

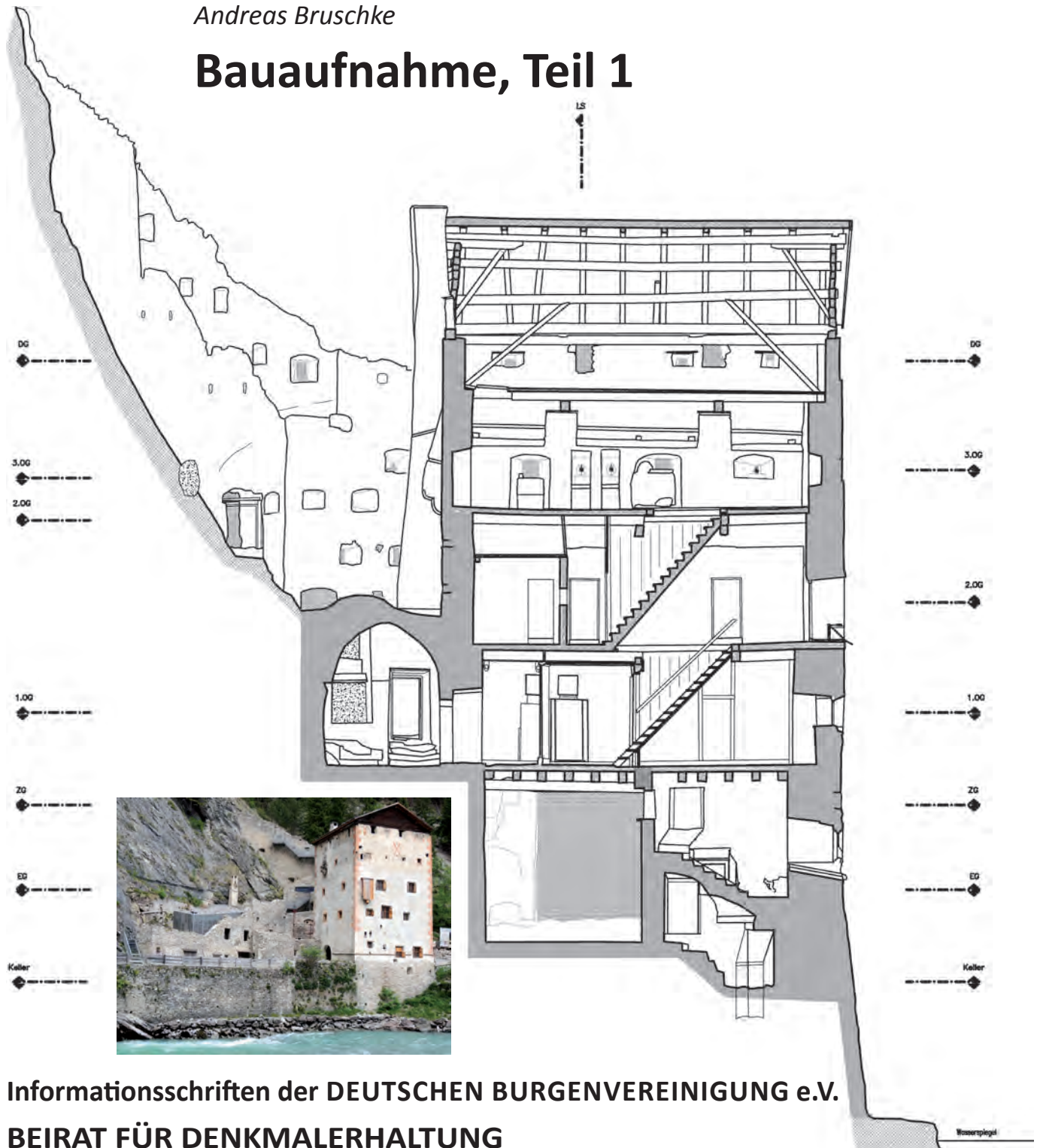
# Praxis Ratgeber



zur Denkmalpflege

*Andreas Brusckke*

## Baufaufnahme, Teil 1



Informationsschriften der DEUTSCHEN BURGENVEREINIGUNG e.V.  
BEIRAT FÜR DENKMALERHALTUNG

Bauaufnahmen haben sich in den letzten Jahrzehnten zu einem unverzichtbaren Instrument für die Vorbereitung von Restaurierungen, Sanierungen oder Nutzungsanpassungen von Denkmalen und Bestandsbauten entwickelt. Durch moderne digitale Vermessungsmethoden sind sie heute wesentlich rationeller und damit günstiger auszuführen als früher. Mit der Einführung von am Computer gezeichneten Plänen und der Verwendung von Tachymetern mit Laserentfernungsmessung seit Beginn der 1990er-Jahre kam die technische Entwicklung in Schwung. Durch die neuen Möglichkeiten der Scanner-Technologie mit immer höherer Auflösung und Schnelligkeit sowie der aktuellen 3D-Fotogrammetrie und automatisierten Bildauswertung entstand Anfang des 21. Jahrhunderts ein recht unübersichtlicher Markt. Bauaufnahmen werden heute nicht mehr nur von leistungsfähigen Spezialfirmen oder von Architekten und Bauforschern selbst ausgeführt. Neue Produkte werden angeboten, deren Qualität schwierig zu beurteilen bzw. zu bewerten ist.

## Was ist unter einer Bauaufnahme zu verstehen?

Traditionell wird die Bauaufnahme als Vermessung und maßstäbliche Aufzeichnung des Bestandes bzw. als „zeichnerische Bestandsaufnahme“ verstanden (Abb. 1). Bauaufnahmezeichnungen stellen eine bewusste Aus-

Abb. 1. Ludwigsburg, Schloss Favorite, Ausschnitt Vertikalschnitt.



wahl, Differenzierung und Reduktion auf das Wesentliche dar. Das bedeutet ein selektives Erfassen der Befunde mit dem Wissen über historische Baukonstruktionen, Architekturformen, Ausstattungen und Material. Bauaufnahme umfasst also nicht nur das Erstellen von Plänen und Zeichnungen, sondern ist ein Erkenntnisprozess, an dessen Ende die Ergebnisse in aussagekräftigen Zeichnungen vermittelt werden. Jeder Punkt, jede Linie und jede Flächenkontur setzt eine bewusste Entscheidung mit einem entsprechenden Fachwissen und Erfahrungshintergrund voraus. Eine Bauaufnahme muss wertneutral und nachvollziehbar sein. Die Bewertung der Befunde ist Gegenstand nachfolgender Bauuntersuchungen durch Spezialisten und Fachingenieure.

Angesichts der technischen Entwicklungen ist der Definitionsrahmen für Bauaufnahmen heute weiter zu fassen. Die Scanner-Technologie und die neuen Verfahren der 3D-Fotogrammetrie bieten mehr Möglichkeiten. Maßstabgerechte Abbilder der Objekte, Punktwolken, 3D-Oberflächen und daraus abgeleitete Orthofotos (s. Seite 7) bzw. Bildpläne können eine Bauaufnahme hervorragend unterstützen bzw. ersetzen häufig Bauaufnahmezeichnungen. Punktwolken und Bilder sind zunächst jedoch nur Ansammlungen von Pixeln, die erst durch den jeweiligen Betrachter mit seiner Sachkunde interpretiert und bewertet werden. Hier entsteht ein arbeitsteiliger Prozess, von der Bereitstellung eines „technischen“ Ergebnisses bis zur anschließenden Interpretation, in der Regel dann verbunden mit einer zeichnerischen Auswertung. Das Orthofoto stellt also nur einen Zwischenschritt dar. Das Besondere ist, dass es entsprechend seiner fotografischen Dichte Informationen beinhaltet, die letztlich nicht alle einer zeichnerischen Auswertung bedürfen. Beide Produkte können sich jedoch sinnvoll ergänzen und werden vielfach kombiniert eingesetzt. Die Qualitätsansprüche müssen allerdings unterschiedlich definiert werden.

Sowohl Bauaufnahmezeichnung als auch Orthofoto sind Ergebnis einer Vermessung. Der definierte geometrische Bezug und ein Maßstab ermöglichen, dass Maße entnommen werden können, die für Planungen und Kalkulationen benötigt werden. Der heutige Begriff der Bauaufnahme integriert also sowohl zeichnerische Bestandsaufnahme als auch Pixelgrafik.

## Welche Aufgabenbereiche gibt es?

Einfache Anforderungen ergeben sich für die Denkmälerinventarisierung mit der Beschränkung auf Raumgliederungen unter Weglassung von Architekturdetails. Notaufnahmen ergeben sich meist im Zusammenhang mit Abbruchmaßnahmen und somit oft aus Zeitmangel oder aus finanziellen Gründen. Angewandte Bauaufnahmen sind bei Planungen und Projektierungen nicht mehr wegzudenken. Erhaltungsmaßnahmen und insbesondere Veränderungen mit Eingriffen in die Bausubstanz setzen zuverlässige Kenntnisse über räumliche und konstruktive Zusammenhänge und historische Ausstattungen voraus.



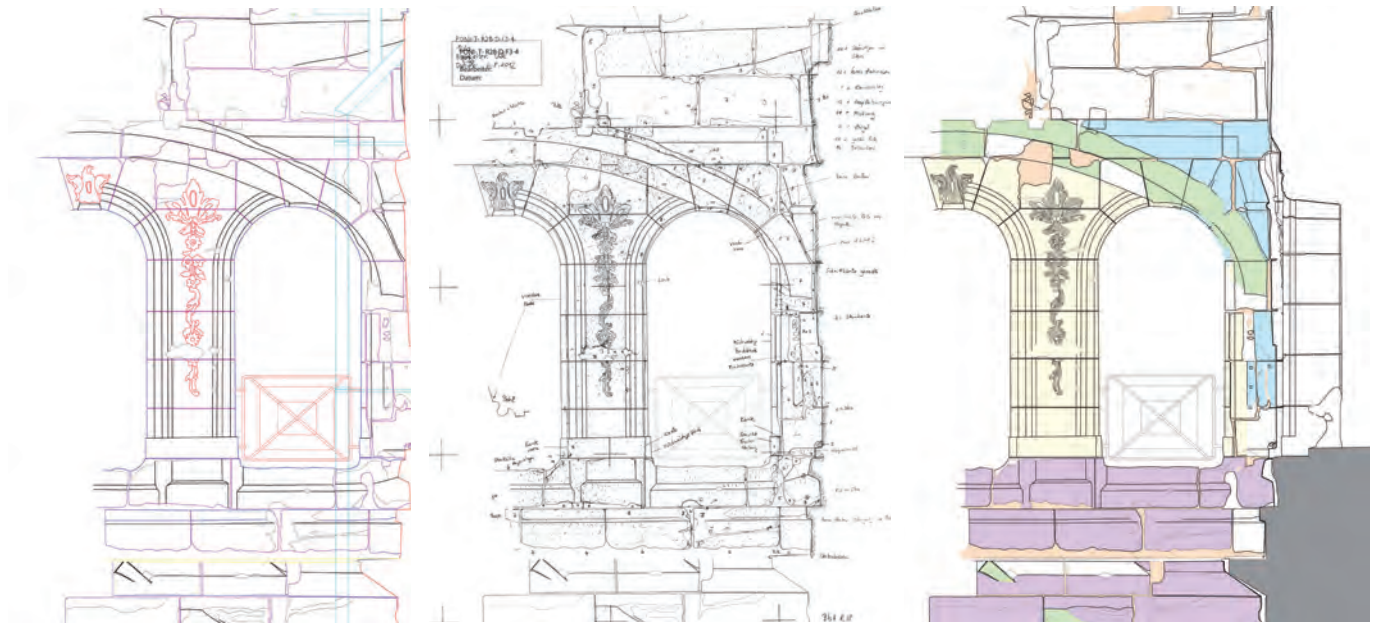


Abb. 2. Trier, Porta Nigra, Ausschnitt mit 1. fotogrammetrischer Auswertung, 2. ergänzender porträtierender Bauaufnahme, 3. Bauphasenkartierung.

Deutlich vertiefte Aufnahmen werden bei hochwertigen Objekten, komplizierten Restaurierungs- und Umbauplanungen oder für Zwecke der wissenschaftlichen Bauforschung erforderlich. Dies ist mit einer intensiven Erkundung am Objekt verbunden. Die Beobachtungen werden üblicherweise porträtierend gezeichnet. Dabei werden Fragen zu historischen Bautechniken, Bauphasen und früheren Restaurierungen untersucht (Abb. 2).

Bestandspläne bringen einen nachhaltigen Nutzen und begleiten alle weiteren Entwicklungen am Objekt, soweit alle Änderungen auch fortgeschrieben werden. Neben zukünftigen Nutzungsüberlegungen und Verwaltungsaufgaben lassen sich damit auch Wartungs- und Pflegekonzepte effektiv konzipieren und ausführen.

## Warum Bauaufnahme?

Mit einer Bauaufnahme werden nicht nur die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Abwicklung von Planung und Ausführung von Erhaltungs- und Veränderungsmaßnahmen geschaffen. Insbesondere für ein Denkmal sind sie auch deshalb unverzichtbar, weil hier die Rücksichtnahme auf die historische Substanz im Vordergrund steht. Planungen und Projektierungen sind ohne zuverlässige Bestandsaufnahmen undenkbar. Sanierungen, Nutzungsänderungen bzw. Umbauten und Erweiterungen bedeuten immer Eingriffe in die Substanz und sind mit Risiken verbunden. Sie bedürfen gesicherter Grundlagen. Die Bauaufnahme ist Bestandteil einer umfassenden Auseinandersetzung mit dem Denkmal. Zur Grundlagenermittlung gehören Bestandserfassung und Bauuntersuchung. Die Bestandserfassung hat den physischen Bestand mit seinen maßlichen und strukturell-konstruktiven Verhältnissen im Visier und die Beschreibung des vorgefundenen Zustands. Dazu gehören auch Archivrecherche und die Dokumentation des Zustands mit Fotodo-

kumentation und Bericht, meist speziell als Raumbuch. Bestandspläne und Raumbuch bilden eine Einheit und beziehen sich auf ein vorab festgelegtes Ordnungs- und Bezeichnungssystem. Die Bauuntersuchung ermittelt die Veränderungen des Bauwerks in Abhängigkeit von dessen Nutzungsgeschichte, fragt nach der Gesamtheit der dekorativen und gestalterischen Qualitäten sowie nach den technisch-bauphysikalischen Eigenschaften und ermittelt den historischen Zeugniswert als Grundlage für die Denkmalebewertung.

Mit einer Bauaufnahme werden letztlich mehrere Ziele verfolgt:

- Erarbeitung einer objektgeschichtlichen Analyse,
- Eintragung von Befunden, Material-, Schadens- bzw. Zustandskartierung,
- Analyse des Tragwerks,
- Analyse der Gebäudestruktur im Hinblick auf den baulichen Brandschutz,
- Verwendung als Planungs- und Projektierungsgrundlage zur Festlegung von Maßnahmen,
- Werkzeug für Ausschreibungen und Kostenkontrolle.

## Wo werden Bauaufnahmen gebraucht?

Eine ganzheitliche Bauaufnahme umfasst das Tragwerk zur Beurteilung des Kräfteverlaufs in der Konstruktion, die Oberflächen zur Erfassung der Befund- und Schadenssituation und die ortsfesten Ausstattungen. Auch für die Sanierung bzw. Restaurierung von Teilbereichen sind Bauaufnahmen erforderlich. Eine isolierte Betrachtung nur eines bestimmten Bauteils oder Abschnitts würde die Sicht auf bauliche Zusammenhänge und äußere Einflüsse verschließen. So kann z. B. die Ursache für Verformungen an Materialverlust oder offenen Verbindungen liegen. Das betrifft sowohl den Sanierungsabschnitt als auch entferntere Bauteile. Folglich ist eine Mauersicherung

Abb. 3. Ruine Wegelnburg.

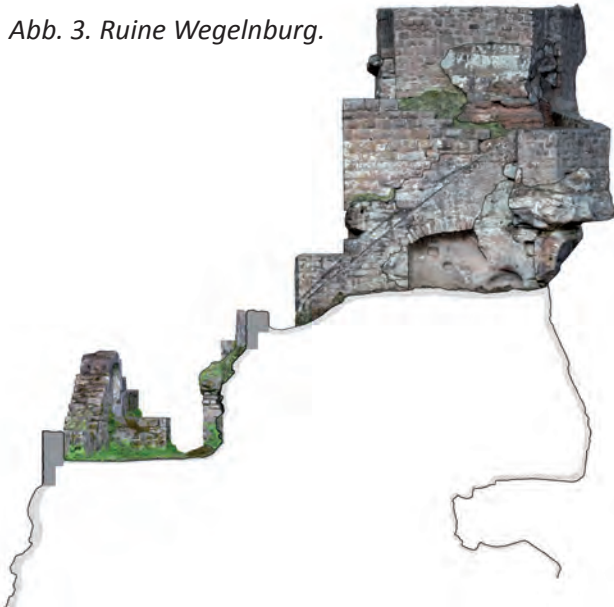
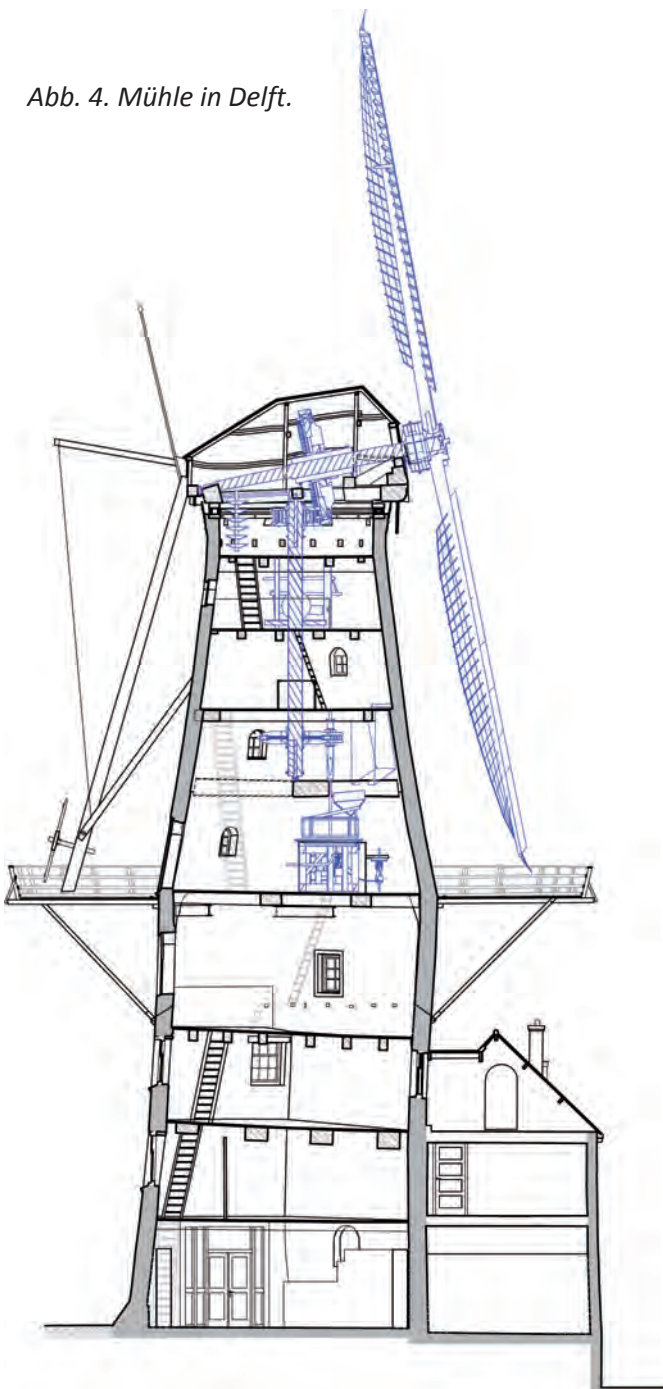


Abb. 4. Mühle in Delft.



zum Erhalt der touristischen Nutzung einer Burgruine in der Regel auch mit Felssicherungsmaßnahmen verbunden (Abb. 3). Deshalb bedarf es einer kompletten geometrischen Erfassung der Felssituation in verschiedenen Schnitten.

Burgen, Schlösser, Herrenhäuser, Wohn- und Geschäftshäuser mit Wirtschaftsgebäuden sowie natürlich Sakralbauten sind Gegenstand von Bauaufnahmen. Spezielle Anwendungsbereiche ergeben sich zum Beispiel aus der Dachstuhlisanierung, der Sanierung von Naturstein, von Mauerwerk und Putzoberflächen an Fassaden, der Restaurierung von Wandmalerei, Wandbespannungen und Holz oder von Altären und Skulpturen. Bei technischen und Industrieanlagen sind außer der baulichen Hülle auch die Anlagen des Kraft-, des Stoffflusses und der Stoffumwandlung zu untersuchen (Abb. 4).

### Welche Informationen werden benötigt?

Denkmalpfleger, Bauforscher, Architekten, Tragwerksplaner, Steintechniker und Restauratoren stellen teils unterschiedliche Anforderungen. Es werden Informationen benötigt über:

- Tragwerk inklusive Fundamente,
- Konstruktion von Wänden, Decken und Fußböden,
- Bauteilabmessungen und Dimensionsangaben,
- Durchbrüche und Schächte,
- Außenanlagen,
- Zugangssituation und Erschließung,
- Architekturformen, Profile und Ornamente,
- Oberflächen mit Fassaden, Wänden, Decken und Fußböden,
- ortsgebundene Ausstattungen,
- Position und Verlauf der technischen Infrastruktur,
- Hinweise zu früheren Bauzuständen,
- Angaben zu Material und Schäden.

Ein vollständiger und systematischer Überblick kann hier nicht gegeben werden. DIN 1356-6 und die ÖNORM A6250-2 enthalten Listen in jeweils zwei Stufen (als Informationsstufen bzw. Aufnahmedichten definiert), die eine Hilfestellung geben. Inhalte und Dichte sind abhängig von den Planungsaufgaben. Die Informationen, die z. B. bei einer Natursteinsanierung an einer Fassade benötigt werden, unterscheiden sich natürlich von denen einer Dachstuhlisanierung. Um z. B. das Tragwerk eines Dachstuhls vollständig darstellen zu können, sind die Grundriss- und Schnittebenen festzulegen, damit alle tragenden Bauteile erfasst werden und das konstruktive System ermittelt werden kann. Leere Blattsassen geben Hinweise auf frühere Zustände, Verformungen sowie offene Bauteilverbindungen auf Lastveränderungen und fehlenden Kraftschluss. Unbedingt benötigt werden alle Querschnittsangaben. Da Schäden am Dachstuhl auch durch Fundamentprobleme bedingt sein können, müssen Setzungen, Schiefstellungen und flächige Verformungen in Wänden und Gewölben durch geeignete Schnittführungen erfasst und nachgewiesen werden. Gegebenenfalls sind Risskartierungen zu ergänzen (Abb. 5).



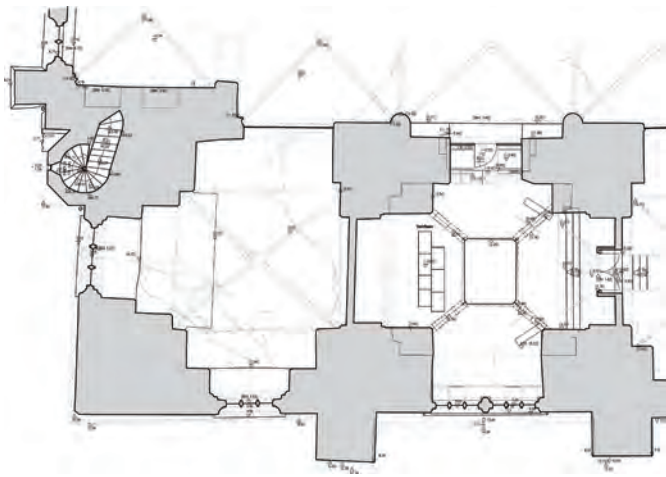


Abb. 5. Lübeck, St. Petrikirche, Grundrissausschnitt mit abgлотetem Gewölbe.

Für die Restaurierungsplanung der Ausstattungen sind Unterlagen für die Arbeit verschiedener Spezialisten zu schaffen. Das betrifft u. a. Wandmalereien, Holzeinbauten, Natursteinarbeiten oder textile Wandbespannungen. Als Kartierungsgrundlage werden in der Regel Orthofotos verwendet. Die hohe Auflösung und hohe Bildqualität zeigen deutlich sichtbare Schäden und Befunde und verringern somit die direkt am Objekt benötigte Zeit für die Kartierung. Ein Großteil der Arbeit wird ins Büro verlagert (Abb. 6).

Die Planung von Natursteinanierungen kann verschiedene Anforderungen stellen. Für Mauerwerk sind meistens dann Orthofotos sinnvoll, wenn eine großflächige und keine steingerechte Kartierung abzusehen ist. Wenn mit Auswechslungen im Blockverband zu rechnen ist, müssen die Fassaden mit einer hohen Genauigkeit entsprechend dem Vorfertigungsgrad der Blöcke aufgemessen und steingerecht dargestellt werden (Abb. 7).

Alle Informationen müssen lokalisiert, d. h. räumlich zugeordnet und in Verbindung gesetzt werden. Eine Klassifizierung findet durch die traditionellen Linientypen und Schraffuren entsprechend der Bauzeichenvorschrift statt. Mit dieser Konvention wird die Zeichnung allgemein verständlich und lesbar. Das Kartieren von Befunden, Schäden, Material und geplanten bzw. ausgeführten Maßnahmen bedeutet eine Verknüpfung dieser Merkmale mit Flächen, Linien oder Punkten der Zeichnung und wird durch Symbole, Farben und Schraffuren visualisiert. Dass diese Verknüpfungen sich leicht in einer CAD-Zeichnung in Datenbanken ablegen lassen, erleichtert die Auswertung, z. B. für Mengenermittlungen bei Ausschreibungen.

### Es gibt doch schon genaue Pläne?

Sind bereits Pläne vorhanden, wird oft eine örtliche Überprüfung und Ergänzung als ausreichend erachtet. Das ist jedoch ein Trugschluss. In der Regel gibt es keine Nachweise, wie diese Pläne entstanden sind. Es darf vermutet werden, dass es sich um Hochzeichnungen handelt, eventuell von nicht einmal umgesetzten Entwürfen. Sind die Zeichnungen digitalisiert, suggerieren sie eine Ge-

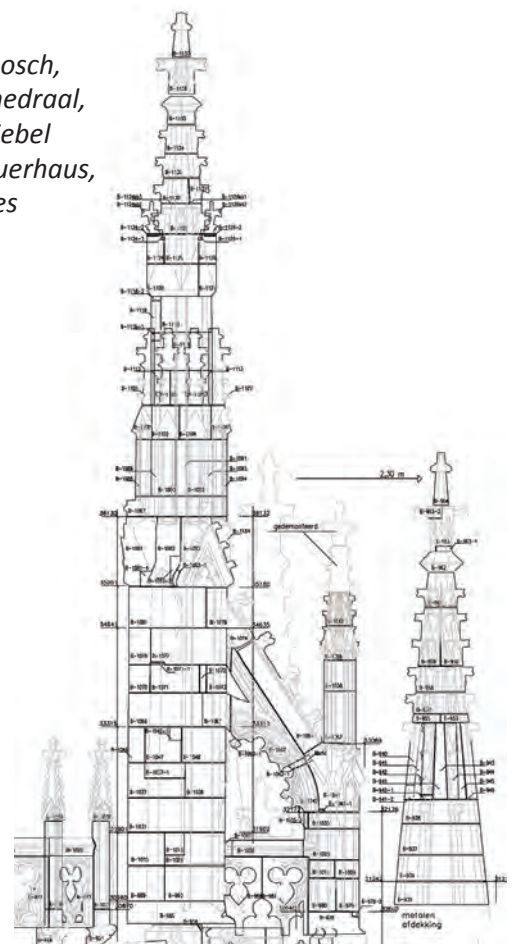


Abb. 6. Schloss Neuschwanstein, Arbeitszimmer, Orthofoto im Originalmaßstab 1:10 sowie Ausschnittsvergrößerung (Putzschäden).

nauigkeit, die sie jedoch nicht haben können. Wenn die Überprüfung nicht vollständig ist, bleiben Risiken. Eine vollständige Prüfung ist einer Neuvermessung gleichzusetzen und immer zu bevorzugen.

Demzufolge ist auch bei neuen Bauaufnahmen nachzuweisen, mit welchen Methoden und welchem Qualitätsanspruch gearbeitet wird. Das ist ein notwendiger

Abb. 7. 's-Hertogenbosch, Sint-Janskathedraal, Ausschnitt Giebel westliches Querhaus, steingerechtes Aufmaß.



Bestandteil der Dokumentation, denn nur so kann eine spätere Verwendung gewährleistet werden. Informationen über den heutigen Zustand des Denkmals und die aktuell getroffenen Maßnahmen sind auch für spätere Generationen wichtig und können nur genutzt werden, wenn die Quellenlage eindeutig und nachvollziehbar ist.

## Wie genau muss eine Bauaufnahme sein?

Bauaufnahmen alleine nach pauschalen Genauigkeitswerten einzustufen ist in Hinblick auf die Definition von Bautoleranzen nicht ausreichend. Die notwendige geometrische Genauigkeit und Zuverlässigkeit ist ein relatives Maß, weil es immer auf die Bauteilgröße bezogen ist. Querschnitts- und Öffnungsmaße müssen wesentlich genauer ermittelt werden als zum Beispiel die Gesamtlänge eines Gebäudes. Durch ein geeignetes Vermessungskonzept ist eine Messabweichung zu gewährleisten, die die Bestimmung der Bauteilabmessungen ausreichend zuverlässig ermöglicht. Mit geodätischen Methoden können ohne Weiteres Genauigkeiten von 1 cm erzielt werden. Unter Umständen sind Querschnittsmaße vor Ort direkt abzugreifen. Eine bauteilübergreifende Grundlagenvermessung sichert die Genauigkeit der räumlichen und konstruktiven Zusammenhänge.

Neben dem Begriff der Mess- bzw. geometrischen Genauigkeit wird immer noch der Begriff der Darstellungsgenauigkeit verwendet und leider ersterem oft gleichgesetzt. Dabei geht es hier um den Informationsgehalt. Dafür sind die Begriffe Darstellungstiefe bzw. Detaillierungsgrad der Bauaufnahme besser geeignet. Die Darstellungstiefe korrespondiert mit der Informationsdichte entsprechend den speziellen Anforderungen. Sind die Vermessungsgrundlagen und die messtechnischen Genauigkeitsanforderungen einmal ausreichend gegeben, kann mit einer geringeren Informationsdichte begonnen und später problemlos projektbegleitend nachverdichtet werden.

## Welche Vermessungsmethode ist geeignet?

Tachymetrisches Aufmaß, Scanner in verschiedenen Varianten und unterschiedliche fotogrammetrische Verfahren konkurrieren scheinbar miteinander. Technik ist jedoch nur das Werkzeug für einen bestimmten Zweck. Bei aller Faszination für beeindruckende Entwicklungen, „modern“ oder „innovativ“ sind keine Qualitätsmerkmale. Zuerst sind anhand der konkreten Aufgabe und der konkreten Situation am Objekt folgende Fragen zu beantworten:

- Werden die Messungen bei direkter Beobachtung am Objekt ausgeführt?

Gegenüber den indirekten Methoden, Scanner und Fotogrammetrie, werden die Vorteile der örtlichen Vermessung deutlich. Häufig unvermeidliche Lücken beim Scannen oder Verdeckungen in fotogrammetrischen Aufnahmen sind nur durch den direkten Kon-

takt zum Objekt auszugleichen. Beobachtungen von Oberflächen und Materialeigenschaften, eventuell bei unterschiedlichem Licht, sind oft notwendig. Direkte Aufmaßtechniken liefern Bestandspläne aus „erster Hand“.

- Wie ist die Zugänglichkeit zu den zu vermessenden Bauteilen?

Steile Sichten an hohen Fassaden oder Innenräumen schließen ein tachymetrisches Aufmaß oder Laserscans aus. Sie sind über Plattformen (Arbeitsbühnen, Multi-Kopter) durch Messbildaufnahmen erreichbar. Andererseits verhindern dichter Baumbestand oder nicht beherrschbare Lichtbedingungen die Fotogrammetrie.

- Sind selektierte Informationen in einer Zeichnung oder Pixelgrafiken das besser geeignete Mittel?

Planung und Projektierung können heute nicht mehr auf Zeichnungen in CAD-Formaten verzichten. Für Befund- und Schadenskartierungen sind jedoch Bildpläne in der Regel aussagekräftiger. Beides lässt sich aber gut kombinieren. So werden z. B. Teilbereiche oder Wandabschnitte mit Bildern bzw. Orthofotos in den CAD-Zeichnungen hinterlegt.

## Wie wird heute das direkte Messen am Objekt praktiziert?

Mit Tachymetern, das heißt geodätischen Vermessungsinstrumenten mit gleichzeitiger Winkel- und Streckenmessung, werden mit sehr rascher Geschwindigkeit die in der Umgebung zu messenden Punkte mit einem Laserpunkt als „Zeiger“ angezielt und deren Koordinaten sofort gespeichert. Während ein Scanner „wahllos“ ein Punktraster erzeugt, werden mit dem Tachymeter bewusst und überlegt die notwendigen Punkte ausgewählt und angemessen. Die Vorzüge dieser Arbeitsweise erschließen sich aber erst dann, wenn die gemessenen Punkte online am angeschlossenen Notebook im CAD angezeigt werden. Die Arbeitsweise wird durch CAD-Aufsatzprogramme unterstützt, zum Beispiel, um sofort bestimmte Layer festzulegen, Symbole zu erzeugen oder um Merkmale als Attribute mit CAD-Elementen zu verknüpfen (Abb. 7). Durch das Tachymeter nicht erreichbare Punkte oder Nebenräume können von Hand gemessen und in der CAD-Zeichnung unmittelbar ergänzt werden. Somit wird das traditionelle örtliche Messen und Zeichnen mit modernen Mitteln fortgesetzt.



Abb. 8. Arbeit mit Tachymeter und Kartierung am Notebook.



## Was können Scanner?

Als indirekte Techniken gelten alle bildbasierenden und Abtastverfahren, also Fotogrammetrie und Scanning. Da Informationen und Erkenntnisse nur aus „zweiter Hand“, aus den Bildern bzw. Punktwolken gewonnen werden, liegt der Schwerpunkt auf der Planung und Realisierung optimaler Bedingungen für die örtliche technische Aufnahme. Verschiedene Scantechnologien stehen zur Verfügung. Scanner auf der Basis des Impulslaufzeitverfahrens und des Phasendifferenzverfahrens erreichen bestenfalls Genauigkeiten im mm-Bereich. Die speziellen Geräte unterscheiden sich in der Messrate (Geschwindigkeit), der Punktdichte und der Reichweite (unter 1 m bis mehrere 100 m). Eine höhere Punktdichte hat entsprechend längere Scanzeiten zur Folge. Wesentlich höhere Genauigkeiten (besser als 0,1 mm) erreichen Streifenlichtscanner, die zur Erfassung feiner Oberflächenstrukturen verwendet werden. Sie können nur aus nächster Distanz eingesetzt werden.

Das Ergebnis aller Scanverfahren ist eine automatisch generierte „Punktwolke“. Sie beschreibt die gescannten Oberflächen durch diskrete Punkte mit 3D-Koordinaten xyz. Neben eventuellen Verschattungen sind die Einhaltung der mindestens nötigen Objektauflösung und ein maximal möglicher Auftreffwinkel auf die Objektfläche zu berücksichtigen. Da der Scanvorgang einige Minuten oder länger dauert, muss das Gerät fest am Boden stehen. Deshalb ist der Aufnahmebereich nach oben wegen „sichttoter“ bzw. verdeckter Flächen und des immer steileren Einfallswinkels begrenzt.

Die Punktwolke kann unmittelbar zur Digitalisierung von Grundriss-, Schnitt- oder Ansichtszeichnungen verwendet werden. Orthogonal projizierte Punktwolken sind technisch gesehen eine Pixelgrafik, jedoch in Farb-, Helligkeitskontrast und Dichte nicht mit der weit besseren fotografischen Qualität von Fotos vergleichbar. Aus Punktwolken können durch Dreiecksvermaschung 3D-Oberflächen berechnet, diese in zusätzlichen Arbeitsschritten mit externen Fotos texturiert und die Ergebnisse als Orthofotos ausgegeben werden.

## Was ist Fotogrammetrie?

Im Gegensatz zu Tachymetern und Scannern, die an ein festes Stativ gebunden sind, können Bilder flexibel auch aus der Bewegung heraus aufgenommen werden. Durch Verwendung von Arbeitsbühnen, Hubschraubern und Multikoptern, variabler Aufnahmeabstände in Kombination mit verschiedenen Objektivbrennweiten stellt diese Technologie nicht nur eine Alternative zu 3D-Scannern dar, sondern erschließt auch neue Aufgabenfelder. Das einzige Aufnahmegerät ist die Digitalkamera. Sowohl große und hohe Fassaden können lückenlos erfasst werden als auch kleinste Objekte mit höchsten Genauigkeitsanforderungen.

Stereoauswertung und Orthofototechnik sind zwei verschiedene fotogrammetrische Prinzipien. Für eine direkte Umsetzung in Bestandszeichnungen (s. Abb. 7)

werden Stereobilder aufgenommen und bei stereoskopischer Betrachtung dreidimensional ausgewertet. Insbesondere für steingerechte Darstellungen ist diese Methode von Vorteil. Die Herstellung von Orthofotos ist durch die heutige leistungsfähige Rechentechnik sehr effektiv geworden und außerdem mit einer deutlichen Qualitätssteigerung verbunden.

## Was sind Orthofotos?

Ein einzelnes Foto kann (als Zentralprojektion) nur entzerrt werden. Das heißt, das Ergebnis ist nur annähernd maßstabsgerecht. Wegen Umklappungen von nicht in einer Ebene liegenden Architekturteilen können mehrere Bilder nicht ohne Verschnitt zu Bildplänen montiert werden. Demgegenüber sind Orthofotos wirklich verzerrungsfreie, maßstabsgerechte orthogonale Parallelprojektionen. Voraussetzung dafür sind exakte 3D-Oberflächenmodelle. Heutige Verfahren der maschinellen Bilderkennung (Matchingverfahren) ermöglichen eine weitgehend automatisierte Berechnung von 3D-Oberflächen und von Orthofotos aus großen Bildverbänden. Erforderlich ist eine große Anzahl hochwertiger, sich stark überlappenden Bilder.

## Wann ist eine 3D-Darstellung erforderlich?

Das Ergebnis der Vermessung sind üblicherweise Punkte mit 3D-Koordinaten, dichte Punktwolken oder 3D-Linien. Sie sind erste Zwischenprodukte und beschreiben das Objekt noch unvollkommen. In weiteren Arbeitsschritten werden Zeichnungen, Grundrisse, Vertikalschnitte und Ansichten bzw. Orthofotos als zweidimensionale Ergebnisse ausgearbeitet. Architektur lässt sich in der Regel zweidimensional ausreichend und verständlich abbilden. Aufgaben für 3D-Darstellungen entstehen unter anderem bei der Vermittlung schwieriger konstruktiver Sachverhalte. Hier können oft einfache Perspektivzeich-

Abb. 9. Beeskow, Sakristei der Marienkirche, fotogrammetrisch berechnete 3D-Oberfläche für Orthofotos.



nungen helfen. Die Diskussion und Entscheidung von Architektorentwürfen, Umgestaltungen oder Ergänzungen historischer Bauwerke ist heute ohne dreidimensionale Visualisierung nicht mehr denkbar. Auch die 3D-Rekonstruktion früherer Bauzustände auf der Basis gesicherter Ergebnisse der Bauforschung ist für die interessierte Öffentlichkeit unverzichtbar.

## Was kostet eine Bauaufnahme?

Die Ursache für verzögerte Bauzeiten, Unsicherheiten in der Planung, Kostensteigerungen und Schäden sind häufig in nicht vorhandenen oder mangelhaften Voruntersuchungen und Bestandsunterlagen zu suchen. Für eine fundierte Grundlagenermittlung einschließlich der Bauaufnahme sind ca. 2 bis 5 % der Bausumme einzuplanen. Bestandsaufnahmen zahlen sich langfristig immer aus, da sie bei jeder Veränderung fortgeführt werden können und das Denkmal über alle Zeiten begleiten.

Durch die digitalen Methoden können heute Bauaufnahmen deutlich günstiger als früher geleistet werden. Pauschale Preisangaben oder Preisvergleiche zwischen verschiedenen Methoden machen jedoch keinen Sinn. Die konkreten Objektbedingungen, der Ausstattungs- und Detaillierungsgrad der Architektur können sehr verschieden sein. Die Definition der Anforderungen muss im Einklang mit den Planungszielen stehen und darauf abgestimmt sein. Die Einsatzbedingungen und -grenzen der verschiedenen Techniken sind zu berücksichtigen. Aufgabe eines denkmalpflegerischen Projektmanagements muss es daher sein, unter diesen Bedingungen entsprechende Konzepte für Grundlagenermittlung, Bauaufnahme und Bestandserfassung mit prüfbaren Qualitätskriterien als Basis für realistische Kostangebote zu erarbeiten. Die Abstimmung mit verschiedenen Sonderfachleuten gewährleistet, dass alle nötigen Informationen erfasst werden und Doppelarbeit vermieden wird.

## Wie weiter?

Wenn die Bauaufnahme ihren Zweck für die anstehenden Planungen erfüllt hat, ist an eine spätere Nachnutzung zu denken. Auch die nächste Generation wird dankbar darauf zurückgreifen. Um das gewährleisten zu können, sind unter Berücksichtigung der einschlägigen Regeln der Archivierung digitale und analoge Ausfertigungen an mehreren Stellen abzulegen. Neben dem ausführenden Büro und dem Bauherrn sollten auch anerkannte Institutionen wie das Denkmalamt und ggf. das Europäische Burgeninstitut ein Exemplar erhalten.

## Literatur

- ABC – Standards der Baudenkmalpflege, Bundesdenkmalamt Wien, 2014.
- Bruschke, Andreas: Hoher Dom zu Fulda und Porta Nigra in Trier: Was können heutige Bauaufnahmemethoden leisten und sind die „Genauigkeitsstufen“ noch zeitgemäß? In: Tagungsband Natursteinsanierung Stuttgart, hrsg. von Patitz/Grassegger/Wölbert, Stuttgart 2014, S. 21–32.

- Bruschke, Andreas: Methoden der Bauaufnahme. In: Natursteinbauwerke Untersuchen Bewerten Instandsetzen, hrsg. von Patitz/Grassegger/Wölbert, Stuttgart 2014, S. 17–24.
- Cramer, Johannes/Breitling, Stefan: Architektur im Bestand – Planung Entwurf Ausführung, Basel/Boston/Berlin 2007.
- DIN 1356-6: Bauaufnahmezeichnungen.
- Eckstein, Günter: Empfehlungen für Baudokumentationen, Arbeitsheft 7, LDA Baden-Württemberg, Stuttgart 2003.
- Hädler, Emil: Sanierungsvoruntersuchung und Bauforschung als Teil des Planungsprozesses. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, hrsg. von Andreas Bruschke, Stuttgart 2005, S. 41–68.
- ÖNORM\_A6250\_2: Aufnahme und Dokumentation von Bauwerken und Außenanlagen, Teil 2: Bestands- und Bauaufnahme von denkmalgeschützten Gebäuden.
- Petzet, Michael/Mader, Gert: Praktische Denkmalpflege, Köln 1995<sup>2</sup>.
- Schuller, Manfred: Building Archaeology. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, hrsg. von Andreas Bruschke, Stuttgart 2005, S. 9–22.
- Weferling, Ulrich: Randbedingungen und Anwendungspotentiale moderner Bauaufnahmemethoden – ein Plädoyer für eine mehrstufige, projektbegleitende Bauaufnahme. In: Bauaufnahme in der Denkmalpflege, hrsg. von Andreas Bruschke, Stuttgart 2005, S. 69–77.

## Praxis Ratgeber Nr. 14 – März 2016

- Herausgeber: Deutsche Burgenvereinigung e.V. (DBV), Marksburg, 56338 Braubach
- Verfasser: Dr.-Ing. Andreas Bruschke, Gnomestieg 18, 01156 Dresden (Beirat für Denkmalerhaltung der DBV).
- Redaktion: Dr. phil. Dipl.-Ing. Günther Stanzl, Mainz
- Satz und Korrektur: Martina Holdorf M.A.
- Druck/Herstellung: Görres-Druckerei, Neuwied
- Bildnachweis: Titel, 1, 2.1, 3-8: MESSBILDSTELLE GmbH, 2.2, 2.3.: Deutsches Archäologisches Institut
- Titelbild: Erlebnisburg „Altfinstermünz“ in Tirol, Klausenturm Zustand 2007, restaurierte Anlage 2012 (Foto: Bundesdenkmalamt Wien).

### Bisher erschienen in der Reihe „Praxisratgeber“

- Konrad Fischer: Holzfenster. Sechzehn Argumente für die erhaltende Instandsetzung, Nr. 1/1991
- Stephan L. Prinz zur Lippe: Finanzielle Hilfen für Modernisierung und Instandsetzung von Gebäuden in den fünf neuen Ländern, Nr. 2/1991 (vergriffen)
- Klaus Bingenheimer: Historisches Mauerwerk. Empfehlungen zur handwerklichen Sicherung, Nr. 3/1997<sup>2</sup>
- Konrad Fischer: Wirtschaftliches Instandsetzen von Baudenkmalern. Finanzierung und Planung, Nr. 4/1997
- Konrad Fischer: Erhaltendes Instandsetzen von historischen Putzfassaden. 12 Fragen und Antworten, Nr. 5/1995
- Sylwester Kabat: Brandschutz in historischen Bauten, Nr. 6/1999
- Claus Meier: Altbau und Wärmeschutz. 13 Fragen und Antworten, Nr. 7/1999
- Ingo Nuss: Schimmelpilze. 11 Fragen und Antworten, Nr. 8/2001
- Claus Meier: Bauphysik des historischen Fensters. Notwendige Fragen und klare Antworten, Nr. 9/2001
- Hermann Wirth: Denkmalpflegerische Grundbegriffe, Nr. 10/2003
- Claus Meier: Richtig heizen. 14 Fragen und Antworten, Nr. 11/2009
- Günther Stanzl: Denkmalpflege auf Burgen und Burg-ruinen, Nr. 12/2010, ISBN 978-3-927558-42-7
- Lothar Goretzki: Salze, Gips und Feuchte im Mauerwerk, Nr. 13/2016