

Fotogrammetrische Prospektion mit Reflectance Transformation Imaging (RTI)

Hochsauerlandkreis, Regierungsbezirk Arnsberg

Leo
Klinke

Die ehemalige Stiftskirche St. Walburga in Meschede, bekannt durch ihr Ensemble an frühmittelalterlichen Schalltöpfen, beherbergt in ihrer karolingischen Krypta ein Kultgrab. Unmittelbar nördlich von diesem, an der Westwand der Krypta, wurden 2004 vom Restaurator Gerhard-Karl Drescher bei Mörtel- und Putzuntersuchungen feinste Ritzungen zweier Köpfe mit Haaren sowie zweier Buchstaben entdeckt. Diese sind jedoch so schwach erhalten, dass sie fotografisch nur in Teilen im starken Schräglicht abzulichten sind, weshalb sie auf den bislang einzigen publizierten Ablichtungen kaum zu identifizieren sind. Baugeschichtlich kann die Entstehungszeit der Ritzungen auf die Zeit zwischen dem letzten Drittel des 9. Jahrhunderts und dem 11. Jahrhundert datiert werden. Ein sicherer Terminus ante quem ist das Verschließen der Westwand der karolingischen Krypta durch eine vorge-setzte Mauer, was spätestens im 12. Jahrhundert vor einer Neuweihe durch Erzbischof Philipp von Heinsberg geschah.

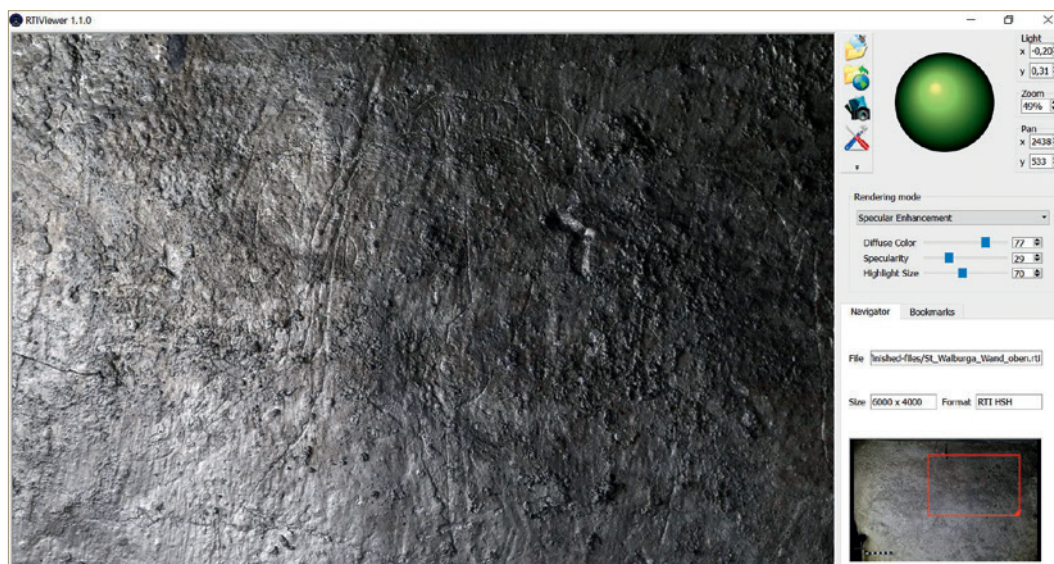
Aufgrund ihrer Einmaligkeit wurden die Ritzungen 2019 von der Altertumskommission für Westfalen mittels Reflectance Transformation Imaging (RTI) hochauflösend dokumentiert (Abb. 1). RTI ist ein computer-

gestütztes fotografisches Verfahren, das die Oberflächenform und -farbe eines Objekts erfasst und daraus eine Datei berechnet, die eine virtuelle, interaktive Streiflichtbeleuchtung aus jeder Richtung ermöglicht. Mittels RTI können feine Oberflächeninformationen, die bei einer direkten Autopsie in Gänze unsichtbar und nur in Details im Streiflicht identifizierbar sind, visualisiert werden. Grundlage hierfür ist das sogenannte Polynomial Texture Mapping, das im Jahr 2001 von Tom Malzbender, Dan Gelb und Hans Wolters veröffentlicht wurde. Bei diesem Verfahren werden zweidimensionale Fotografien zu einer fotorealistischen Textur zusammengerechnet, die die dreidimensionalen Bildinformationen abspeichert. Im Gegensatz zur 3-D-Fotogrammetrie (SfM) muss die Kameraposition für RTI-Aufnahmen auf einem Stativ an einer Position verbleiben und darf nicht bewegt werden. Soll eine plane Fläche dokumentiert werden, kann mit einer exakt parallel ausgerichteten Spiegelreflexkamera die fotografische Verzerrung minimiert werden, sodass nur geringe fotogrammetrische Entzerrungen erforderlich sind. Die einzelnen Fotografien unterscheiden sich lediglich durch die Beleuchtung aus jeweils verschiedenen Winkeln. Die Intensität und



Abb. 1 Der Aufbau für die RTI-Dokumentation der Wandfläche mit den Ritzungen in unmittelbarer Nähe zum karolingischen Kultgrab (Foto: Altertumskommission für Westfalen/L. Klinke).

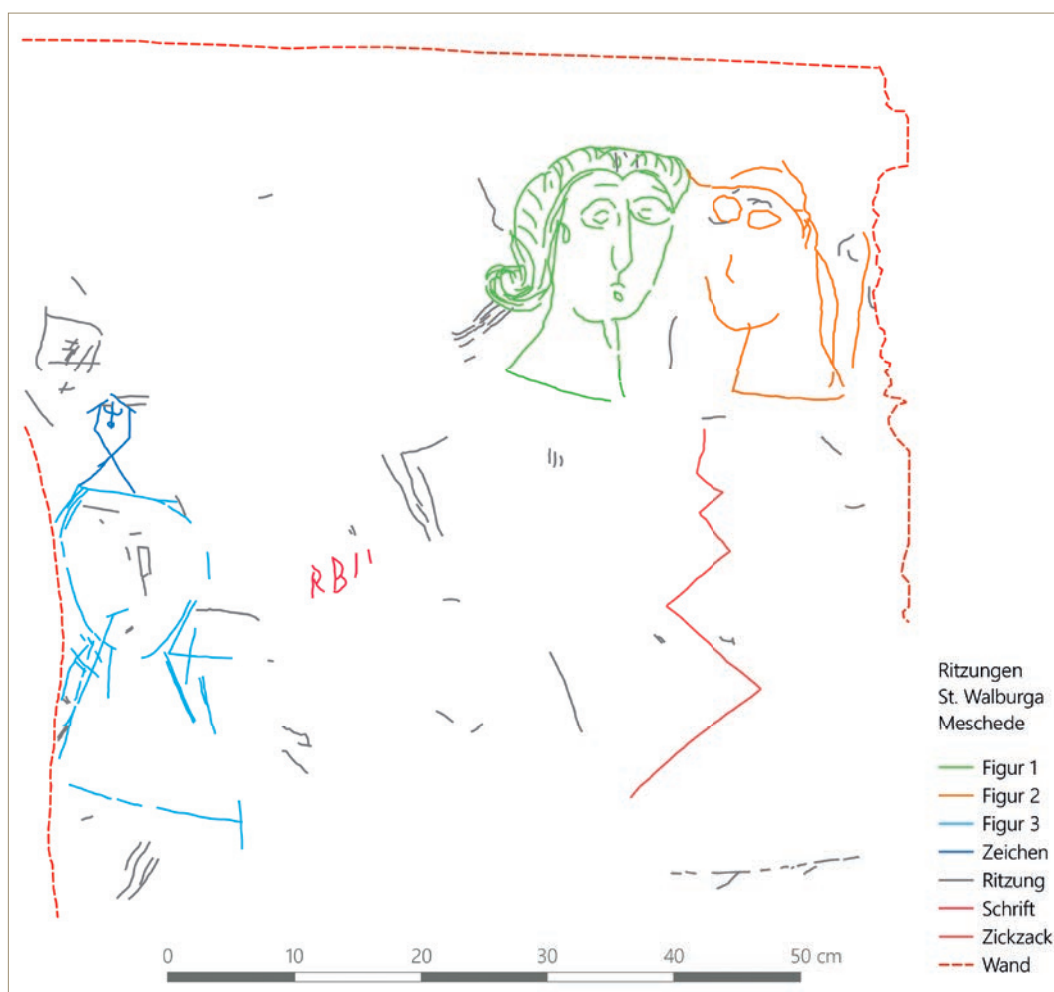
Abb. 2 Mit dem RTI-Viewer können im Digitalen unterschiedliche Ausleuchtungen erprobt werden. Die Beleuchtungsrichtungen sind anhand der grünen Kugel am rechten Bildrand des Programms frei wählbar (Grafik: Altermuseumskommission für Westfalen/L. Klinkke).



Distanz der Lichtquelle muss stets konstant bleiben, wodurch die Positionsveränderungen der Lichtquelle quasi eine Halbkugel beschreiben. Es entsteht eine Bildserie desselben Motivs mit unterschiedlichen Lichtern und Schatten. Die Lichtinformationen aus den Bildern werden mathematisch synthetisiert, um

ein digitales Modell der Oberfläche als Textur zu erzeugen. Damit die Positionen der Lichtquelle am Computer berechnet werden können, muss in jedem Foto eine einfarbige, glänzende Kugel unverändert zu sehen sein. Je nach Einfallswinkel des Lichts verändert sich die Position des reflektierten Lichtpunkts. Am

Abb. 3 Die vollständige Kartierung sämtlicher Ritzungen auf der nördlichen Westwand der Krypta (Grafik: Altermuseumskommission für Westfalen/L. Klinkke).



geeignetsten ist eine schwarze Kugel, da bei dieser die größten Kontraste zum weißlichen Licht entstehen.

Obwohl das final berechnete RTI-Bild zweidimensional scheint, sind die dreidimensionalen Reflexionsinformationen der realen Oberfläche konserviert und können mithilfe des RTI-Viewers interaktiv untersucht werden. Hierfür kann die Richtung einer virtuellen Lichtquelle mit der Maus verändert werden (Abb. 2). Das veränderliche Wechselspiel von Licht und Schatten offenbart feine Details des 3-D-Oberflächenreliefs. Zusätzliche Rendering-Anpassungen wie Farbtensitäten und Glanz von Oberflächen (Specular Enhancement) sowie Falschfarbendarstellungen (Normals Visualization) können weitere schwach sichtbare Bildinformationen illustrieren. Im Verlauf der archäologischen Analyse werden die mit verschiedenen Parametern neu generierten RTI-Bilder als einzelne Layer in GIS- bzw. CAD-Programme geladen, wodurch alle Bildinformationen an korrekter Position übereinanderliegen. Werden diese nun vollständig kartiert, entsteht erstmalig ein vollständiges Bild der dokumentierten archäologischen Strukturen.

In der Kirche St. Walburga in Meschede wurde vermutet, dass neben den zu erahnenden bekannten Ritzungen weitere, noch unentdeckte vorhanden sind. Daher ist das RTI-Verfahren großflächig für die gesamte Wandfläche der nördlichen karolingischen Kryptenwestwand angewendet worden. Für höhere Detailgenauigkeit und aufgrund des geringen Platzes in der Krypta wurde sie in mehreren Segmenten dokumentiert, die jeweils fotogrammetrisch entzerrt und digital zusammengesetzt wurden. Bei der RTI-Prospektion zeigten sich insgesamt drei menschliche Figuren, diverse Ritzungen, ein bislang ungedeutetes Zeichen, Schriftzeichen sowie eine Zickzacklinie, die von oben nach unten über einen Großteil der bearbeiteten Wandfläche verläuft (Abb. 3). Diese laienhaften Ritzungen sind manifestierte Interaktionen von Individuen mit dem räumlichen Kontext in Angesicht des Kultgrabs. Die mit RTI neu ermittelten Daten ermöglichen nun künftige kunsthistorische Forschungen.

Summary

As a photogrammetric prospecting tool, Reflectance Transformation Imaging (RTI) can reveal extremely fine, hitherto undetected features such as scratches or engravings. For instance, it led to the discovery of numerous scratch marks on the west wall of the Carolingian crypt of the church of St Walburga in Meschede.

Samenvatting

Reflectance Transformation Imaging (RTI) als fotogrammetrisch prospectie-instrument maakt het mogelijk om zeer fijne structuren, zoals inkrassingen en gravures, zichtbaar te maken. Zo zijn bijvoorbeeld op de westwand van de Karolingische crypte in de St. Walburgakerk te Meschede talrijke onbekende inkrassingen ontdekt.

Literatur

Hilde Claussen/Uwe Lobbedey, Die karolingische Stiftskirche in Meschede. Kurzer Bericht über die Bauforschung 1965–1981. *Westfalen* 67, 1989, 116–126. – **Tom Malzbender/Dan Gelb/Hans Wolters**, Polynomial Texture Maps. In: Lynn Pocock (Hrsg.), *Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (New York 2001) 519–528. – **Aline Kottmann**, St. Walburga in Meschede. Der karolingische Bau und das Schalltopfensemble. Mit einer bauarchäologischen Analyse von Olaf Goldstein. *Tübinger Forschungen zur historischen Archäologie* 5 (Büchenbach 2015). – **Harold Mytum/John Roger Peterson**, The Application of Reflectance Transformation Imaging (RTI) in Historical Archaeology. *Historical Archaeology* 52/2, 2018, 489–503. – **Peter Fornaro**, 3D-Darstellungen in virtuellen Forschungsumgebungen. In: Piotr Kuroczyński/Mieke Pfarr-Harfst/Sander Münster (Hrsg.), *Der Modelle Tugend 2.01. Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung* 1. *Computing in Art and Architecture* 2 (Heidelberg 2019) 392–409. – **Cultural Heritage Imaging**, Reflectance Transformation Imaging (RTI). <<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>> (Stand: 31. Juli 2019).