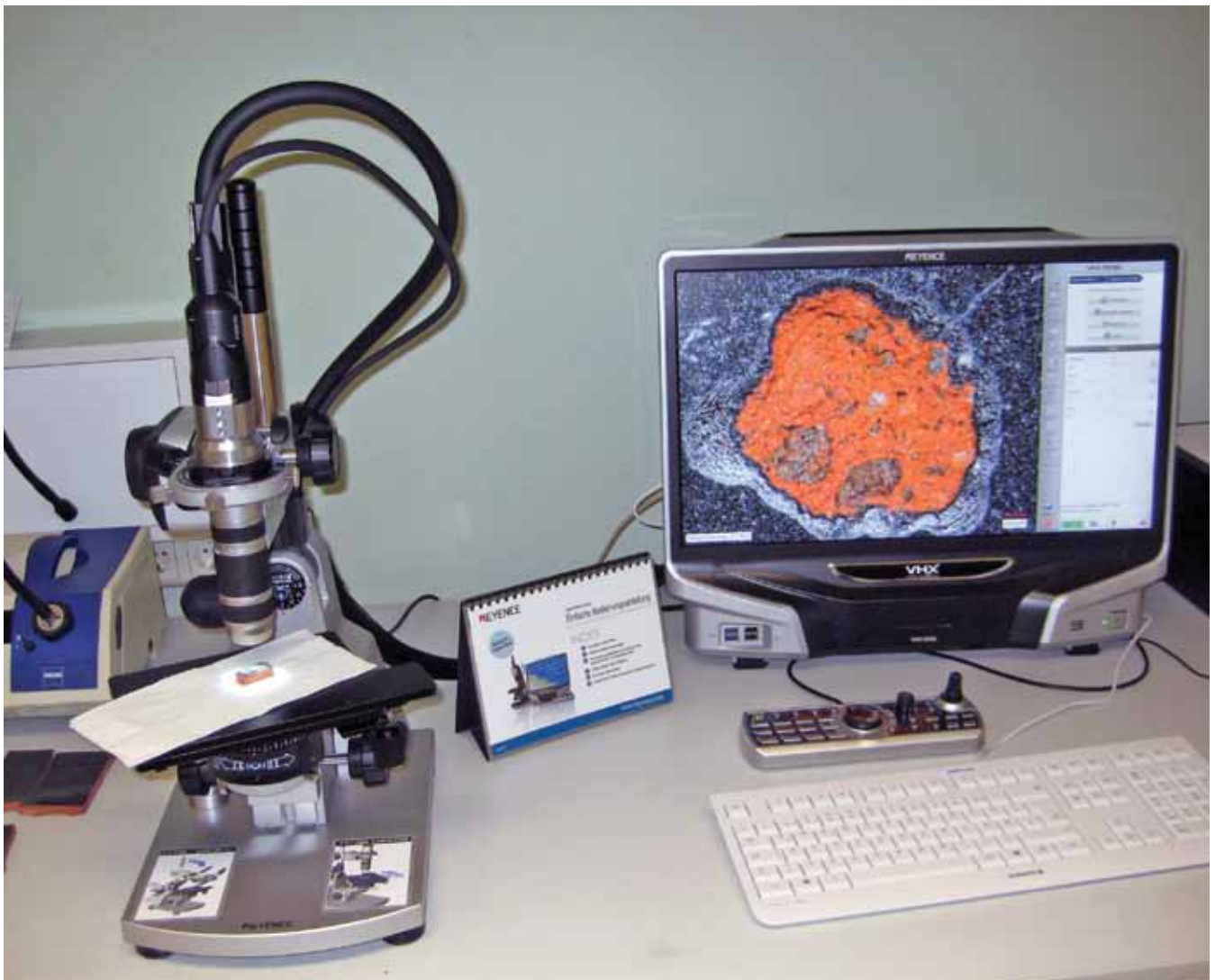
Dipl.-Ing. Wolfgang Krahl

## Use of a digital microscope for quality testing of structural clay products

### Einsatz eines Digitalmikroskopes zur Qualitätsprüfung in der Baukeramik

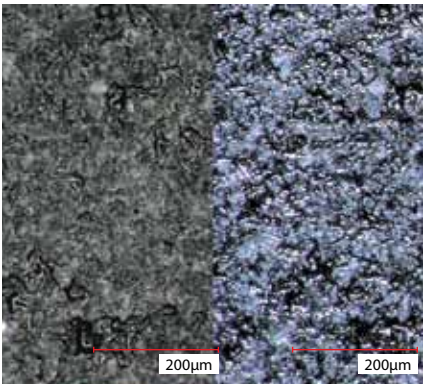
For many different forms of industrial testing, a digital microscope offers advantages over conventional stereoscopic or light-optical microscopes. This applies in particular to the inspection of surfaces and fracture faces, the analysis of inclined or vertical surfaces and the on-site inspection of large components. This article illustrates the technology's potential by way of case examples.

Für eine Vielzahl von industriellen Prüfungen bietet die Digitalmikroskopie Vorteile gegenüber herkömmlichen Stereo- oder Lichtmikroskopen. Das betrifft insbesondere Untersuchungen an Oberflächen und Bruchflächen, Analysen von geneigten oder vertikalen Oberflächen bzw. Vor-Ort-Inspektionen von großen Bauteilen. Der Artikel beschreibt an einer Auswahl von Fallbeispielen die Möglichkeiten der Technik.



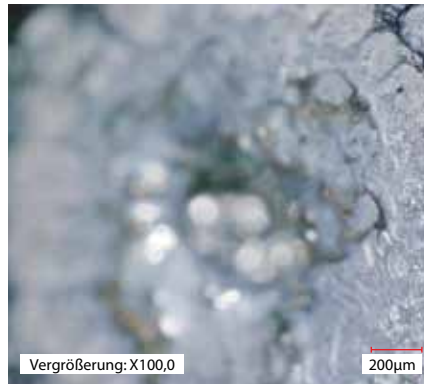
»1 Digital microscope VHX 5000

»1 Digitalmikroskop VHX 5000



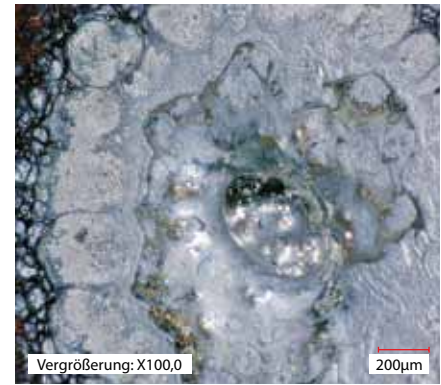
»2 Surface of a facade panel, recorded with HDR (right) and without HDR (normal image, left)

»2 Oberfläche einer Fassadenplatte, aufgenommen mit HDR (rechts) und ohne HDR (normales Bild, links)



»3 Surface of a roof tile with a fault, shown without depth sharpening correction

»3 Oberfläche eines Dachziegels mit einer Fehlerstelle – ohne Tiefenschärfen-Korrektur



»4 Surface of a roof tile with a fault, shown after depth sharpening correction

»4 Oberfläche eines Dachziegels mit einer Fehlerstelle – nach Tiefenschärfen-Korrektur

## 1 Introduction

Since October 2016, Keramik-Institut GmbH has been using a VHX 5000 digital microscope (»1) to examine sample specimens made of sundry ceramic materials. The microscope is equipped with:

- › a control unit and graphics system
- › a standard VHX camera
- › a 20–200 x zoom lens
- › a tripod with free-angle viewing
- › an XY stage
- › a motorized Z axis for automatic height adjustment

## 2 Advantages of digital microscopy

A digital microscope offers the following advantages over a conventional microscope:

### 2.1 Optimized digital imaging

Since a digital microscope has no ocular, the live image can be shown at a high frame rate (up to 50 images per second). With the aid of diverse imaging procedures such as optimized reflection, high-definition mode, HDR mode (HDR = high dynamic range) or altering the type of illumination (ring light on index ring and vice versa), the most suitable of several settings (nine on the employed microscope) for the specimen in question can be selected on-screen.

If, for example, the surface of a specimen is difficult to display, it can be shown in more detail by enhancing the contrast in HDR mode. The resultant high-contrast image is better for distinguishing between differences in natural luminance and for picking up minute details. In order to accentuate even more details, the recorded image can be digitally post-magnified (»2).

### 2.2 Deep focus

Moving the camera and its objective automatically or by manually set increments along a motor-controlled Z axis generates image sequences that yield a deep-focus 2D image with the help of a high-performance graphics system. Manual adjustment of the increment length enables further enhancement of the image quality (»3, »4).

## 1 Einleitung

Für Untersuchungen an Proben aus allen Bereichen der Keramik arbeitet die KI Keramik-Institut GmbH seit Oktober 2016 mit einem Digitalmikroskop vom Typ VHX 5000 (»1), das über folgende Ausstattung verfügt:

- › Steuergerät und Grafiksystem
- › Standard-VHX-Kamera
- › Zoomobjektiv 20–200-fach
- › Stativ mit freier Winkelbetrachtung
- › x-y-Tisch
- › motorisierte z-Achse zur automatischen Höhenverstellung

## 2 Vorteile der Digitalmikroskopie

Die Digitalmikroskope zeichnen sich durch folgende wesentliche Vorteile gegenüber konventionellen Mikroskopen aus:

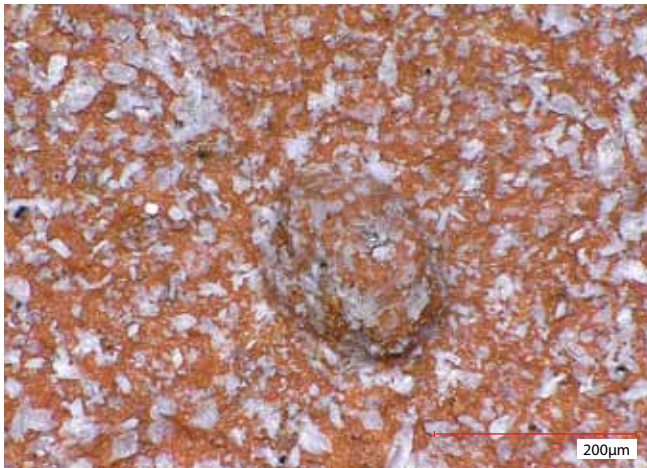
### 2.1 Optimierte digitale Bildgebung

Da ein Digitalmikroskop ohne Okulare arbeitet, kann das Live-Bild mit einer hohen Bildwiederholrate (mit bis zu 50 Bildern pro Sekunde) dargestellt werden. Mithilfe verschiedener Bildaufnahmetechniken wie Reflexionsoptimierung, Scharfzeichnungsmodus, HDR (HDR: High-Dynamic-Range) oder Änderung der Beleuchtungsart (Ringlicht auf Teilring und umgekehrt) kann auf dem Bildschirm aus insgesamt mehreren (beim verwendeten Mikroskop sind es neun) verschiedenen Einstellungen die für die Probe effektivste ausgewählt werden.

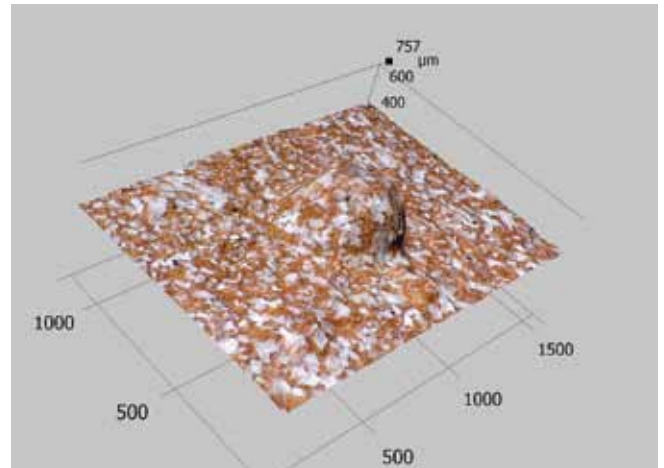
Ist beispielsweise die Oberfläche einer Probe schwierig darstellbar, kann diese im HDR-Modus durch Kontrastverstärkung detaillierter betrachtet werden. Man erhält ein Hochkontrastbild, das natürliche Helligkeitsunterschiede sowie feinste Details besser erfasst. Eine digitale Nachvergrößerung des aufgenommenen Bildes zur Hervorhebung weiterer Details ist ebenfalls möglich (»2).

### 2.2 Große Tiefenschärfe

Bewegt man Kamera und Objektiv automatisch oder durch manuelle Vorgabe einer Schrittweite entlang der motorgesteuerten z-Achse, werden Bildfolgen generiert, aus denen dann ein tiefenscharfes Bild (in 2D) entsteht. Bei manueller Vorgabe der Schrittweite kann die Bildqualität weiter gesteigert werden (»3, »4).



»5 2D roof tile surface with efflorescences from a soluble salt and a bulge  
 »5 2D-Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen eines löslichen Salzes und einer Aufwölbung



»6 3D roof tile surface with efflorescences of a soluble salt and a bulge (now seen from the visible side)  
 »6 3D-Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen eines löslichen Salzes und der jetzt von der Seite sichtbaren Aufwölbung

### 2.3 Viewing in 3D

»5 is a deep-focus image of a roof-tile finish. The image data includes an analysis of information on the focusing position in each partial image. That information enables generation of a 3D image of the surface (»6).

By rotating the image on-screen, the bulge can be viewed from all sides. A wide range of measurement functions are available for use in performing the analysis.

### Flexible lens alignment for viewing the specimen from different angles

In combination with a pivoted XY stage (»7) a flexible tilting tripod enables inclination of the microscope's axis to view the specimen from different angular positions. The position of interest always remains on-screen, despite changing angles.

Likewise, a deep-focus image (»8, »9) can be obtained with the Z axis inclined.

### 2.3 Betrachtung in 3D

»5 zeigt zunächst das tiefenscharfe Bild einer Dachziegeloberfläche. Bei der Erfassung des Bildes werden auch Informationen zur Fokusposition im jeweiligen Teilbild analysiert. Anhand dieser Informationen kann ein 3D-Bild der Oberfläche generiert werden (»6).

Durch entsprechendes Drehen des Bildes am Bildschirm ist eine Ansicht der Aufwölbung von allen Seiten möglich. Für die Auswertung steht eine umfangreiche Palette an Messfunktionen zur Verfügung. Auf diese wird noch eingegangen.

### Betrachtung der Probe aus unterschiedlichen Winkeln durch eine flexible Ausrichtung der Optik

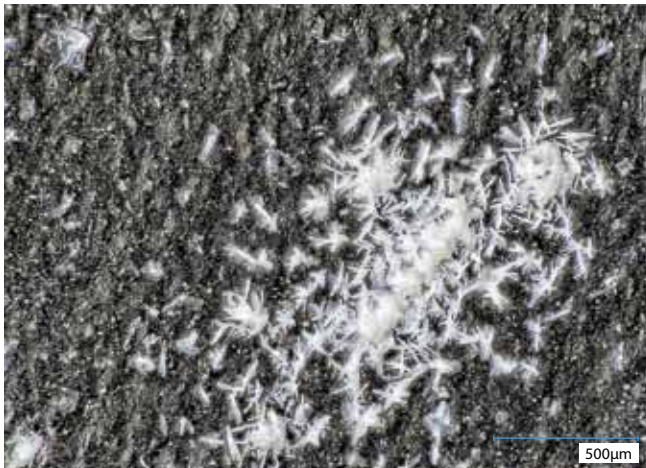
Durch die Neigung der Mikroskop-Achse (flexibles Kippstativ) ist in Kombination mit einem drehbaren x-y-Tisch (»7) eine Betrachtung der Probe aus verschiedenen Winkelpositionen möglich. Die betrachtete Stelle bleibt dabei stets auf dem Bildschirm, auch wenn man den Winkel ändert.



»7 Digital microscope with a 30° angle axis  
 »7 Digitalmikroskop mit um 30° geneigter Achse

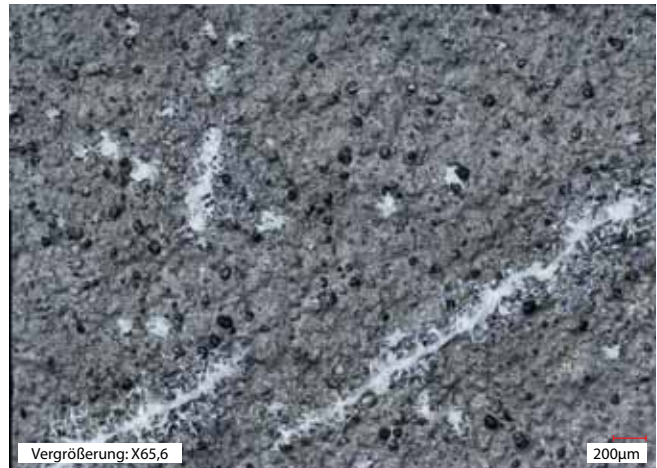


»8 Detail of a roof tile surface with efflorescences, shown without a depth sharpening correction at a tilt angle of 15° from the z-axis  
 »8 Detail einer Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen ohne Tiefenschärfen-Korrektur bei einem Kippwinkel der z-Achse von 15°



»9 Detail of a roof tile surface with efflorescences, shown after depth sharpening correction at a tilt angle of 15° from the z-axis

»9 Detail einer Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen mit Tiefenschärfen-Korrektur bei einem Kippwinkel der z-Achse von 15°



»10 Panoramic (stitched) image of a roof tile surface with efflorescences (composed of nine individual 3D images)

»10 Panoramabild einer Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen (zusammengesetzt aus neun 3D-Einzelbildern)

### 2.5. Panoramic image function (stitching)

When this function is used, the graphics system composes a number of individual 2D or 3D images obtained with the current microscope settings in a widescreen format to generate a high-resolution, large-area image of the specimen. The software suppresses the junctions between the individual images being pieced together. The more images being assembled, the better the overview and the wider the viewing angle. The scale is corrected automatically as a function of the number of images.

»10, for example, is composed of nine 2D images.

The original image (»11) was taken at 200x enlargement. Then, with no change in microscope settings, the stitching function was used to obtain a pictorial representation of a larger part of the specimen (»10).

The original image (»11) can also be post-magnified using the digital zoom function to accentuate other details.

Bei Neigung der z-Achse wird ebenfalls ein tiefscharfes Bild (»8, »9) aufgenommen.

### 2.5. Panoramabildfunktion (Stitching)

Bei Nutzung dieser Funktion setzt das Grafiksystem unter Verwendung der aktuellen Einstellungen am Mikroskop mehrere 2D- oder 3D-Einzelbilder im Breitbildformat zusammen und erzeugt so ein hoch aufgelöstes, großflächiges Bild von der Probe. Die Anschlussstellen zwischen den jeweiligen Einzelbildern werden durch die Software beim Zusammensetzen unterdrückt. Je mehr Bilder zusammengesetzt werden, desto besser wird der Überblick bzw. desto größer der Betrachtungswinkel. Die Vergrößerung wird dabei automatisch entsprechend der Bildanzahl korrigiert.

»10 ist zum Beispiel aus neun 2D-Einzelbildern zusammengesetzt worden.

Das ursprüngliche Bild (»11) war zuvor mit 200-facher Vergrößerung aufgenommen worden. Ohne Wechsel der Ein-



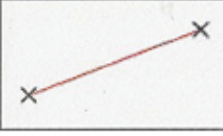
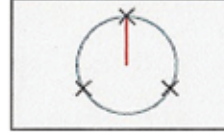
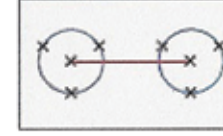
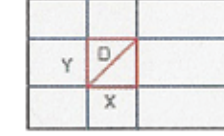
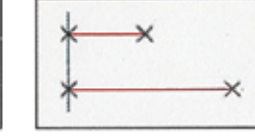
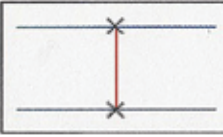


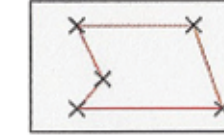
»11 Detail of a roof tile surface with efflorescences, shown after depth sharpening correction

»11 Detail einer Dachziegeloberfläche mit Ausblühungen mit Tiefenschärfe-Korrektur



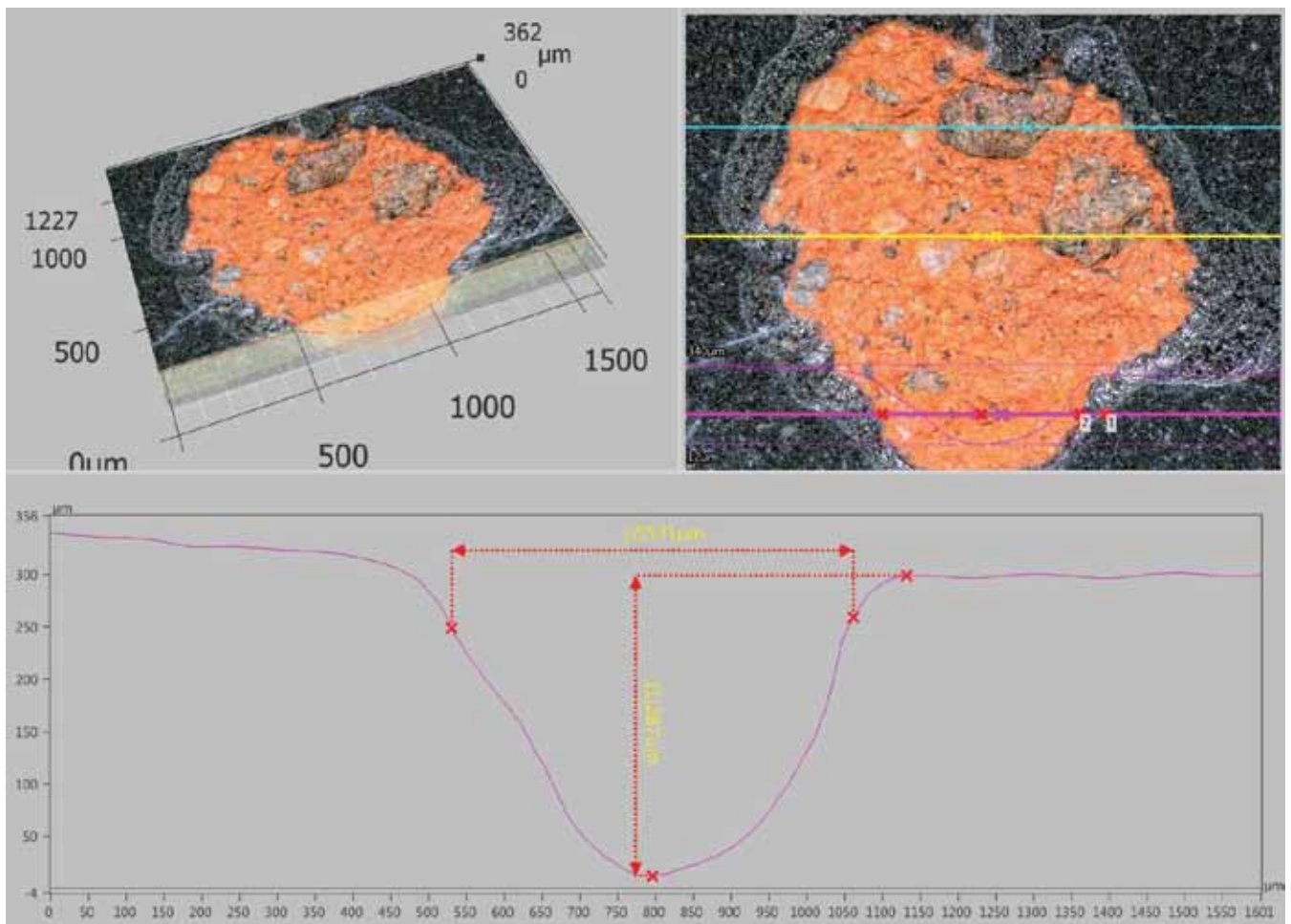
»12 Digital zoom in Figure 12 (magnification up to 700x)

»12 Digitaler Zoom in Bild 12 (auf Vergrößerung von 700-fach)

<p><b>Abstand/Distance</b></p>  <p>Misst den Abstand zwischen zwei festgelegten Punkten/determines the distance between two defined points</p>	<p><b>Radius</b></p>  <p>Der Radius eines Kreises kann gemessen werden, indem drei Punkte auf dem Kreisumfang festgelegt werden/of a circle can be determined by defining three points on its circumference</p>	<p><b>Mittensabstand Center distance</b></p>  <p>Misst den Abstand zwischen den Mittelpunkten von zwei beliebigen Kreisen/determines the distance between the center points of two arbitrary circles</p>	<p><b>X-Y-Abstand Distance X-Y</b></p>  <p>Misst die Seitenlänge und die Diagonale eines Rechtecks, das durch zwei Parallelenpaare in X- und Y-Achsen-Richtung gebildet wird/determines the lateral and diagonal lengths of a rectangle with the axes X and Y</p>	<p><b>Länge einer senkrechten Linie (Lotlänge)/Perpendicular length/distance</b></p>  <p>Misst die Länge eines Lots auf eine festgelegte Bezugslinie, d.h. von Linien, die zu dieser Bezugslinie senkrecht stehen/determines the length of a line (segment) running perpendicular to a defined reference line</p>
<p><b>Abstand zwischen parallelen Linien/Distance between parallels</b></p>  <p>Misst den Abstand zwischen einer festgelegten Bezugslinie und einer Linie, die zur Bezugslinie parallel verläuft/determines the distance between a defined reference line and a line running parallel to it</p>	<p><b>Winkel/Angle</b></p>  <p>Misst den Winkel, der durch zwei festgelegte Linien gebildet wird/determines the angle between two defined lines</p>	<p><b>Zählung/Numeration</b></p>  <p>Zählt die Anzahl der auf dem Bildschirm festgelegten Punkte/counts the number of defined points on a display screen</p>	<p><b>Flächenmessung Planimetry</b></p>  <p>Berechnet die Fläche und die Länge des Umfangs für einen festgelegten Bereich/calculates the plane area and boundary length of a defined region</p>	

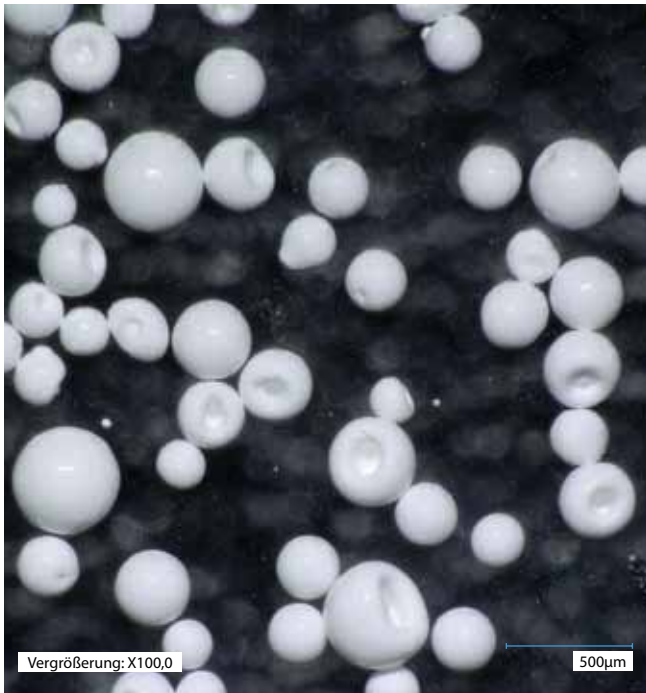
»13 Measurement functions for 2D images [1]

»13 Beispiele für Messfunktionen in der Ebene [1]

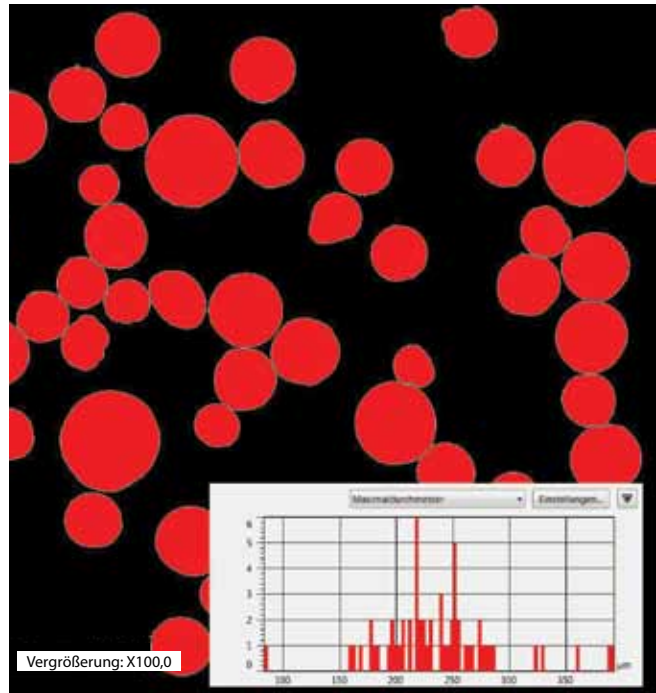


»14 3D image (top left) and 3D depth profile (below) of a fault on the surface of a roof tile

»14 3D-Bild (linkes Bild oben) und 3D-Tiefenprofil (darunter) einer Fehlerstelle auf einer Dachziegeloberfläche



- »15 Conventionally produced spray granules
- »15 Konventionell hergestelltes Sprühgranulat



- »16 As-determined granule size distribution
- »16 Ermittelte Granulatkorngrößenverteilung

### 3 Wide choice of test options

This microscope allows the user to perform a diverse array of measurements on 2D images obtained via the following measuring options, among others:

- › measurement of distances and lengths
- › measurement of surface areas

Height and depth profiles (cross sections) can be generated on 3D images, and separate measurements of, for example, the depth and diameter of cavities can be collected.

These measuring options are exemplified by »14 (generation of 3D depth profiles) and by »15 and »16, which show a granulated material (hollow granules) and the pertinent granule size distribution.

### 4 Conclusion

The principal advantages of digital microscopy over conventional light-optical microscopy lie mainly in the exploitation of state-of-the-art imaging and processing techniques in combination with sophisticated analytical software.

Thusly armed, the operator is able to obtain more extensive information about a given specimen. Diverse types of measurement can be performed and depicted either as live images or as stored 2D or 3D images.

#### References/Literatur

- [1] Keyence: Innovative Standardfunktionen des VHX-Digitalmikroskops

stellungen am Mikroskop erfolgte dann unter Nutzung der Stitching-Funktion die bildliche Darstellung eines größeren Probenbereiches (»10).

Eine Nachvergrößerung des aufgenommenen Bildes (»12) unter Nutzung der digitalen Zoom-Funktion zur Hervorhebung weiterer Details ist ebenfalls möglich.

### 3 Große Auswahl an Messoptionen

Das Mikroskop ermöglicht dem Benutzer die Durchführung unterschiedlichster Messungen in 2D-Bildern. Das betrifft beispielsweise folgende Messarten:

- › Messung von Abständen und Längen (»13)
- › Flächenmessungen

An 3D-Bildern können Höhen- und Tiefenprofile (Querschnitte) erstellt werden. Daran sind separate Messungen, wie beispielsweise die Bestimmung der Tiefe und der Durchmesser von Hohlräumen, möglich.

Als weitere Beispiele für Messoptionen sollen »15 und »16 dienen. Die Bilder zeigen ein Sprühgranulat (Hohlkugelgranulat) und die daran ermittelte Granulatkorngrößenverteilung. Damit wären auch Zuschlagstoffe für Ziegelmassen in ihrer Körnung analysierbar.

### 4 Zusammenfassung

Die wesentlichen Vorteile der Digitalmikroskopie gegenüber konventionellen Lichtmikroskopen liegen hauptsächlich in der Nutzung modernster Bildaufnahme- und -verarbeitungstechniken in Kombination mit ausgefeilter Analysensoftware.

Dadurch ist es für den Operateur möglich, umfangreichere Informationen zu seiner Probe zu erhalten. Messungen unterschiedlichster Art können sofort im Live-Bild sowie an gespeicherten 2D- bzw. 3D-Bildern durchgeführt werden.

