

# Renishaws inVia™ Raman-Mikroskop zur Untersuchung der Terrakottakrieger und -pferde der Qin-Dynastie eingesetzt

Die Grabstätte mit Terrakottakriegern und -pferden, bekannt als „achtes Weltwunder“, wurde 1974 entdeckt. Sie umfasst drei Figurengruben, die sich über eine Fläche von über 20.000 Quadratmetern erstrecken, und gehört zum Museum der Mausoleumsanlage des Kaisers Qin Shihuang. Sie ist die größte kaiserliche Grabstätte in China.



Das Mausoleum des Kaisers Qin Shihuang

In den Gruben befinden sich ca. 8000 Terrakottakrieger und -pferde sowie über 100 Kriegswagen. Seit 1987 ist die Terrakotta-Armee auf der Weltkulturerbeliste der UNESCO vertreten.

Die Skulpturen befinden sich im Stadtbezirk Lintong, Xi'an, Provinz Shaanxi, China, 1 km östlich vom Mausoleum des Kaisers Qin Shihuang. Jede lebensgroße Figur ist einmalig, mit feinen Details wie individuelle Gesichtsausdrücke und unterschiedliche Kleidung. Ursprünglich waren die Terrakottakrieger mit bunten Pigmenten bemalt. Die Farben sind jedoch verblasst und kleine Pigmentspuren befinden sich nur noch an ihren Gesichtern, Händen, Kleidungsstücken und Schuhen.

Die Konservierung, Untersuchung und Analyse dieser wertvollen uralten Kulturschätze sind unglaublich komplex. Dr. Yin Xia, Deputy Director der Abteilung zur Konservierung und Restaurierung von Relikten im Museum der Mausoleumsanlage des Kaisers Qin Shihuang, benutzt seit 2006 Raman-Mikroskopie zur Untersuchung historischer Relikte. 2008 erwarb das Museum ein konfokales inVia™ Raman-Mikroskop von Renishaw, um die Pigmente an den Terrakottafiguren zu identifizieren und gleichzeitig grundlegende Informationen für ihre Konservierung und Restaurierung zu ermitteln.



Die Terrakottakrieger und -pferde des ersten Qin-Kaisers

Neben seiner Arbeit im Museum der Mausoleumsanlage des Kaisers Qin Shihuang ist Dr. Xia auch Deputy Director der Forschungsstätte für wichtige kulturelle bemalte Keramikrelikte im Auftrag des Amtes für Kulturerbe sowie Dozent an der Nord-West-Universität, China. An der Universität befasst sich seine Forschung primär mit der Analyse und Identifizierung bemalter Relikte.

Dr. Xia begann seine Analyse der historischen Pigmente kultureller Relikte im Jahre 2003 und machte eine Reihe bedeutender Entdeckungen. Unter dem Polarisationsmikroskop koexistieren oft Han-Blau ( $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ), Han-Purpur ( $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ ) und dunkelblaue Partikel eines neuen Pigments ( $\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ). Da sie in winzigen Mengen auftreten - manchmal können nur ein oder zwei Partikel festgestellt werden - ist es schwierig, sie mit normalen analytischen Mitteln zu trennen. Dr. Xia entdeckte das neue dunkelblaue Pigment erstmals mit dem inVia Raman-Mikroskop<sup>1</sup>.

Dr. Xia war an mehreren Konservierungsprogrammen im Zusammenhang mit den historischen Relikten des Mausoleums des Kaisers Qin Shihuang und den Qin-Terrakottafiguren beteiligt. Seit 2004 fokussiert er seine Forschung auf die bemalten Terrakottafiguren und Pigmente an historischen Relikten. Er hat Analysen an Wandgemälden und bemalten Relikten an fast eintausend Stätten in 14 Provinzen und autonomen Regionen in China durchgeführt.

### **Zerstörungsfreie Prüfung ist Voraussetzung bei der Untersuchung historischer Relikte**

Dr. Xia und sein Team haben auch die Zusammensetzung bunter Pigmente an Keramiken analysiert, die in Grabstätten der Westlichen Han-Dynastie in Weishan, Provinz Shandong, gefunden wurden und Han-Purpur erstmals an diesen Kulturrelikten entdeckt. Das Pigment Han-Purpur wurde für die bunte Bemalung antiker Artefakte selten benutzt. Bisher wurden sie nur in wenigen Provinzen wie Gansu, Shaanxi, Henan und Jiangsu gefunden. Die Entdeckung des Pigments an Relikten in der Provinz Shandong hat das geografische Gebiet, in dem es verwendet wurde, vergrößert, und das ist von großer archäologischer Bedeutung<sup>2</sup>.

Viele verschiedene wissenschaftliche Verfahren können zur Untersuchung historischer Relikte eingesetzt werden, darunter Elementaranalyse unter Verwendung von Röntgen-Fluoreszenz-Spektroskopie (XRF), laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS), chemische und strukturelle Analyseverfahren wie Raman-Spektrometrie, Röntgendiffraktion (XRD) und morphologische Analyse mit Pulver-Polarisationsmikroskopen (PLM) und Rasterelektronen-Mikroskopen (SEM).

Jede Methode hat ihre Vor- und Nachteile. XRF zum Beispiel ist eine ausgereifte Elementaranalyse, die sich jedoch nicht für eine



Dr. Yin Xia, Deputy Director der Abteilung zur Konservierung und Restaurierung von Relikten im Museum der Mausoleumsanlage des Kaisers Qin Shihuang



Kunstvolle Skulptur der Infanterie

Analyse chemischer Zusammensetzungen eignet, XRD wird weitläufig zur Qualitätsanalyse kultureller Relikte eingesetzt, benötigt aber große Proben, PLM kann Proben anhand von Kristallmorphologie, Farben und Unreinheit von Partikeln analysieren, aber nicht die Zusammensetzung der Proben identifizieren. Alle diese Analyseverfahren sind überaus wichtig. Aufgrund des hohen Werts und der Empfindlichkeit historischer Relikte hat eine zerstörungsfreie Prüfung und Analyse in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

Raman-Spektroskopie ist berührungs- und zerstörungsfrei, sodass sie sich hervorragend zur Analyse historischer Relikte eignet. Sie liefert Informationen über den Ursprung, das Alter und die Echtheit bei gleichzeitiger Konservierung der gesamten Probe. Darüber hinaus bietet sie die Flexibilität, Messungen vor Ort vorzunehmen, sodass keine Fragmente zwecks Analyse entfernt werden müssen.

Laut Dr. Xia werden kleinste Partikel von den Handschuhen der Museumsmitarbeiter, nachdem sie die Terrakottafiguren verrückt haben, zur Raman-Analyse gesammelt. Diese Proben können wiederholt mit Raman-Spektroskopie untersucht werden, ohne Schaden zu verursachen. So können sie anschließend mit anderen Techniken wie zum Beispiel mit einem Elektronenmikroskop untersucht werden.

Vor dem Einsatz eines Raman-Mikroskops wurde in Dr. Xias Labor vornehmlich ein Polarisationsmikroskop eingesetzt. Auf die Frage, warum er auf ein Raman-Mikroskop umgestellt habe, antwortete Dr. Xia: „Es war uns nicht möglich, mit einem Polarisationsmikroskop die molekulare Zusammensetzung einer Probe zu bestimmen. Bei der Betrachtung von Atakamit unter einem Polarisationsmikroskop können wir diesen zum Beispiel nicht von seinen Isomeren wie Botallackit und Paratacamit unterscheiden. Mit einem Raman-Mikroskop hingegen erhalten wir die Ergebnisse sofort.“

### **Konfokales inVia Raman-Mikroskop: sehr flexibel und benutzerfreundlich**

Für das Museum der Mausoleumsanlage des Kaisers Qin Shihuang fiel die Entscheidung auf das inVia Raman-Mikroskop. Ausschlaggebend war dabei seine extreme Flexibilität. „Das inVia Raman-Mikroskop und der Spektrometer von Renishaw sind diskret, sodass ich am Mikroskop einstellen kann, was ich benötige, ohne dass das ganze System betroffen ist.“ Dr. Xia sagte weiter: „Produkte anderer Anbieter verfügen über eingebettete oder integrierte Designs, die unseren Anforderungen nicht gerecht werden.“

Bunte Pigmente zu verstehen, ist wichtig für wissenschaftliche Archäologie und die Konservierung kultureller Relikte. Diese Untersuchungen liefern wertvolle Informationen hinsichtlich der Evolution uralter Pigmenttechnologien, die wiederum zur Entwicklung relevanter Konservierungsprogramme beitragen. Des Weiteren bildet die Erforschung der Struktur und Zusammensetzung alter Farbpigmente mittlerweile eine wichtige Grundlage zur Bestimmung des Alters und Ursprungs von Rohmaterialien, aber auch für Konservierungs- und Restaurierungsprogramme für Kulturrelikte. „Wir bedienen uns der Raman-Mikroskopie für die Farbanalyse in diesem Bereich detailgenauer Untersuchungen“, fügte Dr. Xia hinzu.

**Für weitere Informationen über das konfokale inVia Raman-Mikroskop von Renishaw besuchen Sie bitte: [www.renishaw.de/invia](http://www.renishaw.de/invia)**

Diesem Anwenderbericht liegt der Artikel „Exploring the potential of Raman spectroscopy for historical relic studies - Interview with Dr. Yin Xia, the Deputy Director of Emperor Qin Shihuang's Mausoleum Museum“, zugrunde, veröffentlicht am 2. Mai 2015 auf [www.instrument.com.cn](http://www.instrument.com.cn), Verfasser: Ye Jian.

Quellennachweise:

1. Development of Chinese barium copper silicate pigments during the Qin Empire based on Raman and polarized light microscopy studies. Journal of Archaeological Science 49 (2014) 500-509
2. Xia Yin, Wu Shuang Cheng, Cui Sheng Yuan, et al. Study on Coloured Pigments on Ancient Ceramics Unearthed from West Han Dynasty Tombs in Weishan, Shandong Province. Sciences of Heritage Conservation and Archaeology, 2008, 20 (2): 13-18



## Über Renishaw

Renishaw ist ein weltweit marktführendes Unternehmen im Bereich Fertigungstechnologie und steht für Innovationen in Produktentwicklung und -fertigung. Seit der Gründung im Jahre 1973 liefert Renishaw Spitzenprodukte zur Steigerung der Prozessproduktivität und Erhöhung der Produktqualität und bietet kostengünstige Automatisierungslösungen an.

Ein weltweites Netzwerk an Tochtergesellschaften und Vertretungen bietet den Kunden vor Ort einen schnellen und kompetenten Service.

### Produkte:

- Generative Fertigung und Vakuumgießen für Entwicklung, Prototypenbau und Kleinserienproduktion
- CAD/CAM und Scanner für die Dentaltechnik
- Messsysteme für hochgenaue Weg-, Winkel- und rotatorische Positionsbestimmung
- Aufspannsysteme für Koordinatenmessmaschinen und Prüfgeräte
- Fertigungsnahe Prüfgeräte für Serienteile
- Hochgeschwindigkeits-Lasermessungen und Überwachungssysteme für den Einsatz in rauen Umgebungen
- Laserinterferometer und Kreisformmesssysteme zur Prüfung der Genauigkeit von Werkzeugmaschinen und Koordinatenmessgeräten
- Roboter für neurochirurgische Anwendungen
- Messtastersysteme und Software zum automatischen Einrichten, Überwachen und Messen auf CNC-Werkzeugmaschinen
- Raman-Spektroskopie-Systeme für zerstörungsfreie Materialanalyse
- Sensoren-Systeme und Software für Messungen auf KMGs
- Tastereinsätze für Messanwendungen auf KMGs und Werkzeugmaschinen

Kontaktinformationen finden Sie unter [www.renishaw.de/Renishaw-Weltweit](http://www.renishaw.de/Renishaw-Weltweit)



RENISHAW IST UM DIE RICHTIGKEIT UND AKTUALITÄT DIESES DOKUMENTS BEMÜHT, ÜBERNIMMT JEDOCH KEINERLEI ZUSICHERUNG BEZÜGLICH DES INHALTS. EINE HAFTUNG ODER GARANTIE FÜR DIE AKTUALITÄT, RICHTIGKEIT UND VOLLSTÄNDIGKEIT DER ZUR VERFÜGUNG GESTELLTEN INFORMATIONEN IST FOLGLICH AUSGESCHLOSSEN.

© 20xx Renishaw plc. Alle Rechte vorbehalten.

Renishaw behält sich das Recht vor, technische Änderungen ohne Vorankündigung vorzunehmen.

RENISHAW und das Messtaster-Symbol, wie sie im RENISHAW-Logo verwendet werden, sind eingetragene Marken von Renishaw plc im Vereinigten Königreich und anderen Ländern. apply innovation sowie Namen und Produktbezeichnungen von anderen Renishaw Produkten sind Schutzmarken von Renishaw plc und deren Niederlassungen.

Alle anderen Handelsnamen und Produktnamen, die in diesem Dokument verwendet werden, sind Handelsnamen, Schutzmarken, oder registrierte Schutzmarken, bzw. eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer.