

The background of the cover features a close-up photograph of light-colored wooden architectural moldings. Overlaid on this are green line drawings that trace the profiles of the moldings, showing their intricate shapes and profiles. The drawings are semi-transparent, allowing the wood grain and texture to be visible through them.

Hrsg: Gabriele Patitz | Gabriele Grassegger | Otto Wölbert

# Natursteinbauwerke

Untersuchen – Bewerten – Instandsetzen

Fraunhofer IRB  Verlag

**THEISS**

Regierungspräsidium Stuttgart • Landesamt für Denkmalpflege  
Arbeitsheft 29

Hrsg: Gabriele Patitz | Gabriele Grassegger | Otto Wölbert  
Natursteinbauwerke



Hrsg: Gabriele Patitz | Gabriele Grassegger | Otto Wölbart

# Natursteinbauwerke

Untersuchen – Bewerten – Instandsetzen

Die Autoren:

Rainer Barthel | Ronald Betzold | Stefan Brüggerhoff | Andreas Bruscke | Ralph Egermann  
Harald Garrecht | Lothar Goretzki | Gabriele Grassegger | Hans Michael Hangleiter  
Gottfried Hauff | Christoph Herm | Erwin Hornauer | Albert Kieferle | Helmut Kollmann  
Peter Kozub | Reiner Krug | Till Läßle | Klaus Liehnert | Jörg Möser | Claudia Neuwald-Burg  
Gabriele Patitz | Karin Petersen | Esther von Plehwe-Leisen | Peter Reiner | Tilman Riegler  
Ralf Ruhnau | Hermann Schäfer | Georg Schmid | Eduard Schnell | Hans-Jürgen Schwarz  
Erwin Schwing | Heiner Siedel | Michael Steiger | Sylvia Stürmer | Gustav Treulieb  
Helmuth Venzmer | Eberhard Wendler | Wolfgang Werner | Otto Wölbart | Hans-Werner Zier

Regierungspräsidium Stuttgart • Landesamt für Denkmalpflege

Arbeitsheft 29

Fraunhofer IRB Verlag

Konrad Theiss Verlag

Herausgeber

Dr.-Ing. Gabriele Patitz  
Ingenieurbüro IGP für Bauwerksdiagnostik und Schadensgutachten  
Alter Brauhof 11, 76137 Karlsruhe

Prof. Dr. Gabriele Grassegger  
Fakultät B: Bauingenieurwesen, Bauphysik und Wirtschaft  
Hochschule für Technik (HFT) Stuttgart  
Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart

Otto Wölbert  
Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, FB Restaurierung  
Berliner Straße 12, 73726 Esslingen am Neckar

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN: 978-3-8167-9196-6 (Print | Fraunhofer IRB Verlag)  
ISBN: 978-3-8167-9197-3 (E-Book | Fraunhofer IRB Verlag)  
ISBN: 978-3-8062-3036-9 (Print | Konrad Theiss Verlag)

Layout und Satz: Manuela Gantner | Punkt, STRICH.  
Umschlaggestaltung: Martin Kjer  
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.  
Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.  
Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2015  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 7 11 9 70-25 00  
Telefax +49 7 11 9 70-25 08  
[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

Konrad Theiss Verlag  
Hindenburgstraße 40, 64295 Darmstadt  
Telefon: +49 6151 3308-340  
Telefax: +49 6151 3308-277  
[service@theiss.de](mailto:service@theiss.de)  
[www.theiss.de](http://www.theiss.de)

Gefördert vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg – Oberste Denkmalschutzbehörde,  
mit freundlicher Unterstützung der Knödler-Decker Stiftung Stuttgart

---

## Vorwort der Herausgeber

Im März 1985 fand in Bern die erste Tagung Natursteinsanierung statt und im März 2014 die 20. Tagung in Stuttgart. Wir können auf 20 Veranstaltungen zurückblicken, bei denen sich Fachleute vieler Berufs- und Tätigkeitsfelder aus Deutschland, Österreich und der Schweiz zum Erfahrungsaustausch getroffen haben. Es wurden neue Erkenntnisse, Geräte, Materialien, Ausführungstechniken und Verfahren aus der Forschung und Praxis präsentiert. Im Mittelpunkt standen immer Natursteine – in ganz unterschiedlicher Be- und Verarbeitung und in sehr unterschiedlichem Erhaltungszustand. Es handelte sich dabei um Baudenkmale, um Skulpturen, um Ornamentik bis hin zu Ingenieurbauwerken. So vielfältig wie die Belastungen, die Probleme und die Schadensfälle an den meistens denkmalgeschützten Objekten waren und sind, so vielfältig sind die Spezialisierungsgebiete der sich austauschenden Fachleute. Bei der Tagung trafen sich Denkmalpfleger, Architekten, Ingenieure, Naturwissenschaftler wie Mineralogen, Geologen und Chemiker, Vertreter der Münsterbauhütten, Steinmetze, Bildhauer, Restauratoren, Baufirmen und Produkthersteller. Vertreter aus der Planung und Vorbereitung, der Forschung und Entwicklung, der Bauausführung und der Lehre und Ausbildung stellten aktuelle Themen und Arbeiten zur Diskussion. An denkmalgeschützten Objekten stand der schonende und behutsame Umgang mit der historischen Substanz im Fokus und auch da wurden verschiedene Sicht- und Herangehensweisen präsentiert und diskutiert.

Ein sehr intensiver Austausch an Fachwissen und handwerklichem Können erfolgte im Rahmen der Exkursionen. Seitdem die Tagung in Stuttgart stattfindet, wird die Vortragsveranstaltung durch Führungen und Präsentationen auf aktuellen Baustellen ergänzt. Münsterbauhütten konnten besichtigt und deren Arbeitsweisen dem breiten Fachpublikum vorgestellt werden.

Anlässlich des Jubiläums wollen wir als Veranstalter der Tagung mit diesem Arbeitsheft einen Bogen von der Baugeschichte, den Voruntersuchungen, den Materialwissenschaften bis hin zu den Ausführungen von Instandsetzungen an Natursteinbauwerken spannen. Erfahrene Kolleginnen und Kollegen haben wir gebeten, Aspekte ihres Wissens in einem kurzen Beitrag zusammenzustellen. Für ihre Mitarbeit, Anregungen und das Zustandekommen des vorliegenden Bandes möchten wir uns herzlich bedanken.

Die Aufsätze haben wir in sechs Themenschwerpunkten zusammengefasst.

Wichtige Grundlagen zur Bewertung der Standsicherheit von Natursteinbauwerken sind Methoden, Verfahren und Herangehensweisen bei den Voruntersuchungen zum Erfassen und Dokumentieren des Ist-Zustandes.

In ungeschützten Bereichen erfahren Natursteine sehr vielfältige Belastungen aus der Umwelt. Diese gilt es nicht nur zu kennen, auch ihre Auswirkungen auf Verwitterungsmechanismen müssen bei der Konservierung und Instandsetzung berücksichtigt werden. So wird in den Aufsätzen neben dem Einfluss von Salzen, Feuchtebelastungen und biologischem Bewuchs auch auf Analyse- und Bewertungsverfahren eingegangen.

Zahlreiche Praxisbeispiele stellen gängige Methoden der Schadensbegrenzung und Schadensbehebung sowie Instandsetzungsmaßnahmen wie Rissverpressungen, Vernadelungen, Reinigung und Entsalzung, Steinfestigung, Steinersatz und Steinerfüllmörtel vor. Zu Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen zählen ebenso die Techniken des Steinaustausches unter Berücksichtigung des heute vorhandenen Ersatzmaterials von Natursteinen.

Basis sämtlicher Bautätigkeiten, nicht nur der Natursteinarbeiten, sind eine solide Planung und Ausschreibung und ein realisierbares Zeitmanagement. Dem verantwortlichen Planer, meist ein Architekt, kommt hier eine besonders verantwortungsvolle Aufgabe zu. An denkmalgeschützten Objekten müssen zusätzlich die sich daraus ergebenden Zwänge, Forderungen und Wünsche im Einvernehmen mit allen Beteiligten und die technischen, wirtschaftlichen und bauzeitlichen Möglichkeiten berücksichtigt werden. Dieses Spannungsfeld ist nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit lösbar und erfordert gelegentlich auch unkonventionelle Lösungen.

Mit erfolgreicher Fertigstellung der Bauarbeiten ist die Aufgabe jedoch nicht abgeschlossen. Vielmehr sind insbesondere bei denkmalgeschützten Natursteinbauwerken eine regelmäßige Wartung und Pflege notwendig. Auch diese Thematik ist ein wichtiger Bestandteil des vorliegenden Arbeitsheftes.

Die bestehenden Natursteinbauwerke haben meist eine vergleichsweise lange Lebens- und Nutzungsdauer bereits hinter sich. Sie sollen zum einen möglichst im Original für die Zukunft erhalten und zum anderen ertüchtigt werden.

Mit dem vorliegenden Arbeitsheft wollen wir nicht nur die unterschiedlichen Aufgabenfelder vorstellen, sondern Ihnen als Leser auch Handwerkszeug, Ideen und Anregungen für Ihre praktische Arbeit geben.

Gabriele Patitz

Gabriele Grassegger

Otto Wölbart

---

## Vorwort des Landesamtes für Denkmalpflege

Das Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart hat sich an den seit 2004 in Stuttgart stattfindenden jährlichen Tagungen zur Natursteinsanierung intensiv an Planung und Durchführung beteiligt und diese Veranstaltung samt den obligatorischen Exkursionen zu aktuellen Baustellen fachlich unterstützt. Über die Jahre hinweg hat sich die Natursteintagung zu einer festen Größe bei den Veranstaltungen für die Fachwelt herausgebildet, wie die konstant steigenden Teilnehmerzahlen eindrucksvoll belegen. Sie dient in ihrer Ausrichtung der Fort- und Weiterbildung von Denkmalpflegern und ihren zahlreichen Partnern in der Praxis. So ist es denn auch als Zeichen der Anerkennung dieser erfolgreichen Tagungsreihe zu verstehen, dass das Landesamt für Denkmalpflege die vorliegende Publikation in seiner bewährten und praxisorientierten Reihe der Arbeitshefte veröffentlicht.

Den Herausgebern ist es gelungen, Beiträge erfahrener und ausgewiesener Experten auf ihrem Gebiet zu einem überzeugenden Handbuch zusammenzutragen. Es zeigen sich darin die vielfältigen Anforderungen, die in der praktischen Denkmalpflege bei den Erhaltungsbemühungen bestehen. Im Mittelpunkt sämtlicher Beiträge steht der fachgerechte und erfolgreiche Erhalt unserer Bau- und Kunstdenkmale aus Natursteinen. Neben Erhaltungsmaßnahmen an alten Mauern und Skulpturen wird auch die Standsicherheit von Ingenieurbauten der Neuzeit behandelt. Erfolgreich spannt sich der Bogen von der Planung der Maßnahmen, über die vielfältigen naturwissenschaftlichen Untersuchungen und Forschungen bis hin zu den praktischen Umsetzungen der Konzepte.

Es wurden Beiträge der verschiedensten Fachdisziplinen zusammengestellt – von Planern, Forschern und Entwicklern, Technikern, Restauratoren und Handwerkern. Es beteiligten sich aber auch ausführende und produzierende Firmen. In toto zeigt sich einmal mehr, wie wichtig die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Bewältigung der anstehenden Aufgaben ist. Es wird zugleich deutlich, dass dieses Teamwork auf Augenhöhe eine äußerst wichtige Voraussetzung für den gemeinsamen Erfolg ist.

Das Landesamt für Denkmalpflege dankt allen Autoren, die mit ihren Beiträgen zum Gelingen dieser Publikation beigetragen haben. Darüber hinaus dankt es den Herausgeberinnen Frau Dr. Gabriele Patitz und Frau Prof. Dr. Gabriele Grassegger sowie dem Amtsrestaurator Otto Wölbart für ihr Engagement bei der Erstellung und Herausgabe des Jubiläumsbandes. Möge die Lektüre dieser Fachpublikation hilfreiche Anregungen und Ideen allen denen geben, die mit der schönen und wichtigen Aufgabe der Denkmal-erhaltung betraut sind.

Prof. Dr. Michael Goer  
Landeskonservator

---

# Inhalt

<b>I</b>	<b>Naturstein am Bauwerk – Erfassen und Dokumentieren</b>	<b>11</b>
	Neue Normen für Natursteinmauerwerk	11
	Methoden der Bauaufnahme	17
	Bestands- und Schadenskartierung an Natursteinbauwerken	25
	Bauradar, Ultraschall und Mikroseismik	33
	Chemische Analytik an geschädigten und konservierten Natursteinen als Voruntersuchung	41
	Von der bauhistorischen Voruntersuchung zum Maßnahmenkonzept	53
<b>II</b>	<b>Putze, Mörtel und Fassungen auf Natursteinmauerwerk</b>	<b>59</b>
	Typische Schäden an Außenputzen und Fugenmörteln und deren denkmalverträgliche Sanierung	59
	Antrags- und Vergussmassen für die Instandsetzung von römischem Ziegelmauerwerk	67
	Moderne Putze auf alten Untergründen	77
	Farben auf Naturstein	85
<b>III</b>	<b>Standsicherheit von Natursteinmauerwerk</b>	<b>95</b>
	Grundlagen für Standsicherheitsnachweise an bestehendem Natursteinmauerwerk	95
	Ingenieurtechnische Sicherung von Natursteinmauerwerk	103
	Bögen und Gewölbe – Bewerten und Instandsetzen	115
	Sanierung von Stützmauern – Statik und Verfahren	125
	Beispielhafte statische Sicherung von Natursteinwänden	131
<b>IV</b>	<b>Schäden durch Feuchte, Salze und biologische Belastungen am Natursteinmauerwerk</b>	<b>137</b>
	Verwitterungsschäden an Natursteinoberflächen – Ursachen und Schadensbilder	137
	Aufnahme und Transport von Feuchte in Natursteinen und Mauerwerk und deren Bedeutung	145
	2D-Feuchtestatus von Mauerwerken	153

Sinn und Notwendigkeit nachträglicher Fundamentabdichtung	163
Salzschäden an Bauwerken – Ursachen und Wirkungsmechanismen	169
Mikrobiologische Schädigungen an Naturstein und Vorgehensweisen zu deren Beseitigung	175
<b>V Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen an Natursteinen</b>	<b>183</b>
Reinigung und Entsalzung von Bauwerksoberflächen – praxisgerechte Methoden	183
Natursteinaustausch – Hinweise zu Auswahl und Beschaffung von Ersatzmaterial	193
Techniken der Steinbearbeitung und des Steinaustausches	201
Chemie der Steinfestigung mit Kieselsäureestern	209
Restauratorische Steinfestigung mit Kieselsäureestern oder Kunstharzen	219
Injektion von Rissen, Spalten und Schalenhohlräumen an Steinskulpturen	227
Zeitmanagement bei der Planung und Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen	239
Steinergänzungsmörtel	245
Hydrophobierung – Schaden oder Nutzen	251
Materialoptimierung und Materialentwicklung	259
<b>VI Planen und Ausschreiben von Natursteinarbeiten</b>	<b>267</b>
Die Rolle des Architekten bei der Planung und Durchführung steinrestauratorischer Arbeiten	267
Auswahlverfahren für die Vergabe von Leistungen in der Denkmalpflege	277
Strategien zur Schadensprävention, Wartung und Unterhalt von Baudenkmalen	283
Steinzentrum Wunsiedel – Restaurieren lernen	289
Normen, WTA-Merkblätter, Richtlinien und Technische Regeln	293
Autorenverzeichnis	297

