

**Institut für Steinkonservierung e.V.**

Gemeinsame Einrichtung der staatlichen Denkmalpflege  
Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen

---



# **Reinigung der Porta Nigra?**

**Naturwissenschaftliche und restauratorische  
Aspekte zur Verschwärzung und  
Reinigung der Sandsteine**

IFS-Bericht Nr. 47 – 2014

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

## Abschlussbericht zum Forschungsprojekt AZ 31010-45

„Analyse umweltinduzierter Schmutzkrusten und abgestufte  
Reinigung an den Werksteinen der Porta Nigra in Trier“

**Projektlaufzeit:**

**07.05.2013 - 09.01.2015**

### **Projektnehmer:**

Generaldirektion Kulturelles Erbe, Stabstelle Bau und Technik

### **Kooperationspartner:**

Institut für Steinkonservierung e. V.

LBB Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung, Niederlassung Trier

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Reinigung der Porta Nigra?**

Naturwissenschaftliche und restauratorische

Aspekte zur Verschwärzung und Reinigung der Sandsteine

IFS-Bericht Nr. 47 - 2014

ISSN 0945-4748

### **Herausgeber**

INSTITUT FÜR STEINKONSERVIERUNG E. V.

### **Vertrieb**

Institut für Steinkonservierung e. V.

Große Langgasse 29

55116 Mainz

Telefon: 06131 2016-500

Telefax: 06131 2016-555

E-Mail: [info@ifs-mainz.de](mailto:info@ifs-mainz.de)

[www.ifs-mainz.de](http://www.ifs-mainz.de)

© IFS Mainz 2014

## Inhalt

<i>Eduard Sebald</i>	» ... ein Tor ... aus außerordentlichen Steinen ... « Bemerkungen zur Bau- und Restaurierungsgeschichte der Porta Nigra und der Kirche St. Simeon.....1
<i>Michael Auras</i>	Charakterisierung von schwarzen Krusten und anderen Oberflächenveränderungen der Sandsteine der Porta Nigra in Trier .15
<i>Walter Hartleitner</i>	Reinigung der Porta Nigra? – Restauratorische Zustandsbewertung und Methodenerprobung zur Natursteinreinigung .....29
<i>Thomas Meier et al.</i>	Physikalische Untersuchungen an der Porta Nigra – Ultraschall- Oberflächen-Messungen und thermische Untersuchungen .....49
<i>Hans Ettl</i>	Reinigung der Porta Nigra aus naturwissenschaftlicher Sicht.....63
<i>Michael Auras</i> <i>Hans Ettl</i> <i>Walter Hartleitner</i> <i>Thomas Meier</i>	Reinigung der Porta Nigra? Eine Bewertungsmatrix zur Entscheidungsfindung .....77

## **Autorinnen und Autoren**

### **Dr. Michael Auras**

Institut für Steinkonservierung e. V., Mainz

### **Ercan Erkul**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Dr. Hans Ettl**

Labor für Erforschung und Begutachtung  
umweltbedingter Gebäudeschäden, München

### **Moritz Fehr**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Dr. Walter Hartleitner**

Planungsbüro für Naturstein und Denkmalpflege,  
Hofheim-Rügheim

### **Kalle Jepsen**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Detlef Schulte-Kortnack**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Prof. Dr. Thomas Meier**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Carina Milde**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Dr. Eduard Sebald**

Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz,  
Direktion Landesdenkmalpflege, Mainz

### **Dr. Erik Spangenberg**

Deutsches GeoForschungsZentrum,  
Helmholtz-Zentrum, Potsdam

### **Tim Steinkraus**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

### **Dr. Dennis Wilken**

Institut für Geowissenschaften,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Vorwort

Im Vorfeld der ab 2015 geplanten großen Restaurierungskampagne an der römischen Porta Nigra in Trier stellte sich im Rahmen der restauratorischen Voruntersuchung die schwierige Frage, wie aus steinkonservatorischer Sicht die Verschwärzungen auf den hellen Sandsteinen zu bewerten sind. In der Regel werden schwarze Krusten als schädigend angesehen, weshalb üblicherweise ihre Entfernung oder zumindest eine deutliche Reduzierung vorgenommen wird. Im Hinblick darauf, dass eine Steinreinigung im Falle der Porta Nigra – der Name ist seit dem Mittelalter belegt – aus naheliegenden Gründen problematisch ist, schien es sinnvoll, eine Untersuchungsprojekt zu initiieren, das sich ausschließlich mit der Frage nach Art, Ausmaß und schädigender Wirkung der schwarzen Krusten auf den Sandsteinoberflächen des Bauwerks beschäftigt.

Denn nur nach Vorlage von Antworten auf Fragen wie

- welche Prozesse führten an der Porta Nigra zur Verschwärzung der Steinoberflächen?
- welche durch die Verschmutzung ausgelösten Schadensprozesse sind aktiv und wie ist ihr Schadenspotential einzuschätzen?
- sollte die Porta Nigra aus konservatorischen Gründen gereinigt werden und wenn ja wie?

können Entscheidungen über notwendige Reinigungsmaßnahmen getroffen werden.

Um diese spannenden Fragen in der gebotenen Tiefe und mit innovativen Methoden bearbeiten zu können, unterstützte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt die Untersuchungen in einem Forschungsprojekt mit dem Titel „Analyse umweltinduzierter Schmutzkrusten und abgestufte Reinigung an den Werksteinen der Porta Nigra in Trier“

Bewilligungsempfänger war die Stabsstelle Bau und Technik der Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz. Kooperationspartner waren der Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung in Trier, die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und das Institut für Steinkonservierung e.V. in Mainz. Parallel beteiligt waren das Planungsbüro für Naturstein und Denkmalpflege aus Hofheim-Rügheim, und das Labor für Erforschung und Begutachtung umweltbedingter Gebäudeschäden aus München.

Über einen Zeitraum von 15 Monaten wurde zur Unterstützung und Absicherung der restauratorischen Zustandsbewertung eine Vielzahl von mikroskopischen, chemischen und petrophysikalischen Untersuchungen durchgeführt. Eine Differenzierung der Verschmutzungen, Verfärbungen, Beschichtungen und Auflagerungen wurde vorgenommen und das davon ausgehende Schadenrisiko und die Notwendigkeit partieller Reini-

gung analysiert. Musterflächen dienten zur Auswahl möglichst schonender Reinigungsmethoden sowie der Bewertung der ästhetischen und physikalischen Auswirkungen.

Ein Schwerpunkt des Vorhabens lag in der Anwendung zerstörungsfreier Prüfmethode und teilweise auch moderner Methoden der numerischen Modellierung. Besonders sind folgende methodisch neuen Ansätze zu nennen:

- Die *in situ*-Messung der Luftpermeabilität von Sandsteinen in Abhängigkeit von der Verschmutzung ihrer Oberflächen
- Die Modellierung der thermisch induzierten Spannungen in der Steinoberfläche auf Basis aktiver Infrarotthermographie und der Messung von Oberflächen-temperaturen
- Die Ableitung von Tiefenprofilen der mit der Steifigkeit korrelierten Ultraschallgeschwindigkeit im oberflächennahen Bereich mittels Messungen der Ausbreitung von Rayleighwellen.

Am 17. November fand in Trier eine Tagung statt, auf die vorliegenden Ergebnisse des Projekts vorgestellt wurden. Der vorliegende IFS-Bericht Nr. 47 enthält in komprimierter Form alle Untersuchungen der beteiligten Fachdisziplinen und die erzielten Ergebnisse. Ergänzend enthält der Bericht als Einleitung und Einstimmung eine Übersicht in die wechselvolle Baugeschichte der Porta Nigra als römisches Stadttor, als bedeutende mittelalterliche und barocke Kirche sowie als denkmalgeschützte, touristische Sehenswürdigkeit mit Welterbestatus. Das abschließende Kapitel enthält eine Synopsis und versucht auf die Frage **Reinigung der Porta Nigra?** differenzierte Antworten und Empfehlungen zu geben.

Die Ergebnisse sollen eine Basis für die anstehenden Entscheidungen über die notwendigen Maßnahmen zur Reinigung der Sandsteinoberflächen an der Porta Nigra liefern, die von den Verantwortlichen seitens der rheinland-pfälzischen Bauverwaltung, Denkmalpflege und Archäologie sowie der Stadt Trier in Abstimmung mit dem wissenschaftlichen Beirat in absehbarer Zeit getroffen werden müssen.

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die großzügige finanzielle Förderung des Modellvorhabens und dem gesamten Porta-Nigra-Team für die äußerst konstruktive und stets angenehme Zusammenarbeit.

Mainz, im November 2014

**Dr. Michael Auras**

