

Digitale Kartierungen in der Bauforschung und der Baudenkmalpflege

Wissensdistribution durch indizierte digitale Planwerke

Die Umstellung des Dokumentations- und des Planungswesens auf digitale Techniken eröffnet den vielen in der Baudenkmalpflege tätigen Fachgruppen neue Möglichkeiten, grundlegende Daten zu einem Projekt gemeinsam zu nutzen und fachspezifische Daten und Aspekte so verfügbar zu machen, dass diese auch in übergreifenden Prozessen Berücksichtigung finden können. Bereits im 19. Jahrhundert war die Entwicklung der Methoden von Baudokumentation und Bauforschung in der Archäologie und Denkmalpflege durch das Streben nach Vollständigkeit befeuert worden.¹ Tatsächliche Vollständigkeit muss angesichts der Komplexität von Baudenkmalen zwar damals wie heute Utopie bleiben, doch gegenwärtig scheint zumindest die Vision eines reichen digitalen Modells durchaus erreichbar, in dem unterschiedliche fachliche Kompetenzen abgebildet und fortgeschrieben werden.

Für die Bauforschung ergeben sich daraus neue Gelegenheiten, ihre Sichtweisen, ihre Fachkompetenz und ihre typischen Ergebnisse in die Beschreibungs-, Bewertungs- und Planungsprozesse am Baudenkmal einzuspielen. Neben dem in zahlreichen Publikationen und Handreichungen ausführlich berücksichtigten, „klassischen“ Instrumentarium der Bauforschung, also der verbalen Beschreibung, der Photodokumentation, der Planzeichnung, dem Raumbuch und dem kritischen, analytischen Bericht,² kommt in diesen Prozessen der Kartierung eine besondere Bedeutung zu. Kartierungen sind in der Geographie u.a. als „thematische Eintragungen in eine topographische Arbeitskarte (Aufnahmekarte)“³ definiert, bezogen auf ein historisches Gebäude dienen sie mithin der Verortung von Einzelphänomenen und fachspezifisch erhobenen Daten in Planwerken.

Jede Kartierung ist von den inhaltlichen Schwerpunktsetzungen und Gedankenmodellen des ausführenden Faches abhängig. Die Erstellung umfassender digitaler Planwerke zu einzelnen oder mehreren Bauwerken oder historischen Baukonstruktionen mit verschiedenen „Layern“, die jeder für sich eine Beschreibungsebene darstellen und durch deren Überlagerung die Interferenzen zwischen fachbezogenen Befundkomplexen und Interpretationsmodellen sichtbar wer-

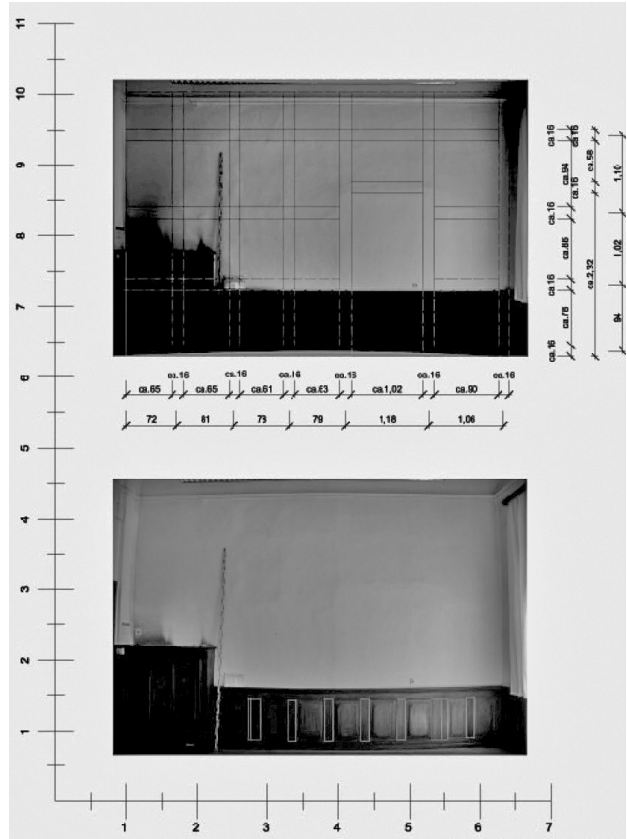
den, basiert zwangsläufig auf den Beschreibungs- und Bewertungskategorien der dafür verantwortlichen Fächer. Deren Systematisierung und Vereinheitlichung hat sich die Bauforschung bisher weitgehend und aus guten Gründen verweigert. Die Vielfältigkeit, Mehrdimensionalität und das nie gänzlich entschlüsselbare Rätselhafte des Baudenkmal sind ihre Themen, die persönliche Beobachtung und der haptische Kontakt mit der Bausubstanz, das simultane Beobachten, Messen und Bewerten vor Ort ihre Methode, ihr Verständnis für die Komplexität des Bauens, ihre fachübergreifende Einschätzung der räumlichen, konstruktiven und zeitlichen Zusammenhänge ihr wichtigster Beitrag zu den Abstimmungsprozessen in der Baudenkmalpflege. Die Sonderstellung der Bauforschung zwischen historischer Forschung und Baumaßnahme sowie zwischen akademischer und produzierender Tätigkeit erschwert die Formulierung und Definition einfacher Abfrage-routinen, wie sie hinter jeder Kartierung stehen.

Das Bauaufmaß als Träger bauforscherischer Inhalte ist der Systematisierung weitaus leichter zugänglich, es ist daher vielfach und ausführlich behandelt worden.⁴ Eine systematische Darstellung der Kartierung in der Bauforschung fehlt dagegen, die Beispiele, die in der Fachliteratur und in den Empfehlungen der Landesdenkmalämter gegeben werden, sind dünn und divers,⁵ und bei vielen Kollegen scheint eine gewisse Unlust zu herrschen, sich auf gemeinsame Standards in diesem Feld zu verständigen. Wenn die Bauforschung aber eine Deutungshoheit über ihre Gegenstände behaupten möchte, wenn sie den berechtigten Ansprüchen auf Zugang zu relevanten Inhalten und Ergebnissen entgegen kommen will, die eine digital vernetzte Öffentlichkeit und die Fachwelt stellen, wenn sie ferner ihre Methode der befundorientierten Arbeit offen legen und sich als Fach profilieren will, tut sie gut daran, die Potenziale der digitalen Kartierung einzusetzen und ihre fachspezifischen Beschreibungsroutinen und Fragestellungen bei der Dokumentation und in der Analyse der Baudenkmal zu erläutern. Kartierungen sind ein wichtiger Teil der Fragestellungen und Wissensstände des Faches „Bauforschung“, auf die weder das Fach noch die Denkmalpflege verzichten können.

Jede Kartierung benötigt eine *a priori* erstellte Arbeitsgrundlage, die bezogen auf Baudenkmal in der Regel das Ergebnis eines Aufmaßes ist. Das Auf-



1 Obbach, Altes Schloss, Raum 204, Wand a. Die Fachwerk-Tragkonstruktion der Wand wird durch unterschiedliche Feuchtigkeitsverteilung sichtbar.



2 Obbach, Neues Schloss, Raum 117, Wand a. Die sich im Streiflicht abzeichnende Fachwerk-Tragkonstruktion der Wand wird als Rekonstruktion (oben) direkt in das Photo (unten) kartiert.

maßprodukt kann in unterschiedlicher Form etwa als Strichzeichnung oder photographische Abbildung vorliegen, und als eine seiner Haupteigenschaften besitzt es einen definierten Detaillierungsgrad bzw. eine definierte Auflösung.⁶ Aufgrund der sehr unterschiedlichen denkbaren Detaillierungsgrade ist es nur natürlich, dass manche Aufmaße bereits auch für eine Kartierung relevante Informationen enthalten und andere nicht – eine exakte Grenzziehung zwischen Aufmaß und Kartierung ist also nicht möglich.

In der Regel beinhalten vollständig durch Arbeit vor Ort gewonnene Aufmaße deutlich mehr und zuverlässigere Details als solche, die mit Methoden der Fernerkundung erstellt wurden, für Kartierungen sind aber beide gleichermaßen geeignet. Der Qualität von Kartierungen ist es nicht abträglich, wenn für die zugrunde liegenden Aufmaße aus wirtschaftlichen Gründen die stark technisierten und automatisierten Methoden der Fernerkundung weitaus häufiger eingesetzt werden als die die reine Autopsie nutzenden Methoden.⁷ Durchaus sinnvoll ist dabei die Arbeitsteilung zwischen dem spezialisierten Bauvermesser, der etwa die durch Fernerkundung gut zu erfassenden Bauteilumrisse

aufnimmt, und dem mit seinen Ergebnissen arbeitenden Bauforscher. Zu dessen typischen Leistungen zählt die nachträglich verdichtende Befundeintragung in derartige Aufmaße, nur durch ihn kann die Abfrage bestimmter Aspekte und die Auswahl zusätzlich einzu-messender Details erfolgen, so dass das Aufmaß in eine auf ausgewählte Thematiken fokussierte Kartierung überführt wird.

Zwei beliebig herausgegriffene Beispiele mögen das Potenzial derartiger Befundeintragungen verdeutlichen. Im Alten Schloss Obbach (Abb. 1) stellte sich durch die Beobachtung von Farbveränderungen auf den Innenputzen an kühlen und feuchten Tagen heraus, dass die bisher als Steinbau geltenden Obergeschosse ursprünglich vollständig in Fachwerk errichtet worden waren. Bei einer späteren „Versteinerung“ wurde das Fachwerk im Bereich neu eingefügter Fensterteilungen zwar durchbrochen und bis zum nächsten Ständer abgerissen, doch Schwellen, Rähme, Deckenbalken und Eckverbindungen blieben bestehen. Sie wurden mit Bruchsteinmauerwerk in Lehmörtel neu ausgefacht und verschwanden hinter mehrere Zentimeter starken Putzschichten. In der Kartierung konnten die

verdeckten Fachwerkbauteile natürlich nicht mit der sonst üblichen Genauigkeit erfasst werden, aber für die statische Beurteilung war dieser Blick in die Tiefe der Tragkonstruktion von großer Bedeutung, denn nun musste auch der Lastabtrag des darauf aufsitzenden Dachwerkes neu beurteilt werden.

Eine Standardtechnik der Bauforschung ist weiterhin die Betrachtung von Bauteilen unter Streiflicht. Als Beispiel wird hier eine Innenwand des sog. Neuen Schlosses ebenfalls in Obbach gezeigt, auf der sich im Streiflicht das unter Putz liegende Fachwerkgerüst abzeichnet (Abb. 2). Zusammen mit dem Aufmaß von feinen Rissen konnten so das Konstruktionsraster und selbst die Bauteildimensionen in brauchbarer Näherung ermittelt werden. Neben sekundär zugesetzten Türöffnungen wurden auch Änderungen im Raster deutlich, die zum Teil auf spätere Veränderungen zurückzuführen sind.

Beide Beispiele machen deutlich, wie sehr der Erkenntnisprozess des Bauforschers der Arbeit vor Ort bedarf – ohne den Wechsel von Beobachtungszeitpunkt und Beleuchtung wären hier keine Ergebnisse erzielt worden. Nur vor Ort sind die Einblicke möglich, die ihn dem Ziel näher bringen, Gefüge und Baugeschichte nicht nur von Oberflächen, sondern vor allem auch der darunter liegenden Tragkonstruktionen zu entschlüsseln. Kartierungen enthalten also gezielt verknüpfte geometrische und semantische Daten, die über die Ersterfassung hinausgehen. Vor allem in ihrer digitalen Ausprägung hat die Kartierung ferner eine in hohem Maße vernetzende Wirkung, denn durch die Möglichkeit der Organisation von Informationskategorien in Layern und der Erfassung beliebiger, über geometrische Daten hinaus gehender Zusatzinformationen kann eine unbegrenzte Zahl von Kartierungsthemen basierend auf einer einzigen Plangrundlage erfasst werden. Zusätzlich können interpretierende Inhalte wie etwa Datierungen von Bauteilen eingepflegt werden, um Hypothesen zu prüfen und darzustellen. Auf Knopfdruck können aus diesen Inhalten thematische Karten, d.h. die Hervorhebung bzw. isolierte Darstellung ausgewählter Phänomene erzeugt werden. Der Vorteil der digitalen Kartierung gegenüber der analogen liegt demnach in der Fusionierung heterogener Daten auf der Basis einer gemeinsamen geometrischen Referenz, eben des zugrunde liegenden Aufmaßes, und der Bereitstellung dieser Daten für verschiedene Nutzergruppen. Die digitale Kartierung wird so über ein reines Erfassungswerkzeug hinaus zu einem Mittel zur Generierung und Distribution von Wissen.

Mit den nachfolgenden Beispielen soll dafür geworben werden, digitale Kartierungen verstärkt in die Praxis der Erfassung und Beschreibung von Baudenk-

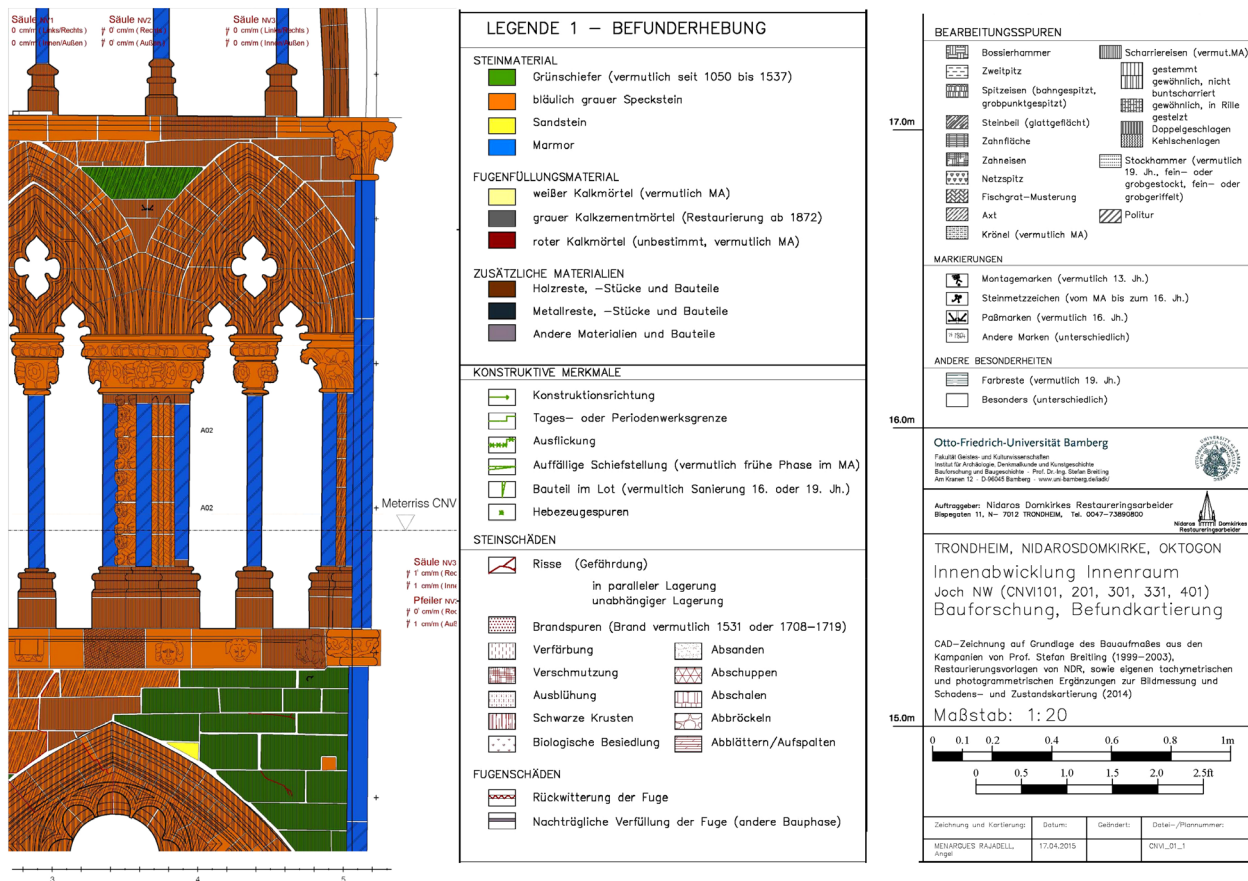
malen sowie in die Planung von Erhaltungs- und Veränderungsmaßnahmen zu integrieren. Anhand sehr unterschiedlicher Anwendungsszenarien werden die Bedeutung und Leistungsfähigkeit, aber auch Schwächen und Grenzen einzelner Kartierungsformate in der Bauforschung und Baudenkmalpflege diskutiert. Neben der Vielfalt der Anwendungen wird dabei zwischen den Zeilen möglicherweise auch deutlich, was der spezifische Beitrag der Bauforschung zu einer zunehmend über die digitalen Medien kommunizierenden Baudenkmalpflege sein könnte.

Es wird die Rede sein von den Versuchen zur ganzheitlichen Kartierung bautechnischer Kriterien, den Vorteilen und Nachteilen der selektiven Kartierung, von geometrischen Analysen und den am ehesten in die Baudenkmalpflege eingeführten Baualterskartierungen als Ergebnissen chronologischer Analysen. Für den Bauerhalt spielen besonders die Beschreibung und Analyse von historischen Tragsystemen und Verformungen sowie materialkundliche Kartierungen eine große Rolle, während für die übergreifende bau- und kulturhistorische Forschung die Erstellung von Verteilungskarten ein typisches Kartierungsformat darstellt.

Ganzheitliche Kartierung bautechnischer Kriterien

Zu den objektivierbaren und nur wenig von individuellen Interpretationen abhängigen Ergebnissen der Bauforschung zählt die Beschreibung und Verortung konstruktiver Merkmale und Zusammenhänge sowie bautechnischer Kriterien in einem Bauwerk. Die Fülle der dabei relevanten Themen soll zunächst an einem Beispiel der Erfassung von Natursteinmauerwerk am Nidaros-Dom im norwegischen Trondheim aufgezeigt werden (Abb. 3). In der gezeigten Legende sind Codierungen vorgesehen, die die Kartierung folgender Kriterien in großer Differenziertheit zulassen:

- Steinmaterial
- Fugenfüllungsmaterial
- zusätzliche Materialien wie Holz oder Metall
- konstruktive Merkmale wie etwa Konstruktionsrichtungen, Ausflickungen, Schiefstellungen, Hebezeugspuren
- Spuren der Oberflächenbearbeitung
- Markierungen wie Steinmetzzeichen oder Passmarken
- unterschiedliche Arten von Stein- und Fugenschäden



3 Trondheim, Nidaros-Dom, Oktogon. Legende der Befunderhebung.

Die Fülle der Kriterien sowie ihre gegenseitige räumliche Überlagerung und Durchdringung verdeutlichen dreierlei:

- 1: eine gemeinsame Darstellung in einem analogen Medium ist in lesbarer Form nicht möglich.
- 2: die flächendeckende Erfassung aller Kriterien, also die ganzheitliche Erfassung ist zumindest für ein Großbauwerk ein Langzeitprojekt und bedarf der kontinuierlichen Fortschreibung.
- 3: die fachlich sichere Ansprache aller Kriterien ist in den meisten Fällen nur in interdisziplinärer Kooperation etwa zwischen Bauforscher und Restaurator zu gewährleisten.

Für alle drei Problemfelder offeriert das Medium der digitalen Kartierung Lösungsmöglichkeiten: Eine gemeinsame Darstellung der genannten Kriterien ist im digitalen Medium zwar in der Regel genauso wenig möglich wie im analogen, aber die Kartierungsinhalte lassen sich immerhin gemeinsam vorhalten. Dazu zählen außer konstruktiven und baugeschichtlichen Aspekten vor allem auch Restaurierungsmaßnahmen mit den dabei verwendeten Techniken und Materialien sowie den zu beobachtenden Patinierungen, Verwitte-

rungen und Schäden. Der digitale Plan bzw. das digitale Planwerk mit den auf unterschiedlichen Layern abgelegten und von dort abrufbaren Kartierungsthemem wird so zu einem Gebäudeinformationssystem. Die Möglichkeiten des Filterns und Auswählens der dargestellten Informationskategorien erlauben es, sich ohne großen Aufwand über die kartierten Merkmale einen jeweils auf die aktuelle Fragestellung zugeschnittenen Überblick zu verschaffen. Erst eine derartige Datenbasis gestattet es, nachhaltige, denkmalgerechte und materialgerechte Erhaltungsstrategien auf einer belastbaren Grundlage zu konzipieren und umzusetzen.

In der Praxis sind allerdings bislang nur wenige Institutionen und Eigentümer in der Lage, derartige umfangreiche koordinierte und kontinuierlich fortgeschriebene Planwerke vorzuhalten. Ist dies nicht der Fall – und das ist eher die Regel als die Ausnahme – müssen Kartierungen oft „bei Null“ ansetzen, weil bereits erhobene Daten und erworbenes Wissen nicht oder nicht für alle Beteiligten zugänglich sind, weil Beobachtungen und Restaurierungsmaßnahmen zwar beschrieben aber nicht in Plänen

verortet wurden oder weil zwar Pläne vorhanden sind, sich diese aber wegen eines fehlenden geodätischen Bezugssystems oder fehlender Vermarkung eben eines solchen Systems schlichtweg nicht übereinander legen lassen. Um das letztgenannte Problem zu lösen, bietet sich die in der Archäologie und den Geowissenschaften schon lange übliche Georeferenzierung aller Planwerke an, die in der Bauforschung und Baudenkmalpflege noch kaum eingeführt ist.

Nicht aus Zufall stammt das hier gezeigte Beispiel daher von einer an einem großen Kirchenbau tätigen Bauhütte. Die Notwendigkeit des permanenten Unterhalts hat für viele derartige Großbauten zur Einrichtung von Bauhütten geführt, die „ihr“ Bauwerk teilweise schon seit dem 19. Jh. kontinuierlich betreuen. In diesen Institutionen ist mittlerweile die Notwendigkeit erkannt worden, alle in der Vergangenheit erfassten und in der Zukunft noch zu erhebenden Daten auf eine einheitliche Referenzgrundlage zu stellen, um die durch die Digitalisierung in Reichweite gerückte Datenfusion auch tatsächlich umzusetzen. Die Schaffung der einheitlichen Referenz betrifft dabei nicht nur die Geometrie, d.h. das geodätische Bezugssystem, das vergleichsweise einfach herzustellen ist. Vor allem betrifft es die Kategorisierung und Codierung der zu beschreibenden Merkmale zur Erzielung von inhaltlicher Konsistenz. Um dieses Ziel zu erreichen, sind einheitliche Terminologiesysteme und standardisierte Legenden ein wichtiger Baustein. Die Funktion der Legenden geht dabei weit über ihre primäre Funktion der Erläuterung von Planinhalten hinaus, denn sie sind gleichzeitig ein Abbild der Kategorisierung und Benennung von Merkmalen. Sie beschreiben also nicht nur die in einem einzelnen Plan auftretenden Merkmale, sondern dienen als ständig wachsender Wissensspeicher der an einem Bauwerk überhaupt auftretenden und zusätzlich als relevant erkannten Kriterien. In diesem Sinne repräsentieren sie bauforscherisches Methodenwissen und spiegeln die Standards wider, die sich in der historischen Bauforschung für die Erfassung und Untersuchung bestimmter Gebäude-, Bauteil- und Konstruktionstypen etabliert haben. Die ständige Anpassung von Legenden ist somit Teil der sich stets weiter entwickelnden Fachmethodik.

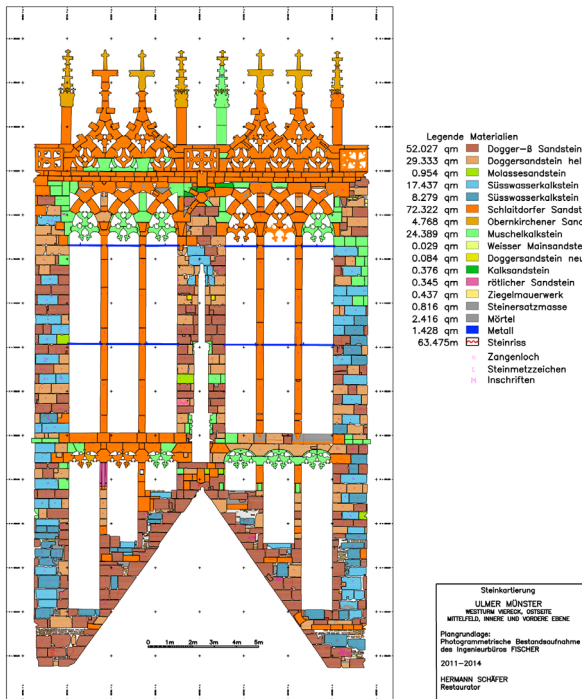
Der fachlich gut begründbare Wunsch nach ganzheitlichen Kartierungen lässt sich in der Praxis nur selten verwirklichen. Die Gesamtheit aller für ein Bauwerk als kartierungsrelevant erkannter Kriterien kann in der Regel nicht gleichzeitig und nicht in identischer Intensität erfasst werden. Unterschiedliche Fragestellungen, wechselnde Bearbeiter und Nutzer, Abstimmungsschwierigkeiten und nicht zuletzt begrenzte finanzielle und personelle Ressourcen verhindern in

der Regel ganzheitliche Kartierungen. Etabliert haben sich dagegen kummulative Lösungen, bei denen sich projekt- oder maßnahmeorientiert entstandene, also selektive Kartierungen ansammeln und gleichsam wie Schichten einer stratigraphischen Sequenz übereinander ablagern. Durch die Wahl des digitalen Mediums kann sichergestellt werden, dass sich diese Kartierungen nicht nur auf eine gemeinsame geometrische Referenz beziehen, sondern auch verlustfrei allen Beteiligten zur Verfügung gestellt werden können, womit auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit vereinfacht wird.

Selektive Kartierung bautechnischer Kriterien

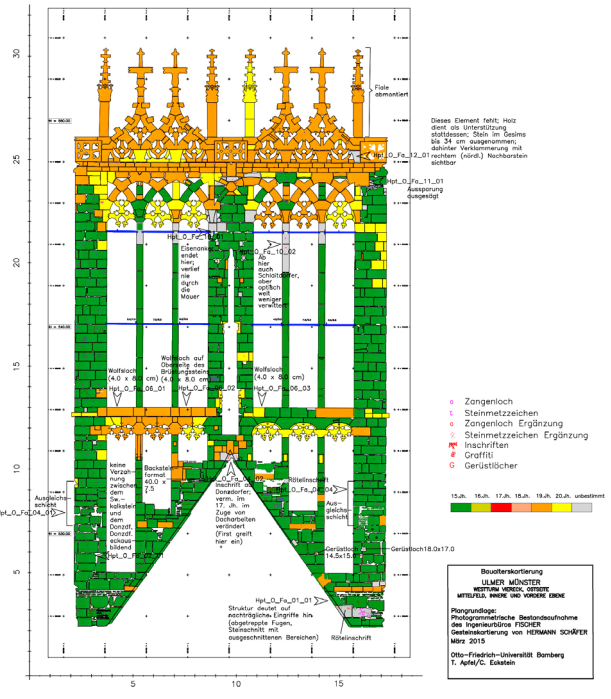
Beispielhaft für solche Projekte, in denen sich selektive Kartierungen im Laufe der Zeit ergänzen, sei hier eine Kartierung am Westturm des Ulmer Münsters vorgeführt (Abb. 4 und 5). Hier sind von den in Abb. 3 genannten Kriterien zunächst das Stein- und Fugenfüllungsmaterial (Abb. 4), später auch die Steinmetzzeichen, die Zangen- und – sofern sichtbar – die Wolfslöcher durch einen Restaurator sowie durch Bauforscher erfasst worden (Abb. 5). Als zusätzliches Merkmal kommen Gerüstlöcher hinzu. Es handelt sich also um selektive Kartierungen, die auch in ihrer Summe noch keine ganzheitliche Kartierung ergeben. Von entscheidender Bedeutung für deren Aussagekraft und damit Sinnhaftigkeit ist natürlich die Auswahl der kartierten Kriterien. Wie deren Festlegung zu erfolgen hat, ist einerseits von der Fragestellung, in besonderem Maße aber vom methodischen und inhaltlichen Wissensstand der Bearbeiter abhängig und lässt sich daher nicht pauschalisieren. Ertragreiche und zuverlässige Bauforschung entsteht aus der gedanklichen Vernetzung von Indizien, der Bildung von Hypothesen und deren ständiger Prüfung. Eine zu schnelle Konzentration auf ausgewählte Phänomene erschwert die Wahrnehmung und Würdigung anderer Merkmale, so dass der Vorwurf, selektive Kartierungen würden oft nur vorgefertigte Meinungen bestätigen, sicherlich zu Recht besteht. Auch selektive Kartierungen bedürfen daher der ständigen Prüfung ihres Kriterienkataloges, der ggf. erweitert oder auch reduziert werden kann.

Wie mit nur drei ausgewählten Kriterien zuverlässige Aussagen mit vertretbarem Aufwand zu erzielen sind, zeigt das genannte Kartierungsbeispiel (Abb. 4 und 5). Die simultane Betrachtung dieser wenigen Merkmale führte zu einer erstaunlichen Neubewertung des Bestandes: An diesem Kirchenbau galt es lange als gesichert, dass die Verwendung eines groben



4 Ulm, Münster, Westturm. Steinsortenkartierung.

Sandsteins, des sog. Schlahtdorfers, ausschließlich im 19. Jh. erfolgte. Die Steinsortenkartierung galt daher nicht nur für restauratorische Belange als zielführend, sondern auch für die Unterscheidung mittelalterlicher Bausubstanz von den Restaurierungen des 19. Jhs. (Abb. 4). Die Hinzunahme der Steinmetzzeichen und Zangenlöcher ergab nun, dass diese jeweils gemeinsam auf vielen Schlahtdorfer Steinen vorkommen, dass viele dieser Steine aber auch keinerlei Zeichen und Zangenlöcher haben. Offenbar wurde das gleiche Steinmaterial unter sehr unterschiedlichen baubetrieblichen Rahmenbedingungen verwendet. Von einer weiteren Varietät, dem sog. Obernkirchner Sandstein, war aus Quellen ebenfalls bekannt, dass er im 19. Jh. verwendet wurde. Die Kartierung zeigte, dass auf diesen Steinen weder Steinmetzzeichen noch Zangenlöcher auftreten. Daraus konnte der Schluss gezogen werden, dass im 19. Jh. am Ulmer Münster weder Steinmetzzeichen noch Zangenlöcher verwendet wurden und diese sich folglich auf den mittelalterlichen Bestand beschränken. Diese Erkenntnis schärfte den Blick für weitere Unterschiede innerhalb der Gruppe der Schlahtdorfer Steine, denn auch die mit den Zeichen und Zangenlöchern vergesellschaftete Oberflächenbearbeitung fand sich nicht mehr auf den im 19. Jh. eingebauten Steinen der gleichen Varietät. Mit diesem Ergebnis konnte ein nur aus Quellen bekannter mittelalterlicher Steinbruch verknüpft werden, der in räumlicher Nähe zu dem im

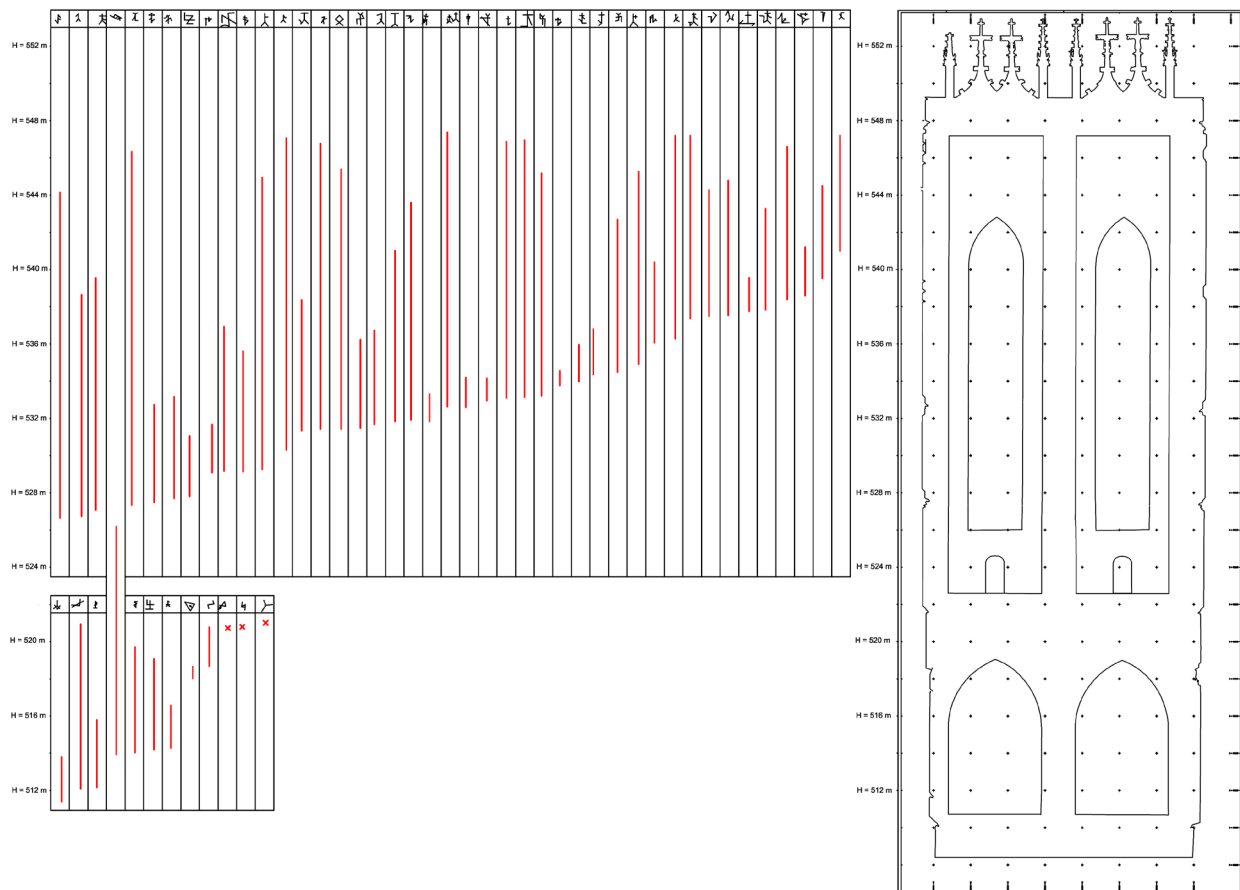


5 Ulm, Münster, Westturm. Kartierung bauforscherischer Befunde und Baualtersplan.

19. Jh. genutzten Bruch bei Schlahtdorf liegt und somit eine enge geologische Verwandtschaft aufweist.⁸

Die Kartierung von nur zwei zusätzlichen Kriterien über das Steinmaterial hinaus machte also in diesem Beispiel darauf aufmerksam, dass ein bislang als gesichert geltendes und ausschließlich angewendetes Unterscheidungsmerkmal zu differenzieren ist. Betont sei, dass die Kartierung nur darauf aufmerksam machte und die Hypothesenbildung anregte, dass aber zur Absicherung des Ergebnisses noch weitere Kriterien wie beispielsweise die Oberflächenbearbeitung hinzugezogen werden mussten. Das Ulmer Münster hat heute deutlich mehr mittelalterliche Originalsubstanz als noch vor dieser Kartierung, wie abschließend auch durch einen Baualtersplan visualisiert wurde, der stellenweise stark von der reinen Steinsortenkartierung abweicht (Abb. 4 und 5). Der Mehraufwand gegenüber der reinen Materialkartierung hielt sich in Grenzen, während der Mehrwert beachtenswert ist.

In jeder Kartierung können Kriterien enthalten sein, die durch ihre alleinige Eintragung in einen Plan nicht ausreichend erfasst sind. An dem in Abb. 5 gezeigten Beispiel vom Westturm des Ulmer Münsters gehören dazu die Steinmetzzeichen, die über ihre lagerichtige Eintragung hinaus in einem gesonderten Katalog zu erfassen sind, der vor allem die zeichnerische Darstellung in 1:1 und die photographische Abbildung gestattet. Spätestens hier erfolgt die Definition von



6 Ulm, Münster, Westturm. Graphische Auswertung der Steinmetzzeichen mit Höhenkennzeichnung des ersten und letzten Vorkommens der häufigsten Zeichen. Auf Höhe 524 m ü. NN ist ein Wechsel der Zeichentypen erkennbar.

Gruppen und Typen innerhalb der Steinmetzzeichen. Das digitale Kartierungsmedium gestattet es aber auch, die Typdifferenzierung wiederum in der Layerstruktur der Kartierung abzubilden. Dadurch sind farbcodierte Verteilungskarten ausgewählter Typen vor dem Hintergrund beliebig ein- oder auszublendender Architekturdetails schnell erstellt. In dem vorliegenden Beispiel wurde der Kartierung zusätzlich eine abstrahierende, tabellarische Darstellung zur Seite gestellt (Abb. 6), aus der das Auftauchen und Verschwinden von Steinmetzzeichen innerhalb des Aufmauerungsprozesses klar hervorgeht. Beispielsweise zeichnet sich darin eine eindeutige Grenze zwischen zwei Gruppen von Steinmetzzeichen ab, an der sich alle Typen bis auf einen ändern und die eine horizontale Baunaht bei der Errichtung des Turmes zweifelsfrei belegt.

Gegenüber dem Baumaterial Naturstein müssen die Kartierungskriterium bei Backsteinarchitektur leicht modifiziert werden, wofür hier die Kartierung eines der Chorpeiler ebenfalls am Ulmer Münster stehen soll (Abb. 7). Als Materialien sind hier nur Backstein, Naturstein und Eisen in jeweils eigenen Layern diffe-

renziert, so dass eine klare farbliche Unterscheidung leicht eingestellt werden kann. Bereits diese einfache Codierung gestattet es, auf einen Blick Aussagen über die Verteilung der Baumaterialien zu treffen, beispielsweise dass Backstein hier nur für einfaches Mauerwerk und nicht für Schmuckformen verwendet wird. Eine weiter führende Interpretationshilfe ist die durch Schraffur erfolgte Hervorhebung der Binder im Backsteinverband, die Einfärbung von Sonderformaten und geschroteten Ausflickungen sowie die Kenntlichmachung von offenen oder geschlossenen Gerüstlöchern durch Auskreuzen.

Zwingend sind auch Backsteinmaße in unterschiedlichen Höhen und Bereichen zu erfassen. Wenn auch für die Feststellung von Konstruktionszusammenhängen für gewöhnlich bereits die Höhe der Steine signifikant ist, ist für die Unterscheidung unterschiedlicher Produktionsreihen die Volumenerfassung unerlässlich, selbstverständlich im Mauerwerkskatalog ergänzt durch weitere material- und herstellungstechnische Parameter, die auch photographisch festzuhalten sind. Für jeden Bereich muss zudem eine ausreichende Zahl

von Steinen erfasst werden, um eine Einschätzung der in einer Bauphase typischen Varianz und Maßhaltigkeit zu ermöglichen. In der Kartierung sollten die vor Ort genommenen Maße direkt in den jeweiligen Steinumriss eingetragen werden, um die Grundlage der Formatbestimmungen offen zu legen und so dem wissenschaftlichen Standard der Nachvollziehbarkeit zu entsprechen. In keinem Fall sollte man sich bei derartigen Formatbestimmungen auf das nachträgliche Abgreifen der Maße aus Zeichnungen verlassen, denn hier stoßen selbst Aufmaße für große Maßstäbe wie 1:20 bezüglich der Messgenauigkeit an ihre Grenzen.⁹

Die Erfassung und Hervorhebung der genannten Kriterien vermittelt schnell einen fundierten Eindruck vom Bauablauf, von Verlegerichtungen und Konstruktionsgrenzen. Die Anzahl der in einem Arbeitsgang versetzten Steine, Tagewerke, Ausgleichs- oder Binder-schichten, das Vorgehen bei Anschlüssen, die Orientierung an bestimmten Kanten und die Einhaltung von Achsen oder Positionsmarkierungen werden auf einen Blick sichtbar. Darüber hinaus sollten bautechnische, baugeschichtliche oder erhaltungsrelevante Sonderbefunde lagerichtig eingetragen und entweder durch direkte Annotation oder durch Befundnummern, die auf den Mauerwerkskatalog verweisen, beschrieben werden.

In dem hier vorgestellten Beispiel (Abb. 7) ist ferner die Neigung vieler Horizontalfugen aufgefallen, die daraufhin systematisch mit Hilfe von Pfeilen kartiert wurde. Diese machen deutlich, dass innerhalb eines Produktionsabschnittes die Steinlagen in unterschiedliche Richtungen Gefälle aufweisen und dass unterschiedliche Abschnitte in verschiedenen Richtungen geneigt sind. Die Korrelation zwischen Neigungsrichtungen und Bauabschnitten und das gleichzeitige Fehlen von Setzungsrissen zeigen, dass es sich nicht um das Ergebnis einer Setzung des Gesamtsystems „Chorpfeiler“ und auch nicht um eine nachbauzeitliche Verformung handelt, sondern um das bereits während der Bauphase eingetretene Resultat eines schnellen Aufmauerns mit viel Mörtel und geringen Abbindezeiten. Diese Erkenntnis hat nicht nur Relevanz für die historische Bautechnik sondern auch für den Bauunterhalt, denn sie gestattet die Bewertung der Dynamik von Verformungen an diesem Bauwerk, die für Maßnahmenplanungen stets wichtiger ist als die reine Feststellung von Verformungen als Momentaufnahme.

In dieser Kartierung wurde das – in der ganzheitlichen Legende vom Nidaros-Dom bereits angelegte – Kriterium der Schiefstellungen erst im Laufe der Kartierungsarbeit als relevant erkannt. Sie ist somit auch ein Beispiel, wie die Kriterienkataloge selektiver



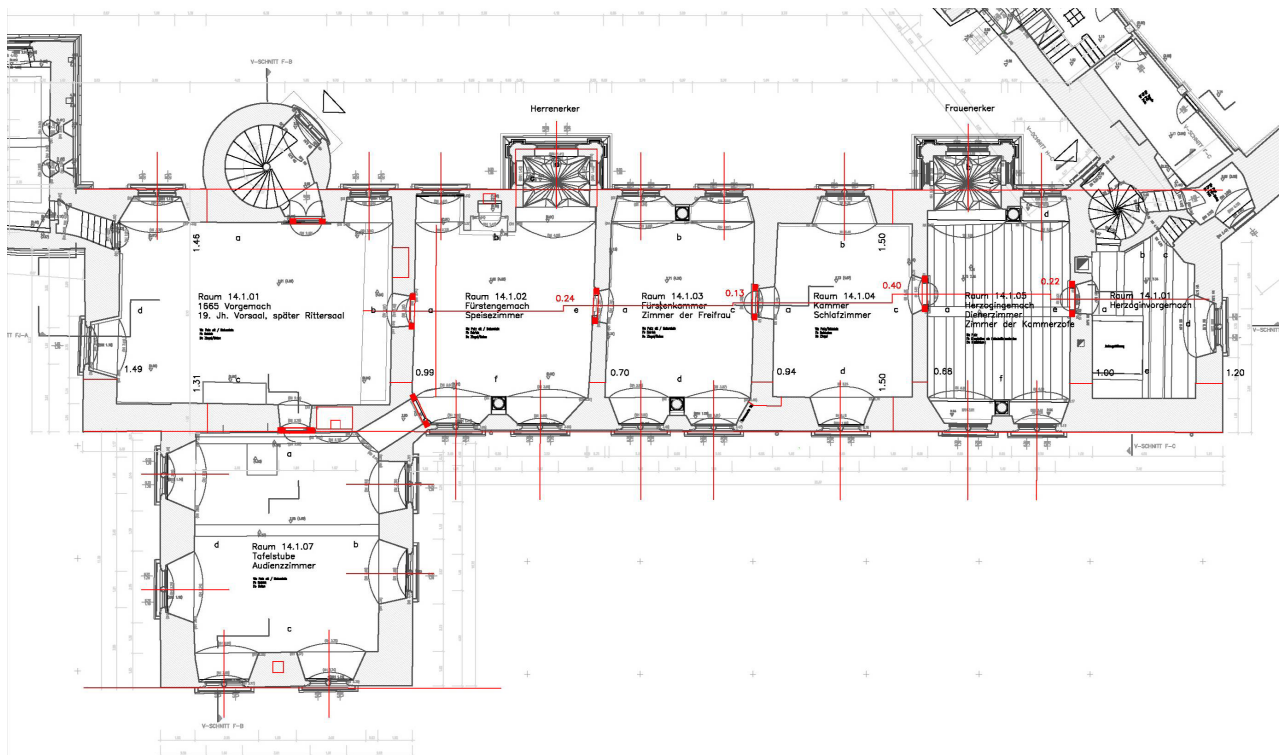
7 Ulm, Münster, Chor, Pfeiler N2. Abwicklung mit Umzeichnung des Backsteinmauerwerks, zusätzlich Markierung der Binder, Flickstücke und Neigungen (Ausschnitt).

Kartierungen im Laufe der Arbeit zu adaptieren sind, um wichtige Erkenntnisfortschritte zu erzielen.

Die hier nur für den Natur- und Backsteinbau vorgestellten Kriterienkataloge für Kartierungen lassen sich in den Kategorien Material, Gefüge, Herstellungstechnik und Zustand auch auf andere Bauweisen übertragen. Im Holzbau sind wichtige Erfassungskriterien beispielsweise die Holzarten, Bauteildimensionen, Verbindungen und Gefügeknoten sowie Abbundzeichen und sonstige Markierungen, ferner natürlich Spuren des Herstellungsprozesses wie Floßnägel und Oberflächenbearbeitungen.

Geometrische Analysen

Die bislang vorgestellten Kartierungen haben bautechnische Merkmale in den Mittelpunkt der Betrachtung gerückt, doch die in der Denkmalpflege gebräuchliche genaue Vermessung eines Baudenkmals enthält für den Bauforscher auch eine Fülle von Informationen über baukulturelle Aspekte, über die einem Entwurf zugrunde liegenden Maßsysteme und Konstruktionsprinzipien sowie über gestalterische Besonderheiten und Hierarchisierungen. Nicht zuletzt das Verhältnis



8 Veste Heldburg, Französischer Bau, Grundriss mit eingetragenen Achsbezügen der Türen und Fenster.

von Entwurf und Ausführung gewährt spannende Einblicke in die Absichten von Bauherren und Architekten. Zwar ist die Metrologie als Teildisziplin der Bauforschung nach einigen verstiegenen zahlensymbolischen Mystifizierungen und Spekulationen zu recht etwas aus der Mode gekommen, dennoch fragt man sich bei manchen Monographien und Projektberichten über vornehmlich nachantike Baudenkmäler, wieso der hohe Aufwand der zentimetergenauen Vermessung nicht ausführlicher für die Beschreibung und damit auch Würdigung der Zeugnis- und Denkmaleigenschaften der Objekte herangezogen wird. Die direkte Nutzung der digitalen Grundvermessung mit der ihr innewohnenden Vermessungs- und Darstellungsgenauigkeit bietet optimale Voraussetzungen für geometrische Analysen. Beispielsweise sind Achsbezüge und Bogenmittelpunkte in weit größerer Genauigkeit und stets auch unter Einbeziehung der ihnen innewohnenden Unschärfen zu ermitteln als es auf der Basis analog publizierter oder rein händisch gemessener Pläne möglich wäre.

Als Beispiel für eine solche analytische Kartierung soll hier der Grundriss des Hauptgeschosses im sog. Französischen Bau auf der Veste Heldburg dienen, der ein Glanzstück des protestantischen Schlossbaus aus der Mitte des 16. Jhs. darstellt (Abb. 8). In rot sind hier mögliche Achssysteme eingetragen, aus denen sich die

Determinanten des Entwurfs, beispielsweise eine Proportionierung der Raumgrößen oder die weitgehend von innen nach außen entwickelten Raumgrundrisse und Fensteranordnungen unter Verwendung maßlich gleicher „Standard-Ausstattungs-elemente“, ablesen lassen. Schiefwinklig von der Außenwand abgehende Binnenwände, unregelmäßige Übergänge zwischen den Wänden und Fensternischen sowie wenig einheitliche Nischengrundrisse zeigen, dass die konkrete Umsetzung der Entwurfsgedanken nicht detailliert vorgeplant war, sondern den Bauleuten vor Ort überlassen wurde. Diese Vorgehensweise wirkte sich offenbar auch auf die Anordnung der Verbindungstüren zwischen den Räumen aus: Die durch den Rohbau festgelegten Positionen und Dimensionen von Erkern, Doppelfenstern, Säulen, Kaminzügen und Öfen führten dazu, dass die Achsen der Türöffnungen um bis zu 46 cm verspringen, die „Enfilade“ wurde also nicht eingehalten.

Sehr wichtig war es dem Entwurfsverfasser und dem Bauherren, die geschmückte und sowohl konstruktiv wie auch ornamental aufwendiger gestaltete Türseite in der hierarchischen Relation der Räume zueinander immer so anzuordnen, dass sie auf der von der Nutzung und Wertigkeit der nutzungsberechtigten Personen her wichtigeren Seite lag. So wenden sich die Schauseiten der Türen der Herrenstube alle nach innen, die Rückseiten sind den Vorsälen zugewandt.

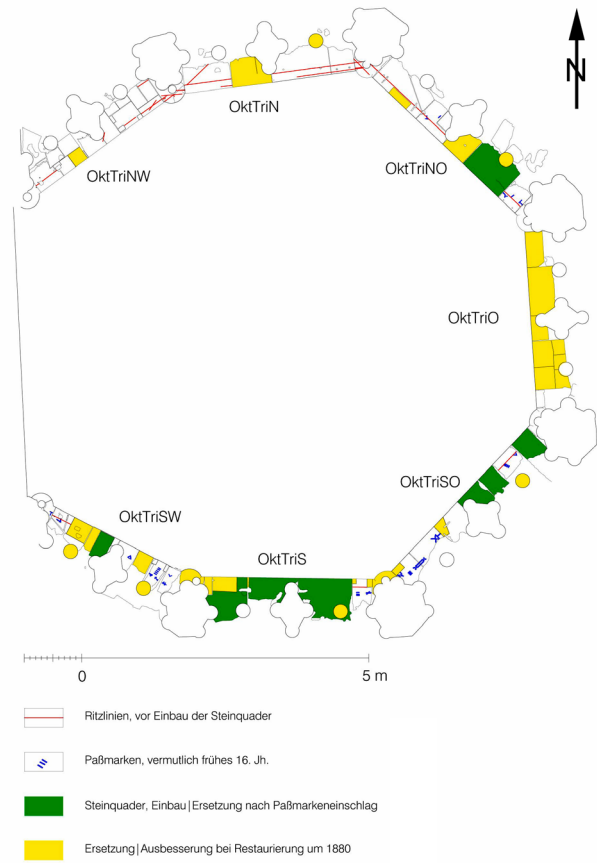
Die Frauenkammer ist nicht nur kleiner als die Herenstube, sondern sie muss auch eine Tür-Schauseite an diese abgeben. Die Analyse macht deutlich, wie die Vorgaben des Zeremoniells und der täglichen Nutzung ihren Niederschlag in der baulichen Umsetzung finden.

Die Feststellung derartiger Unregelmäßigkeiten und Eigenarten sind die Voraussetzung dafür, dass ihr besonderer kulturhistorischer Denkmalwert festgestellt und bei Umbau- und Erhaltungsmaßnahmen berücksichtigt wird. Die direkte Eintragung dieser Analysen in die bauhistorischen Layer der Plansätze, die auch für die Maßnahmenplanung und Gebäudeverwaltung verwendet werden, garantiert, dass das Wissen des Bauforschers verbreitet wird und zur Beantwortung denkmalpflegerischer Fragestellungen allen Beteiligten auch zur Verfügung steht.

Chronologische Analysen: Bualterskartierungen

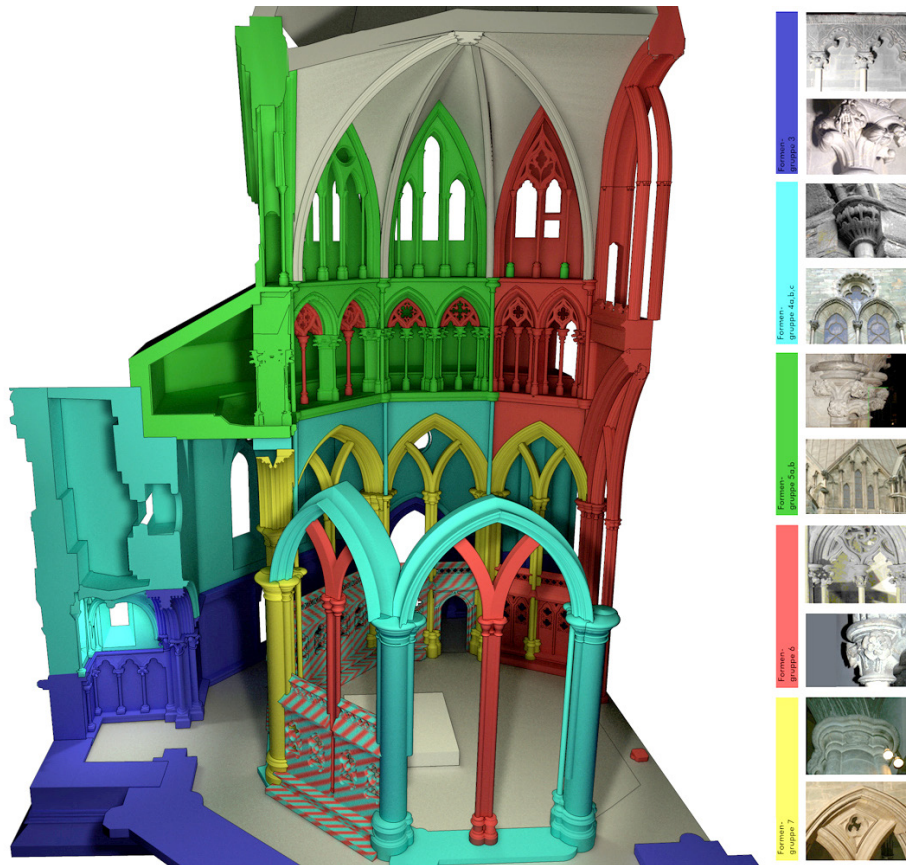
Ein sehr gängiges und oft abgefragtes Ergebnis einer bauhistorischen Untersuchung ist der sog. Bualtersplan, dessen Bedeutung für die Dokumentation eines Wissensstandes dadurch unterstrichen wird, dass er unter den Kartierungsformen die einzige ist, die gerne in baugeschichtliche Publikationen übernommen wird.¹⁰ In ihm wird mindestens die relativ-, besser aber die absolutchronologische Stellung eines Bauteils oder einer Gruppe von Bauteilen durch Schraffur oder Einfärbung gekennzeichnet, wobei im Idealfall allen Bauteilen eines Bauwerkes ein Datum oder ein Zeitraum ihrer Entstehung zugewiesen wird. Ein solcher Plan ist stets das interpretierende Ergebnis aller vorausgegangenen Untersuchungen, d.h. auch vorausgegangener Kartierungen, er stellt also eine sich aus unterschiedlichen Quellen speisende Synthese dar.

In den ersten beiden Beispielen dazu werden zunächst keine vollständigen Bualterspläne vorgestellt, sondern es soll lediglich auf die Erkenntnismöglichkeiten hingewiesen werden, die sich aus der partiellen Hinzunahme chronologischer Informationen für ausgewählte Bauteile ergeben können (Abb. 9 und 10). Am Oktogon des Nidaros-Domes in Trondheim fallen auf den Gesimsplatten, die die Vorderkante des Triforium-Grundrisses bilden, die in Abb. 9 roten Ritzlinien und die blau markierten Passmarken auf. Die Ritzlinien laufen zum Teil unter den Pfeilern der Triforiums-Arkaden durch und bereiten offenbar den Aufbau des Triforiumsgeschosses vor, sie sind also noch dem Ursprungsbau zuzuordnen, der hier in das 13. Jh.



9 Trondheim, Nidaros-Dom, Oktogon, Grundriss des Triforiums mit Befundkartierung.

zu datieren ist. Es fällt aber auf, dass die Ritzlinien auf keinem Gesimsabschnitt vollständig durchlaufende Systeme bilden und dass sie nur im Osten und Süden mit Passmarken vergesellschaftet sind. An den Passmarken fällt auf, dass sie an einigen Fugen aus zwei zu beiden Seiten der Fuge angeordneten spiegelbildlichen Gegenstücken bestehen, an anderen Fugen aber kein Gegenstück haben. Durch Vergleich des Bestandes mit historischen Photographien konnten in einem weiteren Schritt Gesimsbauteile identifiziert und in Gelb markiert werden, die bei einer Sanierung um 1880 neu versetzt worden waren. Diese Blöcke tragen keine Ritzlinien, deren mittelalterliche Herkunft also weiterhin Bestand hat, die Blöcke tragen aber auch keine Passmarken, die damit ebenfalls vor 1880 zu datieren sind. Es verbleiben allerdings noch weitere Gesimsstücke, die weder Ritzlinien noch Passmarken tragen, sie sind in Grün markiert. Da Passmarken ohne benachbartes Gegenstück sowohl an Fugen zwischen nicht eingefärbten und gelben als auch an nicht eingefärbten und grünen Gesimsstücken auftreten, müssen auch die grün markierten Blöcke einer sekundären Bauphase entstammen. Tatsächlich wurden die südlichen und die

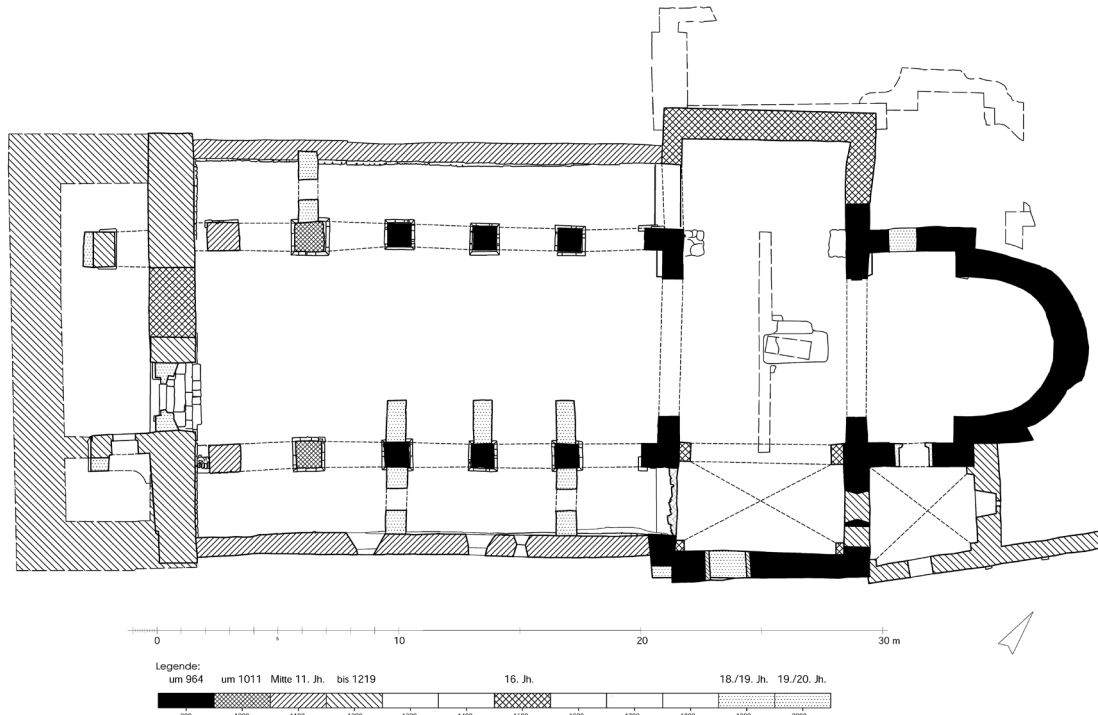


10 Trondheim, Nidaros-Dom, Oktagon. 3D-Kartierung der Bereiche mit ähnlichen Detailformen.

östlichen Joche im 16. Jh. aufgrund von Brandschäden abgebaut und wieder neu errichtet. Dazu wurden die gut erhaltenen mittelalterlichen Blöcke zunächst mit Passmarken markiert und anschließend gemeinsam mit neu geschlagenen Ersatzsteinen wieder versetzt.¹¹ Das Beispiel zeigt, wie eine externe Informationsquelle – in diesem Fall historische Photographien – in Kombination mit bautechnischen Beobachtungen zur Bestimmung des Baualters einzelner Bauteile führen kann.

Am selben Bauwerk wurde in Abb. 10 das Ergebnis stilistischer Untersuchungen von Bauformen und -ornamentik kartiert, hier wurden also ausschließlich Informationen aus externen Quellen hinzugezogen und keine bauforscherischen Befunde dargestellt. Diese Vorgehensweise und die Darstellung als interaktiv bewegliches, dreidimensionales Modell führen natürlich zu einem Ergebnis, das keine objektivierbare denkmalkundliche Beschreibung mehr ist, da Unschärfen der stilistischen Zuweisungen und ihrer Geltungsbereiche sowie die für jedes 3D-Modell notwendige Generalisierung des Bestandes in der Folge nicht mehr nachvollzogen werden können. Dafür regt die Darstellungsform in hohem Maße zur Entwicklung neuer Interpretationen an und bietet eine

Diskussionsgrundlage, in der räumliche Zusammenhänge und damit die sich für die Bauentwicklung ergebenden Konsequenzen aus bestimmten Gedankenmodellen schnell und umfassend überprüft werden können: Die deutliche Grenze zwischen den blauen und grünen Bereichen einerseits und den rot eingefärbten Bereichen andererseits bestätigt eine zur Baugeschichte des Domes geäußerte Theorie, die sich allein durch bautechnische Beobachtungen nicht hätte verifizieren lassen. Nach dieser Theorie wäre im späten 12. Jh. der Hochchor mit einem 5/8-Schluss errichtet worden, und in einer späteren Phase entstanden die Kapellenaufbauten und die Arkadenzone des Binnenchores sowie in der Folge die Triforien und Obergaden. Um 1250 entstand der nach Westen anschließende – hier nicht dargestellte – Langchor. In die Jahre um 1310 wird dann die Schirmwand zwischen dem Hoch- und dem Langchor datiert, die hier rot eingefärbt ist. Sie veränderte die Gesamtsituation nachhaltig und griff offenbar tief in die bereits bestehenden östlichen Bauteile ein. Durch die Einfügung zweiter zusätzlicher, nach innen gerichteter Binnenjoche entstand das berühmte Oktagon als Verehrungsort für den heiligen Olaf. Um die im Vergleich schlichtere ältere Archi-



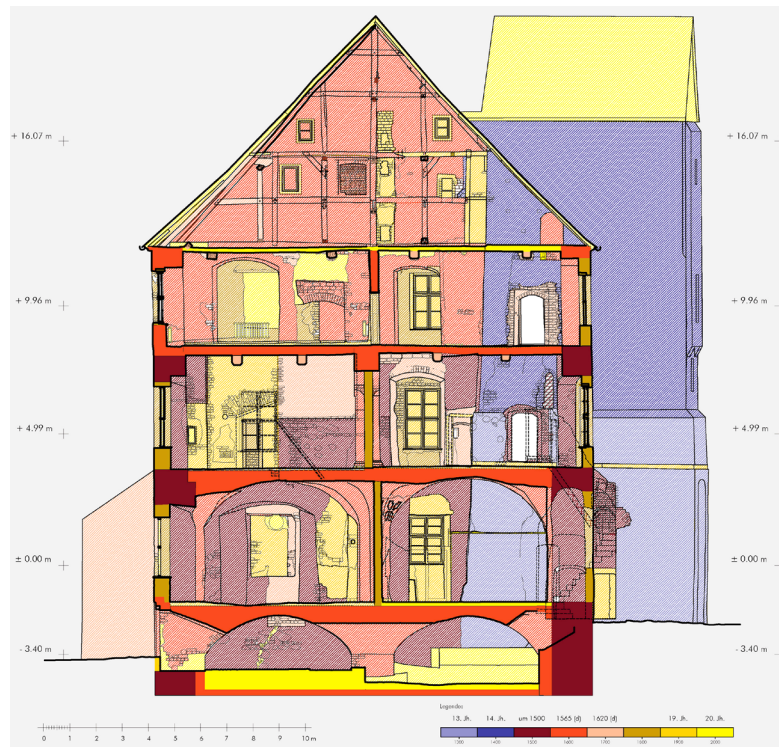
11 Walbeck, Stiftskirche. Grundriss mit Bualterskartierung.

tektur aufzuwerten und um den inneren Hochchor mit dem Schrein des heiligen Olaf gegenüber dem Umgang besser abzugrenzen, wurden in derselben Bauphase in die Arkaden sekundäre Pfeiler und eine zweibogige Teilung eingeführt, eine Schrankenwand errichtet und die Triforien mit reichen Maßwerken ausgestattet (rote Einfärbung). In der Darstellung wird weiterhin sichtbar, wie sich die in Abb. 9 abzeichnende Veränderung der Gesimszone im 16. Jh. im Gesamtzusammenhang auswirkte. Nach dem Brandschaden des 16. Jhs. mussten bei Ab- und Wiederaufbau der südlichen und östlichen Joche offenbar tragende Teile der Arkadenzone ersetzt werden.

Um von einem Bauwerk vollständige Bualterspläne anlegen zu können, in denen für jedes Bauteil der aktuelle Kenntnisstand über seine chronologische Stellung dargestellt wird, müssen als Plangrundlage mindestens die Grundrisse vorliegen. Nur in Grundrissen sind alle Bauteile und Räume gleichermaßen erfasst, Vertikalschnitte dagegen sind aufgrund ihrer ausgewählten Schnittführungen nur eine sinnvolle Ergänzung, sollten aber nie als alleiniges Medium der Bualterskartierung verwendet werden. Traditionell werden in derartigen Plänen die ältesten Bauteile dunkel und die jüngsten hell oder nur mit einer Umrisslinie markiert, wodurch erstere stark hervorgehoben werden, letztere aber optisch zurücktreten (Abb. 11).

Diese grundsätzliche Wertung durch Hervorhebung hat ihren Ursprung in einer – heute deutlich differenzierter gehandhabten – Auffassung vom Baudenkmal, nach der der Ursprungsbau und insgesamt die ältesten baulichen Zeugnissen mehr Aufmerksamkeit verdienen als die Umbaugeschichte. Sind die Pläne für eine Vervielfältigung oder Publikation in Schwarz-Weiß vorgesehen, werden die dazwischen liegenden Phasen durch Grauwerte symbolisiert, die drucktechnisch als Schraffuren oder Raster mit unterschiedlichen Linienabständen und -mustern erzeugt werden. Die Anzahl der auf diese Art optisch noch gut zu differenzierenden Phasen ist allerdings limitiert, so dass die oftmals weit kleinteiligere und differenziertere Realität der geschichtlichen Entwicklung auf wichtige, umfangreiche Entwicklungsschritte reduziert werden muss.

Seitdem der farbige Buchdruck deutlich preiswerter geworden ist und die Erstellung farbiger Planausdrucke für Projektberichte keinen besonderen Aufwand mehr darstellt, haben farbige Codierungen die Graustufen Darstellungen in Bualtersplänen abgelöst, so dass man deren größere Variationsmöglichkeiten nutzen kann (Abb. 12). Der schon für die Graustufenpläne geltende Grundsatz, dass dunkle Farbtöne für die ältesten und helle für die jüngsten Baureste verwendet werden, wurde auf die farbigen Darstellungen übertragen. Für die Farbauswahl und -abfolge gilt in der Bauforschung



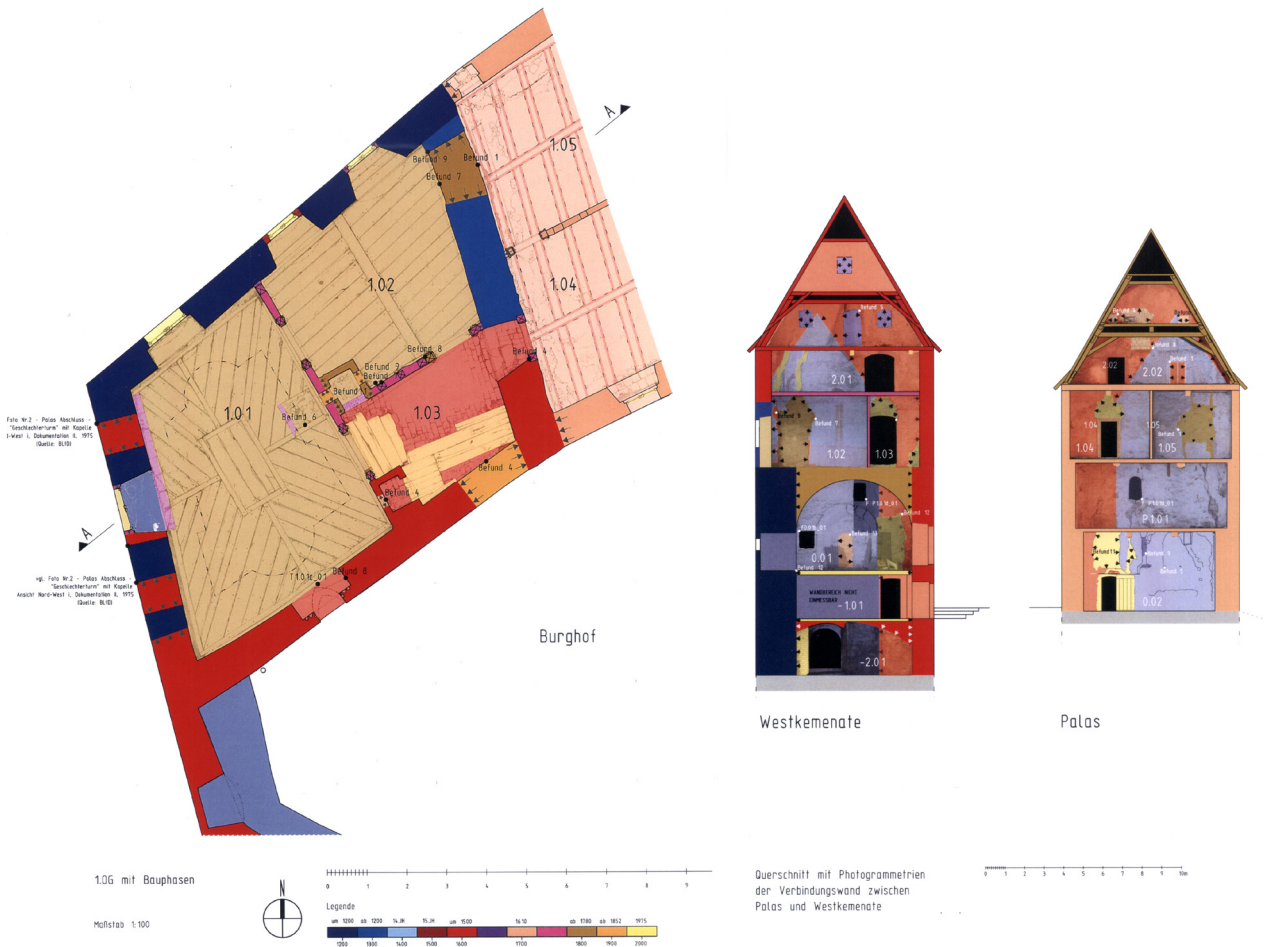
12 Freyenstein, Neues Schloss. Querschnitt nach Nordosten mit Baualterskartierung.

als Quasi-Standard die vom baden-württembergischen und dem bayerischen Landesamt für Denkmalpflege propagierte Farbskala, die ausgehend von violetten Farbtönen über blaue, grüne und rote schließlich zu einem hellen Gelb verläuft (Abb. 5 im Beitrag von Hermann Fuchsberger in diesem Band).¹² Diese Folge übernimmt weitestgehend das in seine Primärfarben zerlegte Spektrum des weißen Lichtes, so dass eine gute Unterscheidbarkeit der Farben gewährleistet ist, weicht aber in einem wesentlichen Punkt davon ab: Gelb ist hier nicht zwischen den grünen und roten Farbtönen angeordnet, sondern ganz am Ende der Skala, um so wieder dem in den Traditionen der Bauforschung verwurzelten Wunsch gerecht zu werden, die hellsten Farbtöne den jüngsten Bauphasen zuzuordnen. Die weite Verbreitung dieser Skala ist dem Umstand zu verdanken, dass in den beiden genannten Bundesländern schon früh sehr viele bauhistorische Begutachtungen in Auftrag gegeben wurden, die sich an diese Farbabfolge hielten. In Österreich hat die Farbabfolge mittlerweile sogar Aufnahme in die ÖNORM A 6250-2 gefunden, wo sie zwar nicht im normativen aber doch im informativen Teil vorgeschlagen wird.¹³

Die etablierte Farbabfolge sollte aber nicht als Universallegende missverstanden werden, in denen den Farben streng festgelegte Zeitabschnitte zugeordnet sind. Zu unterschiedlich sind die sich aus den Unter-

suchungen eines Gebäudes jeweils ergebenden Bauphasen und ihre Verteilung innerhalb der Epochen. Es wäre beispielsweise wenig sinnvoll, in einem im 19. Jh. errichteten und bis heute in fünf wichtigen und gut fassbaren Phasen veränderten Bau alle Phasen nur durch orange und gelbe Farbabstufungen darstellen zu wollen und den Rest der Farbabfolge ungenutzt abzuschneiden. Die Farbabfolge ist daher nur als Skala zu verstehen, die in ihrer Gesamtheit verschiebbar gehandhabt werden kann.

Es sei an dieser Stelle nicht verschwiegen, dass die an das natürliche Farbspektrum angelehnte Farbskala nicht auf ungeteilte Zustimmung stößt. Oftmals werden abweichende Abfolgen gewählt, die beispielsweise das Forschungsinteresse der Verfasser widerspiegeln. So ist es etwa in der Mittelalterarchäologie weit verbreitet, mittelalterliche Baureste in Signalrot hervorzuheben, und dies unabhängig von der Bedeutung und dem Umfang anderer Baureste. Ferner empfinden viele der in der Bauforschung tätigen Architekten und Kunsthistoriker die bei Anwendung des natürlichen Spektrums entstehenden sehr bunten Bilder als ästhetisch wenig überzeugend. Sie üben sich daher in der Kunst des Weglassens bestimmter Farben, was die Einführung feiner abgestufter Farbtöne nach sich zieht (Abb. 13).



13 Burg Lisberg, Westkemenate, Grundriss 1. Obergeschoss und Querschnitte mit Baualterskartierung.

Auch im Zeitalter der durch den Einsatz von Farbe fein zu differenzierenden Darstellungen fokussiert der Baualtersplan in der Regel auf architektonisch und baukonstruktiv relevante Veränderungen. Kleinere Reparaturen und ephemere Nutzungsveränderungen werden dagegen in den Hintergrund gestellt, und die häufige Auffrischung oder Neugestaltung von Wandgestaltungen findet nur in Ausnahmefällen Berücksichtigung, um die Lesbarkeit nicht einzuschränken.

Die Meinungen über Baualterspläne gehen innerhalb des Faches durchaus auseinander. Für die einen sind sie unverzichtbare, hoch verdichtete Ergebnisse ihrer Arbeit, für die anderen sind sie lediglich Schaubilder, die die räumliche Realität und den Detailreichtum der Aufmaßezeichnungen unzulässig vereinfachen und die die Komplexität und Unschärfen der zugrunde liegenden Argumentationen verschleiern. Durch ihre manipulierenden graphischen Mittel erschweren sie den wissenschaftlichen Zugang zum Objekt und verleiten den Rezipienten zu einer reduzierenden Sichtweise auf das komplexe Baudenkmal.

Diese Bedenken wiegen schwer, und es gilt also, den plakativen, nur aus Farbflächen bestehenden Baualtersplan durch ergänzende Eintragungen in einen wissenschaftlichen Plan zu transformieren, der die Quellen für die Zuweisung von Bauteilen zu Zeitabschnitten offenlegt. Ein wichtiges Mittel dafür ist die Eintragung exakter Daten jeweils an dem Bauteil, für das sie gelten. So sollten an den Entnahmestellen für dendrochronologisch bestimmte Proben deren Nummer und Ergebnis vermerkt werden, ferner sind Inschriften einzutragen, und es sind auch diejenigen der archivalischen Quellen zu nennen, die sich eindeutig auf bestimmte Bauteile beziehen lassen. Stilistische Einordnungen können ebenfalls hinzugefügt werden, jedoch stets unter eindeutiger Nennung der ihnen in der Regel innewohnenden Unschärfe.

Für die Entschlüsselung von Bauphasen sind darüber hinaus die Grenzen zwischen Konstruktionszusammenhängen, also das Zusammentreffen jüngerer und älterer Bauteile, eine ganz wesentliche Quelle. Die zuverlässige Erfassung und Beschreibung

The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window displaying the website 'Burgen in Brandenburg und Berlin'. The address bar shows the URL 'www.dhm.de/ausstellungen/burg-und-herrschaft/brandenburg/start.htm'. The page has a navigation menu on the left with items like 'Startseite', 'Einleitung', 'Einführung', 'Landkreise in Brandenburg', 'Burgen in Berlin', 'Ausgewählte Burgplätze A - Z', 'Brandenburgisches Landbuch', 'Einführende Literatur', 'Namensregister', and 'Impressum'. The main content area is titled 'Burgen in Brandenburg und Berlin' and features a large map of Brandenburg and Berlin with numerous castle locations marked. A pop-up window for 'Lebus' is visible, providing details about the site. The sidebar on the right lists 'Ausgewählte Burgplätze' including: Altdöbern, Altenhof, Altlandsberg, Altmit, Angermünde, Arneburg, Badingen, Bad Belzig, Bad Freienwalde, Bad Liebenwerda, Bärwalde, Bagow, Beesdau, Beeskow, Beuthen, Biesenthal, Boitzenburg, Bornsdorf, tzuw Oranienburg, Brandenburg, Breden, Cölln, Dahlem, Dahme, Demerthin, Doberlug-Kirchhain, and Drebkau.

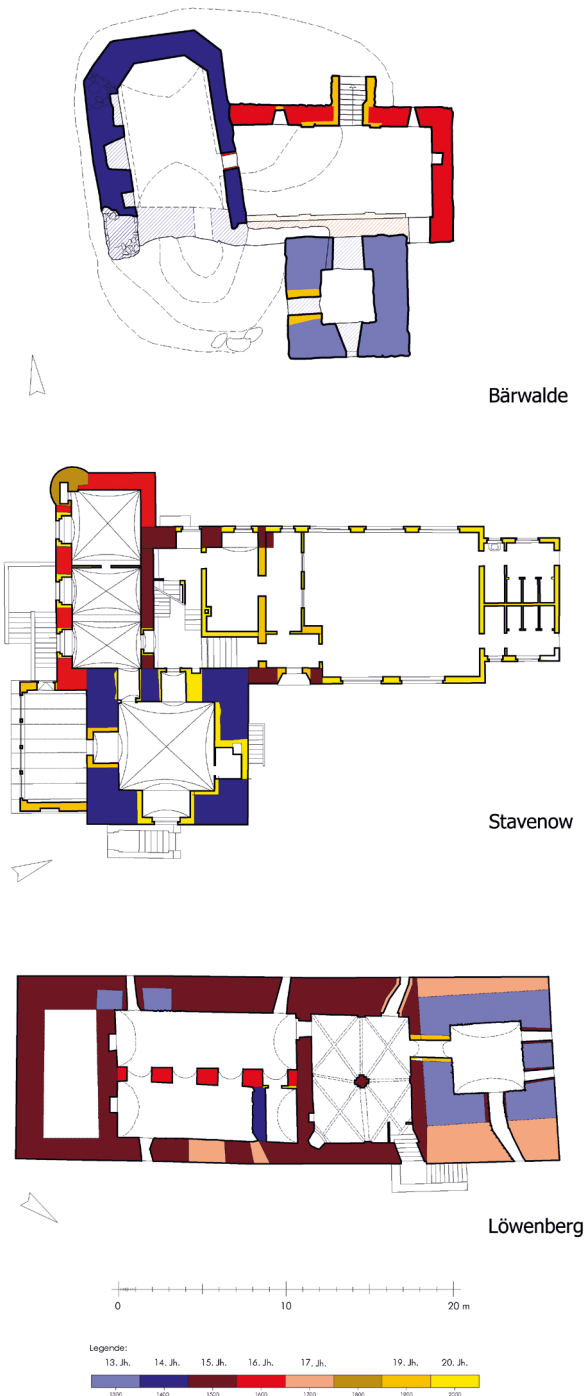
14 Verteilung von Burgen in Brandenburg und Berlin. Interaktive Karte innerhalb der Ausstellung „Burg und Herrschaft“ des Deutschen Historischen Museums Berlin 2010.

von Konstruktionsgrenzen ist einer der wichtigsten, eigenständigen und auch objektivierbaren Beiträge der Bauforschung, auf sie ist daher höchster Wert zu legen. Keinesfalls darf sich die Befundung von Anschlussrichtungen auf oberflächliche und oft zufällige Schichtanschlüsse von Fassungen beschränken, denn das im Baualtersplan als Grenze zwischen Farbcodierungen dargestellte Ergebnis solcher Befundungen verweist in die Tiefe hinein auf die Tragkonstruktion. Eine derartige Befundung sollte zusätzlich nachgewiesen werden, dazu haben sich gegen das jeweils ältere Bauteil gesetzte Pfeile sehr bewährt (Abb. 13). Einen weiteren Beitrag zur wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit leistet die Eintragung der Nummern wichtiger, im Befundkatalog erläuterter Schlüsselbefunde, aus denen Aussagen über Konstruktionsgrenzen abgeleitet wurden.

Einem in der angedeuteten Weise ausgestatteten Baualtersplan wird man kaum noch vorwerfen können, die Grundlagen seines Entstehens zu verschleiern. Derartig rückverankert kann er seine Potenziale nun voll entfalten: Er bietet ein leicht verständliches Bild für die Veränderungen und Fragmentierungen, denen ein Baudenkmal im Laufe seiner Geschichte unterworfen war, deren Kenntnis aber die grundlegende Voraus-

setzung für die Beschreibung der baugeschichtlichen Bedeutung seiner Einzelteile und seiner Gesamtheit ist. In der Folge lassen sich aus ihm nicht nur Denkmaleigenschaften einzelner Bauteile ableiten, sondern auch ein Verständnis der heutigen konstruktiven Situation – beides ist Voraussetzung für die Planung objektbezogener und sinnvoller Erhaltungs- und Ergänzungsmaßnahmen.

Richtet man den Blick über das Einzeldenkmal hinaus auf ganze Denkmälergruppen, beispielsweise durch vergleichende Untersuchungen zu Burgen (Abb. 14), erschließen sich weitere Potenziale von Baualtersplänen. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, müssen die individuellen Phasen der Bauten dafür in der Regel zunächst in wenigen, dann für alle Beispiele geltenden Phasen zusammengefasst werden. An den vergleichenden Baualtersplänen von Burgen in Brandenburg (Abb. 15) zeigt sich, dass sich diese ausgehend von dem allen gemeinsamen mittelalterlichen Ursprung in Form eines kleinen quadratischen Turmes in bestimmten Entwicklungsphasen sehr stark verändert haben. Die vergleichenden Baualterspläne erläutern den heutigen Zustand als Ergebnis typischer Entwicklungsschübe und Funktionswandel, denen die Objekte unterworfen waren. In dieser Darstellungs-



15 Grundrisse Brandenburgischer Schlösser mit integrierten mittelalterlichen Türmen. Typische Entwicklung der Adelsitze am Beispiel Fürstlich Drehna.

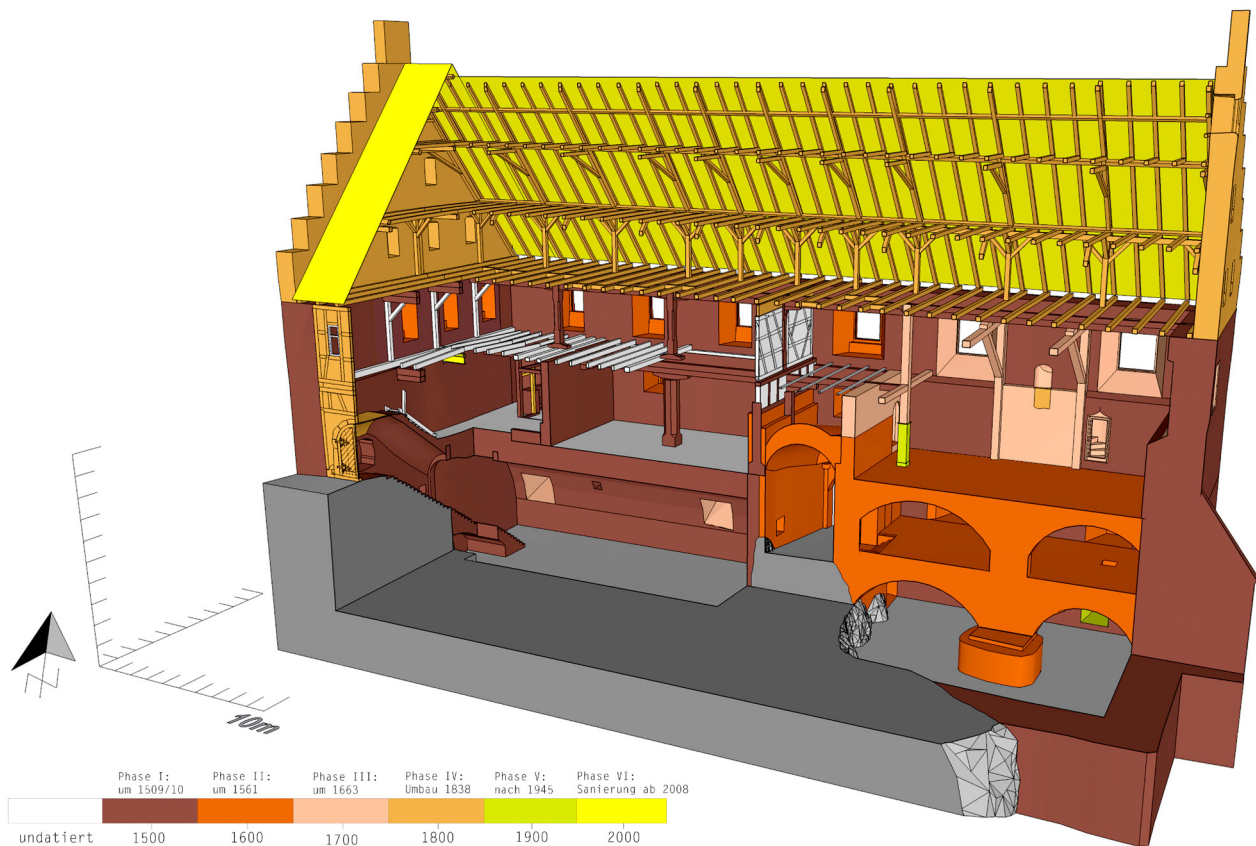
form ist das Bauwerk nicht in erster Linie ein mehr oder weniger fragmentiertes Zeugnis einer einzigen für wichtig erachteten Epoche, sondern das Ergebnis einer typischen Entwicklung. Vergleichende Baualterspläne spiegeln sich wandelnde Nutzungs-, Organisations- und Gestaltungsvorstellungen genauso wider wie Zerstörungs- oder Verfallsphasen und verweisen

somit auf die hinter diesen Entwicklungen stehenden geschichtlichen Prozesse. Derartige typische Entwicklungen können als immaterielles kulturelles Erbe bezeichnet werden, das aber materiell gebunden ist.

Wie schon am Beispiel des Nidaros-Domes gezeigt, ist es auch möglich, Baualterskartierungen in dreidimensionalen Modellen durchzuführen, Abb. 16 zeigt dazu ein weiteres Beispiel vom sog. Heidenbau auf der Veste Heldburg. Wie bei allen derartigen Modellen sind besonders die räumlichen Zusammenhänge von Baukonstruktionen leichter lesbar als in zweidimensionalen Plänen, so dass auch komplexe Strukturen für ein breites Publikum verständlich werden. Einer weiten Verbreitung oder gar standardisierten Anwendung derartiger Modelle in der Denkmalpflege steht momentan aber noch zweierlei entgegen: Um dem fundamentalen Anspruch des Baualtersplanes gerecht zu werden, in die Tiefe der Tragkonstruktionen zu blicken, können für solche Kartierungen nur Bauteilmodelle verwendet werden, d.h. Modelle, deren Herstellung stets der aktiven Modellierung durch den Architekturfachmann bedarf. Ihr Einsatz bedeutet also einen Aufwand, der weit über den für digitale Plansätze nötigen Aufwand hinausgeht. Viele der heute allgegenwärtigen dreidimensionalen Architekturvisualisierungen sind deshalb nur Oberflächenmodelle, die sich wesentlich leichter und vor allem in weiten Teilen automatisiert aus Punktwolken generieren lassen. Die zweite Schwierigkeit stellt die Darstellung der Quellen für eine Baualtersinterpretation in 3D-Modellen dar. Wo für zweidimensionale Pläne – wie oben gezeigt – schon zahlreiche leicht handhabbare Codierungen und Annotationsformen existieren, die auf die Datenbasis verweisen, müssen diese für 3D-Modelle noch so entwickelt werden, dass sie sich auch tatsächlich in großer Breite durchsetzen. Die Entwicklung der digitalen Medien ist auf diesem Gebiet aber in vollem Gange.

Beschreibung und Analyse von historischen Tragsystemen und Verformungen

In jeder durch einen Bauforscher erstellten zeichnerischen Baudokumentation im Maßstab 1:50 oder größer sind Verformungen, Durchbiegungen, Schiefstellungen, Risse, gebrochene Balken, auffällige Verdrehungen etc. allein schon wegen ihrer maßlichen Ausdehnung enthalten. Dass diese Inhalte in ein Aufmaß hineingehören, impliziert auch der vielfach gebrauchte Begriff des „verformungsgerechten Aufmaßes“, der allerdings unglücklich gewählt ist. Einerseits erweckt er den Eindruck, diese Art von Aufmaßen sei nur für

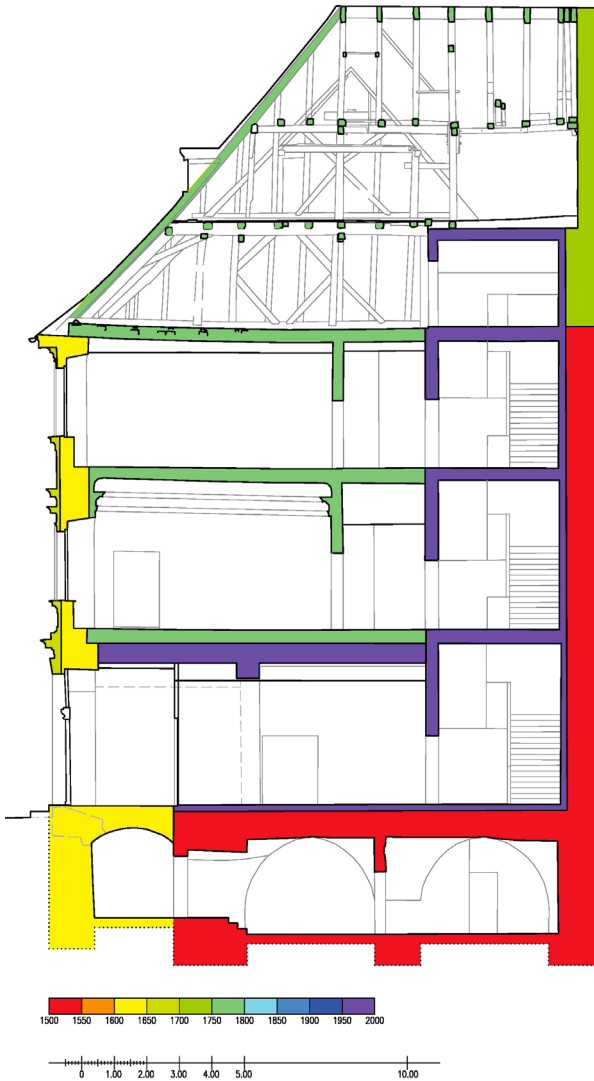


16 Veste Heldburg, Heidenbau. Räumliche Baualterskartierung.

„verformte“ Gebäude notwendig, und andererseits verleitet er allzu leicht dazu, die durch ihn beschriebenen Zustände als „fehlerhaft“ und folglich durch Maßnahmen zu korrigierend einzustufen. Er sollte daher durch den neutralen Begriff des „formtreuen Aufmaßes“ ersetzt werden. Der Plansatz aus formtreuen Aufmaßen ist allerdings nicht mit einer systematischen, alle Flächen und Bauteile berücksichtigenden Schadenserfassung zu verwechseln und kann diese auch nicht ersetzen, da durch die Festlegung der Schnittebenen nur ausschnittshafte Zustandsbilder erzeugt werden. Eine deutliche Aufwertung in Richtung auf eine vollständige Erfassung gestatten allerdings die Grundrisse, die es beispielsweise durch ausreichend viele Höhenangaben oder Annotationen erlauben, die genannten Merkmale für alle darin erfassten Bauteile nachzuvollziehen. Allerdings werden diese Merkmale darin nicht unmittelbar visualisiert wie in den Vertikalschnitten.

Die Erfassung dieser Merkmale durch den Bauforscher erfolgt aber nicht allein wegen ihrer maßlichen Relevanz sondern vor allem aus inhaltlichen Gründen: Erstens hat der Bauforscher, der oft am längsten Zeit in einem Gebäude verbringt und der sich aufgrund seiner Dokumentationstätigkeit in besonderer Weise

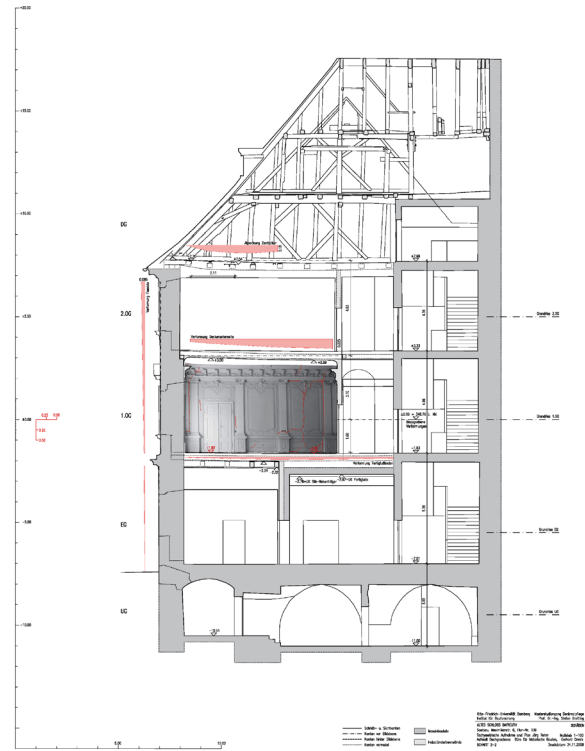
in die historische Konstruktion und die Eigenarten des Objektes eingesehen hat, eine Hinweispflicht, der er schon im Interesse seiner eigenen Sicherheit nachkommen muss. Zweitens haben diese Merkmale einen unmittelbaren Zeugniswert für die Entwicklungsgeschichte eines Bauwerks, sind sie doch das Ergebnis von Setzungen, von Eingriffen in die Konstruktion, von Schwächung oder Überbeanspruchung der Baumaterialien durch äußere Einflüsse oder Nutzung, von fehlenden kraftschlüssigen Verbindungen zwischen Bauteilen etc. An Rissbildern lassen sich häufig Veränderungsphasen nachweisen, denn sie verweisen auf verdeckt liegende Konstruktionsgrenzen und Materialübergänge und ermöglichen oftmals überhaupt erst den in die Tiefe der Tragkonstruktion dringenden Blick des Bauforschers. Die sog. Schäden sind stets Teil der historischen Entwicklung eines Bauwerks genauso wie es Um- und Anbauten oder sich verändernde Ausstattungen sind. Die intime Kenntnis und die hohe Wertschätzung historischer Konstruktionen gestattet es dem Bauforscher, Schadensphänomene als das Ergebnis von Veränderungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen wahrzunehmen, oft aber auch von bereits in



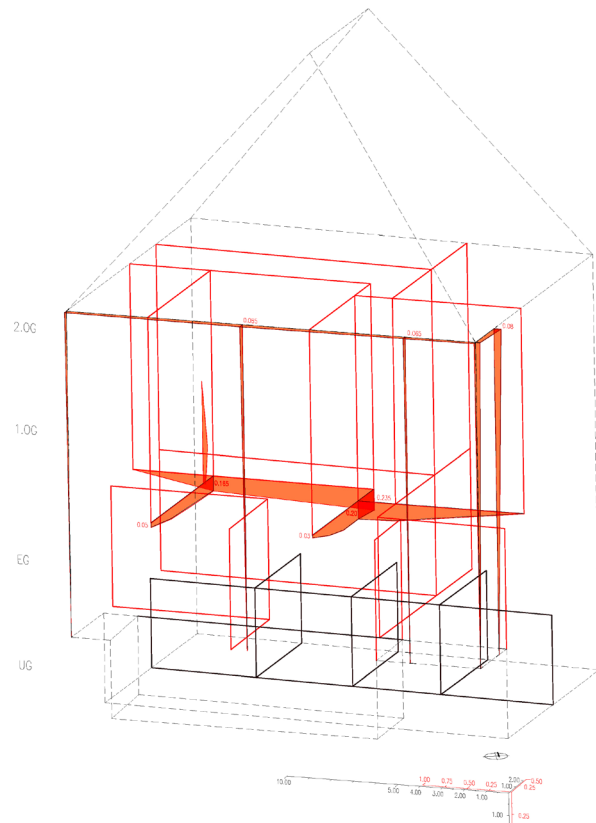
17 Bayreuth, Altes Schloss, Südostflügel. Querschnitt mit Schadens- und Baualterskartierung.

der Ursprungs-konstruktion angelegten Schwachpunkten zu erkennen.

Um die Genese von Schäden nachvollziehen zu können, bedarf es also zunächst der Klärung der Baugeschichte eines Objektes, die in leicht verständlicher Weise durch den bereits besprochenen Baualtersplan zusammenzufassen ist. Am Alten Schloss in Bayreuth macht dieser die massiven Veränderungen des Gebäudes im Laufe der Zeit augenfällig (Abb. 17). Einem Abriss der ursprünglichen Fassade des Renaissancebaus (Abb. 17, rote Einfärbung) folgte eine Versetzung der Baulinie, die Neufundamentierung und Errichtung einer neuen Fassade im Barock (Abb. 17, gelbe Einfärbung). Etwas später erfolgte der Innenausbau und die Errichtung des Dachwerks (Abb. 17, grüne Einfärbung) sowie schließlich eine grundständige Ertüchtigung in den 1970er Jahren, bei der ein Treppenhaus aus Beton



18 Bayreuth, Altes Schloss, Südostflügel. Querschnitt mit eingetragenen Rissbildern und Verdeutlichung der Abweichungen von der Horizontalen bzw. Vertikalen.

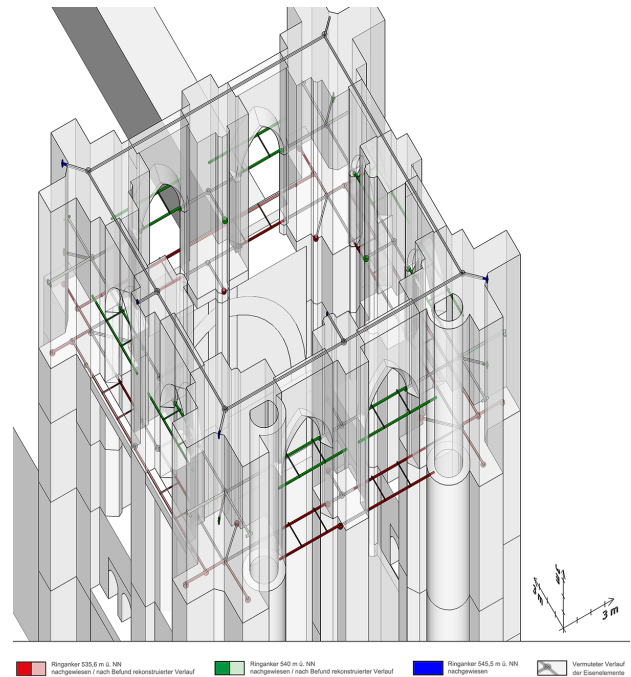


19 Bayreuth, Altes Schloss, Südostflügel. Dreidimensionale Darstellung der Verformungen.

eingebaut und die historischen Konstruktionen mit Über- und Unterzügen aus Stahl verstärkt wurden (Abb. 17, blaue Einfärbung).

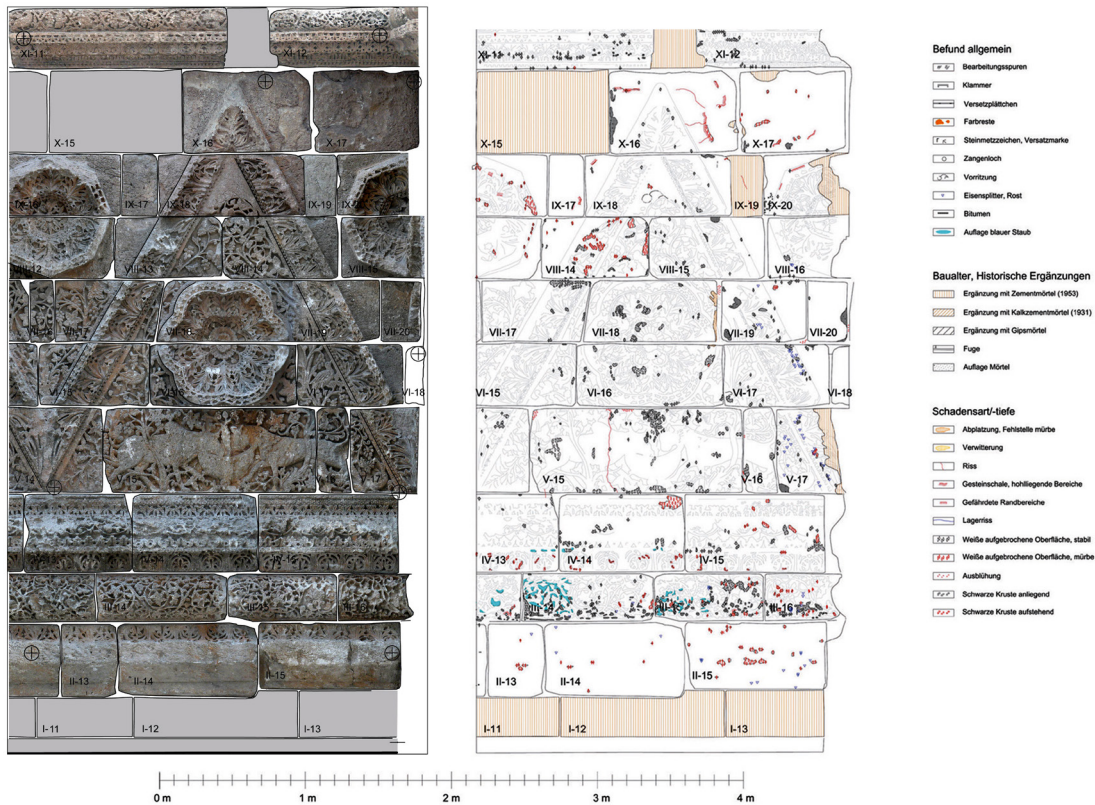
Risse in den barocken Stuckausstattungen in einem der Repräsentationsräume (Abb. 18) machten jedoch auf Schäden aufmerksam, deren Virulenz es zu überprüfen galt. Dazu wurden die Risse in ein digitales Aufmaß eingetragen, in dem zusätzlich die Verformungen der die Raumschale bildenden sowie angrenzender Bauteile graphisch hervorgehoben wurde (Abb. 18). Als zusätzliches Analysewerkzeug diente eine dreidimensionale Darstellung der Verformungen (Abb. 19). Es zeigte sich, dass sehr unterschiedliche Rissgruppen zu differenzieren sind. Einige waren durch die Setzung der barocken Fundamentierung gegenüber dem Ursprungsbau verursacht, ferner liegen Dauerfugen zwischen der Sandstein-Fassade und den leichten Innenwänden aus Fachwerk. Andere Risse resultieren aus Spannungen zwischen den gut fundamentierten Kaminzügen und den anschließenden Innenwänden, die sich gemeinsam mit den dünn bemessenen Decken in Richtung des Gebäudeinneren gesetzt hatten. Weitere Risse waren bei der Sanierung in den 1970er Jahren entstanden, und die letzte Gruppe schließlich ließ sich auf Erschütterungen durch den Busverkehr auf dem Vorplatz des Schlosses zurückführen. Bis auf diese letzte Rissgruppe konnten alle Schadensphänomene als Teil der Erbauungs- und Veränderungsgeschichte erklärt werden, deren Zustand zwar im Verlauf der Jahreszeiten durch Veränderung des Feuchtehaushaltes leichten Schwankungen unterworfen ist, insgesamt aber nach Ablauf der Sanierungen der 1970er Jahre eingefroren war und somit keine Maßnahmen erforderte. Dank der Untersuchung musste also lediglich diskutiert werden, ob die verkehrsbedingten Risse künftig besser durch Veränderung des Busverkehrs oder durch eine Trennung des Gebäudefundaments von der Vorplatzpflasterung zu vermeiden sind. Die Schadenskartierung und vor allem die Schadensanalyse in diesem Beispiel haben dazu geführt, die zu ergreifenden Maßnahmen auf ein Minimum zu beschränken.

Wie bereits einleitend dargestellt, zählt es zu den wesentlichen Leistungen der Bauforschung, selbst schwer zugängliche oder unsichtbare Tragsysteme in einem Bauwerk zu erfassen und damit auf diese aufmerksam zu machen. Kartierungen wiederum helfen dabei, zusammengehörige Tragsysteme zu visualisieren und schaffen damit die Voraussetzung, ihre Wirksamkeit zu beurteilen. Als Beispiel dafür sei hier die – in diesem Fall räumliche – Kartierung der verschiedenen im Westturm des Ulmer Münsters verbauten Ringankersysteme angeführt (Abb. 20). Für die bereits mittelalterlichen Abschnitte des



20 Ulm, Münster, Westturm von Nordwest. Modell des Glockengeschosses mit den drei rekonstruierten Ringankerebenen.

Turmes existiert ein Bauplan, der dem Mitte des 15. Jhs. wirkenden Münsterbaumeister Matthäus Ensinger zugeschrieben wird.¹⁴ Auf seinem Plan ist ein in einer Fensterebene liegender Ringanker eingezeichnet, dessen einzelne Stangen an ihren Enden jeweils in im Mauerwerk liegende Ringe eingehakt und dadurch verbunden sind. Zusätzlich wird eine zweite Kette zwischen den Haupt- und Nebenfeilern des unteren Fenstergeschosses gezeigt, die durch Verbindungsstücke mit Klauen mit der inneren Ebene verbunden sind. Die durch die Bauforschung zu klärende Frage war, inwiefern dieser Plan tatsächlich umgesetzt wurde. Die Überprüfung vor Ort ergab, dass mehrere Ringankersysteme in unterschiedlichen Höhen und von diesen nicht alle dem Plan entsprechend ausgeführt wurden. So wurden Verbindungsdetails in verschiedenen Varianten ausgeführt, auf Binnenverstrebrungen wurde verzichtet, und die in den Sekundärfeilern als durchlaufend vorgesehenen Stangen sind in mehrere Stücke aufgeteilt worden. Verkompliziert wird das Wirken der mittelalterlichen Anker durch zusätzliche, im 19. Jh. eingebrachte Ankersysteme. Erst die Kartierung aller Systeme, für die in diesem Fall die gemeinsame räumliche Darstellung das Mittel der Wahl ist, gestattet die realistische Beurteilung des heutigen Zustandes und eine Einschätzung des Gefährdungspotenzials. Nicht alle Details der Systeme konnten durch Befund gesichert werden, daher werden die unterschiedlichen Kenntnisstände zu den einzelnen Anker in der Kartie-



21 Berlin, Museum für Islamische Kunst, Mschatta-Fassade, Ausschnitt. Bildplan und Aufmaß mit Schadenskartierung.

rung durch Farbabstufungen und transparente Darstellungen unterschieden.

Die heutzutage leicht und vor allem automatisiert erzeugbaren Punktwolken mit sehr geringen Punktabständen können ebenfalls automatisiert in Kartierungen der Abweichungen zu einer Bezugsebene überführt werden, dadurch sind flächige Deformationsanalysen ohne großen Aufwand durchzuführen (Abb. 4 im Beitrag von Jürgen Giese in diesem Band). Gegenüber den sonst üblichen Darstellungen von Verformungen durch ausgewählte Schnitte oder individuelle Punktmessungen haben die flächigen Kartierungen den Vorteil, auf sämtliche Verformungen auch dann aufmerksam zu machen, wenn diese abseits von Bereichen liegen, deren Verformungen so augenfällig sind, dass sie auch bei einer selektiven Schnittführung erfasst würden.

Zustandskartierungen

Zur Erfassung eines Baudenkmals gehört auch die Beschreibung des gegenwärtigen Zustands seiner Bauteile. Die an diesen ablesbaren material- und kon-

struktionsspezifischen Alterungsspuren und Veränderungen stellen einerseits wichtige Eigenschaften des Objektes dar, andererseits wird ihre Kartierung für die Planung von eventuell notwendigen Erhaltungsmaßnahmen benötigt. In der Praxis ist die Zustandskartierung also eng mit der Maßnahmenkartierung verknüpft. Die Auswahl der kartierten Eigenschaften wirkt sich dabei direkt auf die durchzuführenden Maßnahmen aus, so dass die Abwägung, welche Eigenschaften kartiert werden sollen, denkmalpflegerisch sensibel ist und von den verschiedenen beteiligten Fachvertretern entsprechend kontrovers diskutiert wird. Ausgesprochen schwer lässt sich eine maßnahme-unabhängige und dennoch aussagekräftige Legende erstellen. Da die Zustandskartierung Art und Umfang der durchzuführenden Maßnahmen begründet, ist die Frage, wer zu deren Erstellung berechtigt ist, zugleich eine Frage der denkmalpflegerischen Hoheit und der finanziellen Steuerung einer Maßnahme.

Vor allem für maßnahme-orientierte Berufsgruppen wie Tragwerksplaner, Holzschutzgutachter und Restauratoren gehören die oft als Schadenskartierungen bezeichneten Zustandskartierungen sowie die daraus abgeleiteten Maßnahmenkartierungen zum alltäglichen Werkzeug. Zahlreiche Publikationen beschäfti-

gen sich mit deren fachgerechter Ausführung, so dass an dieser Stelle lediglich ein paar Bemerkungen genügen.¹⁵ Anders als auf dem Gebiet des Bauaufmaßes hat sich für diese Dokumentationen bislang noch kein standardisierter Arbeitsprozess etabliert, der einerseits weite Verbreitung gefunden hätte und zudem noch vollständig digital ablaufen würde. Werkzeuge in Form speziell entwickelter Kartierungsprogramme stehen zwar zu Verfügung, und deren Nutzen beispielsweise für die automatisierte Mengenermittlung und die Erstellung elektronischer Leistungsverzeichnisse ist unbestritten.¹⁶ Viele potenzielle Nutzer scheuen bislang jedoch den Aufwand für die Einarbeitung und die Anlage der jeweiligen Projektstrukturen, ferner stößt auch das digitale Kartieren in größeren Teams und unter Baustellenbedingungen auf ernst zu nehmende praktische Schwierigkeiten. Daher wird oft noch analog kartiert, und nur ausgewählte Firmen sind personell und finanziell dazu in der Lage, diese Kartierungen anschließend digital umzusetzen.

Die Bauforschung sollte sich aus dem Geschäftsfeld der Zustandskartierungen jedoch nicht vertreiben lassen,¹⁷ denn sie verfügt über wichtige und intime Kenntnisse der historischen Konstruktionen, des Alterungsverhaltens von Materialien sowie über Schadensursachen und Schadensprogression. Mit ihrem primären Interesse an der weitestgehenden Erhaltung des Ist-Zustandes läuft sie zwar einerseits immer Gefahr, virulente Schadensphänomene zu unterschätzen, andererseits kann sie insbesondere dann, wenn wie etwa für Mauerwerk aus Naturstein allseits akzeptierte Beschreibungsroutinen für die Kartierung vorliegen,¹⁸ zum Erzielen von Minimallösungen beitragen. Wie stark das Verständnis für den Zustand eines Objektes durch die Wahl der Erfassungskriterien und der Darstellungsform bestimmt wird, belegt das Kartierungsbeispiel von der Mschatta-Fassade im Berliner Museum für Islamische Kunst, das von Bauforschern, Ingenieuren und Restauratoren gemeinsam erarbeitet wurde. Hier lassen die von vornherein sehr kleinteilige Kartierung und die Unterscheidung in „virulenter“ und „nicht virulenter“ Schaden nur wenige Maßnahmen notwendig erscheinen (Abb. 21).

Gegenüber der maßnahmebezogenen Kartierung muss die Bedeutung der Zustandsbeschreibung im verortenden Plan für die allgemeine denkmalgerechte Dokumentation leider oft zurück treten. Es ist zu hoffen, dass auf der Seite der Auftraggeber das Verständnis wächst, auch solche Kartierungen als Baustein zu den eingangs beschriebenen ganzheitlichen Kartierungen aufzufassen und schon in der Ausschreibung wenigstens dafür Sorge zu tragen, dass nach Abschluss einer Maßnahme zumindest alle durchgeführten Schadens-

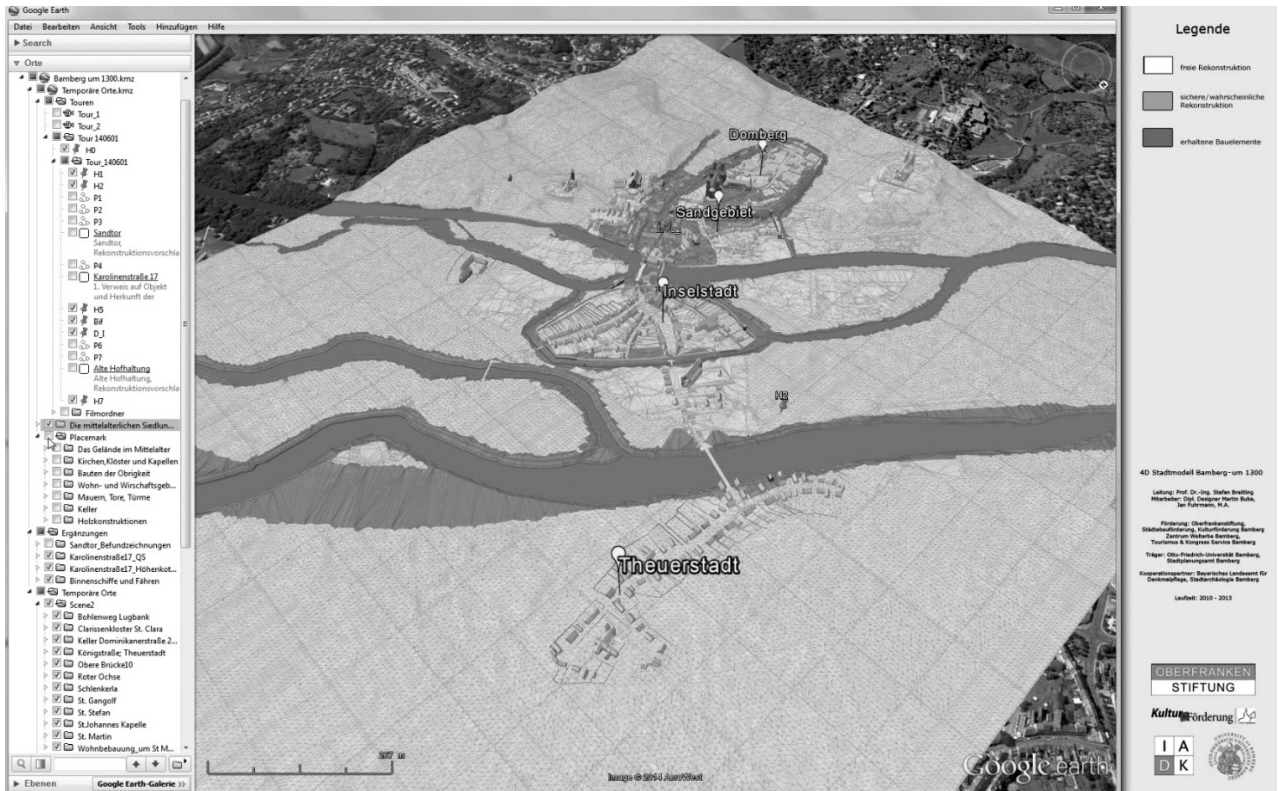
und Maßnahmenkartierungen vollständig digital und räumlich korrekt referenziert vorliegen. Als Grundlage für zukünftige Maßnahmen am selben Gebäude sind fachübergreifende und fachunabhängig zugängliche Zustands- und Maßnahmenkartierungen unverzichtbar.

Kartierungen in vergleichenden Untersuchungen

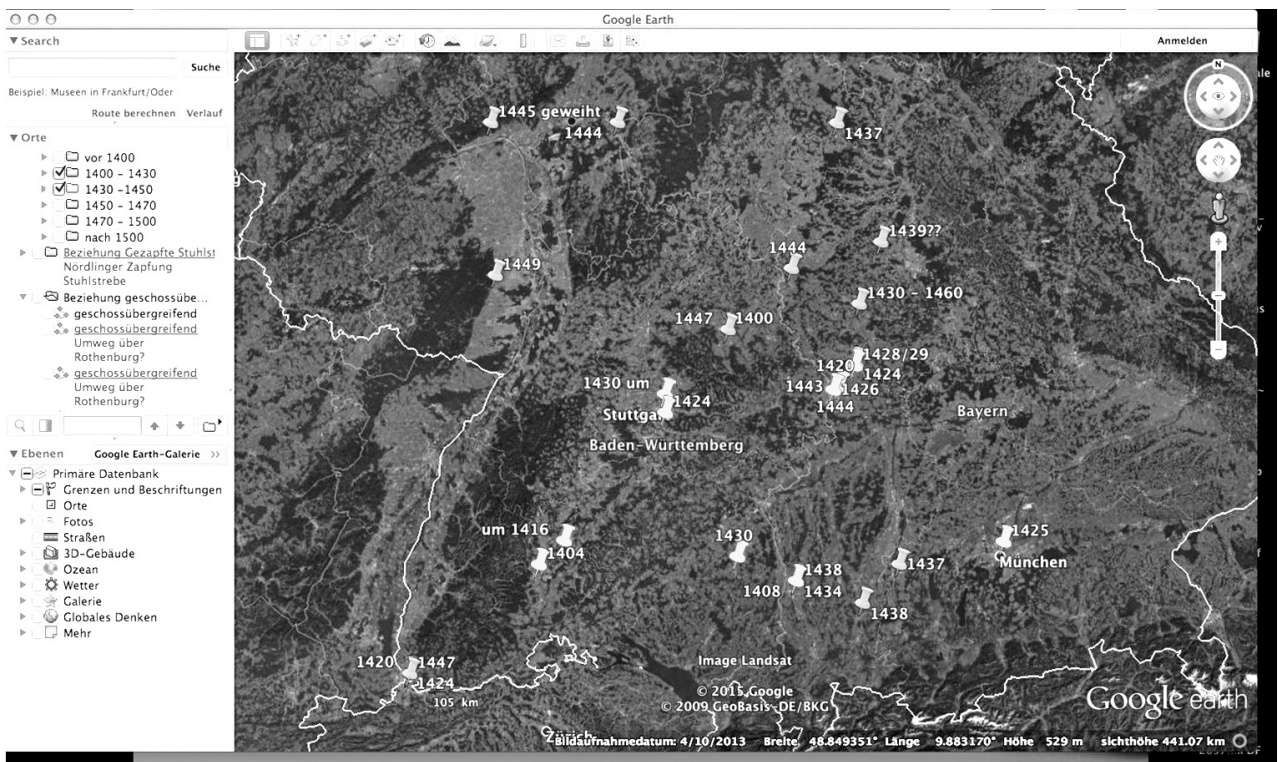
Verlässt man die Ebene der Einzelbauwerke mit ihren individuellen baulichen Entwicklungen, können Kartierungen auch für das Aufzeigen übergeordneter und allgemein gültiger Aspekte der Baugeschichte sehr hilfreich sein. Derartige Kartierungen bedienen sich zahlreicher in der Geographie entwickelter Werkzeuge und Prinzipien, die nicht Gegenstand dieses Beitrages sind. Hier soll lediglich auf das Potenzial vergleichender Betrachtungen in der Bauforschung hingewiesen werden und zwei Beispiele für ihre Umsetzung in Kartierungen genannt werden.

Als Instrumente der Stadtplanung werden in vielen Städten digitale Stadtmodelle gebaut, die sich zu baugeschichtlichen, archäologischen und entwicklungsgeschichtlichen Modellen ausbauen lassen. So wurde das für das rezente Bamberg geschaffene Modell um die historische Bebauung und das Geländere relief ergänzt, die sich für die Zeit um 1300 nachweisen ließen (Abb. 22).¹⁹ Das historische Stadtmodell bietet beispielsweise Aufschluss darüber, wie sich die Lage von Einzelbauten auf heute vielleicht nicht mehr nachvollziehbare naturräumliche Gegebenheiten oder historische Gestaltungs- und Entwicklungszusammenhänge zurückführen lässt. Das Modell verdeutlicht auch Denkmaleigenschaften, die sich in anderen Medien nur schwer beschreiben lassen. Deutlich erkennbar sind in Abb. 22 die drei mittelalterlichen Siedlungskerne der Stadt, also die durch kirchliche Niederlassungen dominierte Bergstadt, die bürgerliche Inselstadt und die an einem Handelsweg gelegene Theuerstadt. Ihrer Lage und ihren Bezügen zu Geländeprofil, Wasserläufen und Wegeführungen schuldet die moderne Stadt entscheidende Festlegungen, die beispielsweise wichtiger Eintragungsgegenstand für den Welterbetitel der Stadt waren. Das dreidimensionale Modell erklärt diese Bezüge und macht sie auch einem breiten Publikum verständlich.

Für die Bauforschung ebenfalls ergiebig ist auch die Erstellung typologischer Verbreitungskarten von signifikanten Einzelaspekten innerhalb einer definierten Periode. In Abb. 23 ist die Verbreitung von liegenden Stuhlkonstruktionen in Süddeutschland zwischen



22 Bamberg, virtuelles Stadtmodell mit Darstellung der Bebauung um 1300. Vogelperspektive des Gesamtgeländes von Nordosten mit den Navigationsleisten in der interaktiven Google Earth-Oberfläche.



23 Verbreitungskarte früher liegender Stuhlkonstruktionen in Süddeutschland von 1430–1450.

1430 und 1450, also einer frühen Phase dieses Konstruktionsprinzips, dargestellt. Genutzt wurden dafür frei im Internet zugängliche Programme und Kartengrundlagen, die sich durch zusätzliche Eintragungen individualisieren lassen. Die Kartierung ist einerseits ein Werkzeug zur Erforschung einer ausgewählten Baukonstruktion, gleichzeitig leistet sie aber auch eine Inventarisierung von Objekten, die über die ausgewählten Merkmale verfügen und zudem noch erhalten sind. Ergänzt werden kann die Karte auch durch nicht mehr erhaltene, aber aus Quellen bekannte Objekte. Unabhängig von modernen und historischen politischen Grenzen zeigt die Karte die regionale Verbreitung eines Phänomens, die interpretierbar ist. Fragen wie die nach der „Erfindung“ einer Technik durch eine Firma oder an einem Ort und die anschließende bauwirtschaftliche Ausbreitung durch Wanderung von Handwerkern oder Nachahmung lassen sich genauso untersuchen wie Fragen zur regionalen Gültigkeit von Bauverordnungen oder der Abhängigkeit von natur- und wirtschaftsräumlichen Gegebenheiten. Derartige Kartierungen bautechnikgeschichtlicher Phänomene ergeben neue, von anderen kulturhistorischen Fächern unabhängige kulturräumliche Betrachtungen. Die Frage nach den Verbreitungsursachen und -wegen führt zur Erstellung von Erklärungsmodellen, die Einblicke in die Determinanten von Baukultur gewähren.

Fazit

Durch die Bauforschung erstellte digitale Kartierungen sind ein vielseitiges Instrument mit hoher Integrationskraft und Belegfunktion, die der modernen Denkmalpflege zur Darstellung von Befundzusammenhängen und Denkmaleigenschaften einerseits und als Planungs- und Begründungshilfe andererseits dienen. Sie leisten die Zusammenführung von Befunddokumentation, Befundbewertung und Erhaltungsplanung und sind daher eine unverzichtbare Grundlage für jede denkmalgerechte Maßnahmenplanung.

In ihnen wird das verfügbare Wissen anderer Fachgruppen durch die präzise Verortung anschaulich zur Verfügung gestellt. Die im Vergleich zu Befunderfassungen und Texten reduzierte Beschreibungstiefe der Kartierung erleichtert die Darstellung von Zusammenhängen und planungsrelevanten Aspekten. Zugleich kann die Kartierung durch Referenzierungen auf die zugrunde liegenden Primärerfassungen zurück verweisen, so dass die Rückführbarkeit wissenschaftlicher und bautechnischer Erkenntnisse gewährleistet ist. Durch die direkte Hinterlegung mit Datenbanken

werden sie zu einem wichtigen Vernetzungsmittel, das in vielfältiger Weise gleichzeitig als Arbeitshilfe und Ergebnisdarstellung genutzt werden kann. Dank der digitalen Techniken lassen sich Kartierungen mühelos in alle bestehenden Dokumentations- und Planungssystematiken einbringen. Ziel wäre eine vollständige Integration der bauforscherischen Layer mit ihren kartierten Merkmalen in die Planwerke der Dokumentation und der Maßnahmenplanung.

Für die Denkmalpflege kann eine ausgebauten Kartierungskultur entscheidende Hilfsmittel zur Verfügung stellen: das Nachvollziehen von bestimmten Wissensständen und älteren Denkmalbewertungen, die Möglichkeit zur Überprüfung von Grundlagenwissen und zur Wiederaufnahme von Befunddiskussionen auf der Grundlage indizierter Plansätze, das Monitoring von Schäden und Veränderungen am Baudenkmal über Gebäudeinformationssysteme, die Beobachtung der Entwicklung von Denkmälerbeständen über regionale typologische Karten, die Aufschlüsselung regionaler „Baukulturen“ über die automatisierte Kartierung von Konstruktionsdetails und vieles mehr. Öffentlich und fachöffentlich zur Verfügung gestellte digitale Karten der Bauforschung können eine neue transparente Grundlage für die Ermittlung und Beschreibung der Denkmaleigenschaften und des Denkmalwertes bieten.

Allerdings müssten dazu die unterschiedlichen Formen der Kartierung sowie ihre spezifischen Inhalte und Legenden weiter kategorisiert und in die Forderungskataloge der Denkmalämter verstärkt aufgenommen werden. Die Fortschreibung digitaler Planwerke müsste verbessert und auf eine breite Basis gestellt werden, damit sich der hohe Aufwand der Kartierungen und Planerstellung auch durch zukünftige Nutzung amortisieren lässt.

Das Zusammenführen und Vorhalten der vorhandenen digitalen Plandaten ist nach wie vor ein Hauptproblem der Bauforschung in der Denkmalpflege. „Findbücher“ für die Ergebnisse der Bauforschung, themen- oder objektspezifische automatisierte Auslesungen von Inventarisationsinhalten und die nachhaltige Archivierung digitaler Planbestände werden in den nächsten Jahren die Arbeit in der Baudenkmalpflege verändern. Die öffentliche Erfassungs- und Dokumentationsverpflichtung und die Beteiligungs- und Vermittlungsfunktion der Bauforschung erfordern in der Zukunft einen verstärkten Einsatz digitaler Kartierungen in der Baudenkmalpflege.

- 1 Zur Entwicklung der Methoden im 19. Jh. s. SCHMIDT 1987.
- 2 Für die Bestandteile einer präzisen Dokumentation s. bereits die Charta von Venedig 1964, Artikel 9. 16 (<http://www.icomos.org/charters/venice_e.pdf> [27.10.2017]). Auf diese berufen sich auch die Denkmalschutzgesetze der deutschen Bundesländer aus den 1970er Jahren.
- 3 Ernst Brunotte – Hans Gebhardt – Manfred Meurer – Peter Meusburger – Josef Nipper (Hrsg.), Lexikon der Geographie in vier Bänden (Darmstadt 2002) 214 s.v. Kartierung (Wolf Günther Koch).
- 4 Siehe z. B. ANDREWS u.a. 2009; BRUSCHKE 2005; BRUSCHKE 2014a; BRYAN u.a. 2000; CRAMER 1993; ECKSTEIN 2003; GIESE 2011; HEINE u.a. 2011; PETZET – MADER 1995; RIEDEL u.a. 2006; WEFERLING u.a. 2001; WIEDEMANN 2004.
- 5 Die umfangreichste Sammlung von Beispielen findet sich bei ECKSTEIN 2003, Abb. 23. 30. 33–49.
- 6 Vgl. den Beitrag von Jürgen Giese in diesem Band.
- 7 Durch die Entwicklung digitaler Vermessungs- und Zeichentechniken in den letzten 20 Jahren hat sich eine Vorgehensweise bewährt, bei der am Beginn einer bauforscherischen Untersuchung ein digitales Aufmaß steht, für das aus wirtschaftlichen Gründen von den ausführenden Firmen in der Regel verschiedene Techniken der Fernerkundung miteinander kombiniert werden. Auf die Autopsie wird zunächst also weitestgehend verzichtet. Zu diesen Techniken zählen nicht nur die Photogrammetrie mit ihren verschiedenen Verfahren und das Laserscanning, sondern auch die Tachymetrie, die durch die Entwicklung reflektorlos messender Geräte ebenfalls zu einer Technik der Fernerkundung geworden ist. Sie kann aber – im Gegensatz zu den beiden erstgenannten Techniken – durch den erfahrenen Bauforscher um die unmittelbare Anschauung unmittelbar dort ergänzt werden, wo dies für das Verständnis eines Bauteils notwendig ist.
- 8 Anne-Christine Brehm, „von dem stain ze brechen“. Die Werksteine des Ulmer Münsters anhand der archivalischen Quellen 1417–1520 (Ulm 2015) 74.
- 9 Die ebenfalls wichtige Darstellungs- oder Zeichengenauigkeit, die nicht mit der Detaillierung verwechselt werden darf, ist im digitalen Medium identisch mit der Messgenauigkeit.
- 10 Der Begriff „Baualtersplan“ wird hier dem ebenfalls weit verbreiteten Begriff „Bauphasenplan“ vorgezogen. Der Bauphasenplan unterscheidet sich vom Baualtersplan dadurch, dass in erstgenanntem das vollständige Gebäude zu einem gewählten Zeitpunkt dargestellt wird. Bauphasenpläne müssen somit ausgehend vom vorhandenen und in der Regel fragmentierten Bestand rekonstruierend extrapolieren, um einen Eindruck von Struktur und Aussehen eines Gebäudes nach Abschluss einer bestimmten Bauphase zu vermitteln. In diesem Sinne ist der Bestandsplan eines Gebäudes sein Bauphasenplan zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme. Der Begriff wird in sehr ähnlicher Weise auch im modernen Ingenieurwesen verwendet, wo er Visualisierungen verschiedener Bauzustände von Großprojekten meint, die der Ablaufplanung dienen. Zur Definition der Begriffe s. auch KLEIN 2001, 65; ECKSTEIN 2003, 47; BUNDESDENKMALAMT 2016, 19; ÖNORM A 6250-2, 3.2 „Planarten“.
- 11 Anhand von Bearbeitungsspuren, der Profilierung der Gesimsblöcke und dem dabei verwendeten Fugenmörtel, die in der Kartierung nicht erfasst wurden, lässt sich diese Interpretation bestätigen.
- 12 ECKSTEIN 2003, 47 Abb. 33.
- 13 ÖNORM A 6250-2, Bild A.16; A.20. Vgl. auch den Beitrag von Hermann Fuchsberger in diesem Band.
- 14 Johann Böker – Anne-Christine Brehm – Julian Hanschke – Jean-Sébastien Sauvé, Architektur der Gotik. Ulm und Donauraum. Ein Bestandskatalog der mittelalterlichen Architekturzeichnungen aus Ulm, Schwaben und dem Donaugebiet (Salzburg 2011) 53–56.

- 15 Vgl. etwa LANDESDENKMALAMT BERLIN 2016; SCHLASSE 2015; ECKSTEIN 2003, 53–63; WTA-Merkblatt 03-10-97/D (1997). Ältere Literatur wird über die genannten Titel erschlossen.
- 16 Zu den verfügbaren Programmen s. Hermann Schäfer, Computergestützte Umsetzung von Kartierungsergebnissen in AutoCAD-Umgebung, in: Gabriele Patitz – Gabriele Grassegger – Otto Wölbert (Hrsg.), Natursteinsanierung (Stuttgart 2006) 39–42; Susanne Brinkmann – Christina Verbeek, Digitale Kartierung in restauratorischer Praxis. Das Programm metigo MAP in der Anwendung, Restauro 116, 2011, 22–23.
- 17 Vgl. den Beitrag von Johannes Cramer in diesem Band.
- 18 SNETHLAGE – PFANNER 2013.
- 19 BREITLING u.a. 2015.

Anschriften:

Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
 Otto-Friedrich-Universität Bamberg
 Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte
 Am Zwinger 4–6, 96047 Bamberg
 stefan.breitling@uni-bamberg.de

Jürgen Giese M.A.
 Otto-Friedrich-Universität Bamberg
 Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte
 Am Zwinger 4–6, 96047 Bamberg
 juergen.giese@uni-bamberg.de

Bildnachweis:

- Abb. 1: Stefan Breitling 2013
 Abb. 2: Sabrina Gotzmeister – Nathalie Mielke 2013
 Abb. 3: Angel Menargues 2015
 Abb. 4: H. Schäfer 2011–2014 auf Plangrundlage des Ingenieurbüros W. Fischer
 Abb. 5: Tobias Apfel – Stefan Breitling – Claudia Eckstein 2015
 Abb. 6: Claudia Eckstein 2017
 Abb. 7: Tobias Apfel – Claudia Eckstein 2014
 Abb. 8: Stefan Breitling 2012 auf Grundlage eines Planes der Messbildstelle GmbH Dresden 2008 und der Architektengemeinschaft Milde + Möser 2010.
 Abb. 9: Christian Kannenberg 2005
 Abb. 10: Stefan Breitling – Manuele Fior – Tobias Rütenik 2004
 Abb. 11: Johannes Cramer – Stefan Breitling, Die Stiftskirche St. Marien in Walbeck. Ein vergessenes Monument ottomanischer Architektur, Zeitschrift des Deutschen Vereins für Kunstwissenschaft 58, 2004, Abb. 3
 Abb. 12: Stefan Breitling 2001/2003
 Abb. 13: Sabrina Bils – Veronika Greska 2014
 Abb. 14: Rainer Atzbach – Stefan Breitling – Christof Krauskopf 2010
 Abb. 15: Stefan Breitling 1998–2001
 Abb. 16: Stefan Breitling – Philipp-Sebastian Jansen 2012
 Abb. 17–19: Jörg Rehm 2008
 Abb. 20: Claudia Eckstein 2017
 Abb. 21: Stefan Breitling – Eva Möllenkamp – Viola Schulz – Christina Straße 2002
 Abb. 22: Stefan Breitling – Martin Buba – Jan Fuhrmann 2011 auf Basis des virtuellen Stadtmodells des Stadtplanungsamtes Bamberg
 Abb. 23: David Grüner 2015