

# METALLA

## Archäometrie und Denkmalpflege 2013

Andreas Hauptmann, Oliver Mecking  
und Michael Prange (Hrsg.)



Jahrestagung an der  
Bauhaus-Universität Weimar

25. - 28. September 2013

**METALLA (Bochum)**

erscheint in zwei Heften bzw. einem Doppelheft jährlich.

Bezugspreis € 25,- pro Jahr inkl. Porto und Verpackung, Bestellungen formlos an das Deutsche Bergbau-Museum Bochum  
Am Bergbaumuseum 28  
D-44791 Bochum

**Wissenschaftliche Beratung:**

Prof. Dr. G. Eggert, Stuttgart  
Prof. Dr. A. Hauptmann, Bochum  
Dr. L. Klappauf, Goslar  
Prof. Dr. H. Leisen, Köln  
Dr. B. Ottaway, Sheffield  
Prof. Dr. Th. Rehren, London  
PD Dr. G. Schneider, Berlin  
Prof. Dr. Ü. Yalçin, Bochum

**Impressum***Herausgeber:*

Deutsches Bergbau-Museum Bochum  
Museumsdirektor: Prof. Dr. Stefan Brüggerhoff

*Schriftleiter:*

Dr. Michael Prange

*Layout/Titelgestaltung:*

Sebastian Pewny  
Dr. Michael Prange

*Druck und Verarbeitung:*

WAZ-Druck Duisburg

**ISSN 0947-6229**

# **Archäometrie und Denkmalpflege 2013**

Andreas Hauptmann, Oliver Mecking  
und Michael Prange (Hrsg.)

Jahrestagung an der  
Bauhaus-Universität Weimar

25. – 28. September 2013

# **Archäometrie und Denkmalpflege**

Kurzberichte 2013

Zusammenfassung der Vorträge und Poster  
der Jahrestagung 2013

gemeinsam veranstaltet

vom Arbeitskreis „Archäometrie und Denkmalpflege“  
der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft

vom Arbeitskreis „Archäometrie“  
der Gesellschaft Deutscher Chemiker

von der Gesellschaft für Naturwissenschaftliche Archäologie –  
Archäometrie

unter der Schirmherrschaft des Thüringer Minister für Bildung,  
Wissenschaft und Kultur  
Herrn Christoph Matschie

an der Bauhaus-Universität Weimar

25. - 28. September 2013

# HERKUNFT DER KALKSTEINE FÜR DAS SPÄTROMANISCHE QUERHAUS AM MAINZER DOM

MATTHIAS C. GRIMM<sup>1</sup>, KIRSTEN I. GRIMM<sup>2</sup>, BERND R. SCHÖNE<sup>3</sup>, JUDITH KRAUS<sup>4</sup> & KARIN KRAUS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> UDL Dr. Grimm Umweltdienstleistungen, Mainz

<sup>2,3,4</sup> Institut für Geowissenschaften der Universität Mainz, Abteilung für Angewandte und Analytische Paläontologie

<sup>5</sup> Institut für Steinkonservierung e.V., Mainz, email: kraus@ifs-mainz.de

Zu dem 1200 bis 1239 errichteten Westbau des Mainzer Doms gehört der, die Gotthard Kapelle überragende Nordarm des Querhauses, dessen Giebelfassade zum Markt hin aufwändig gestaltet ist (Abb. 1). Nach der jüngsten Restaurierung (2007-2009) zeigt sich die Fassade wieder in dem gewohnten, einheitlichen Sandstein-Rotton. Im Zuge der Erneuerung der Farbfassung und im Rahmen der durchgeführten Bauforschung wurde deutlich, dass die Giebelseite in der Romanik aus 40-50 cm hohen Kalksteinquadern erbaut worden ist (Abb. 2), (IBD 2010).

Die Verwendung von lokalen Tertiärkalksteinen als Baustein ist in Mainz und im benachbarten Rheinhessen nicht ungewöhnlich und seit der Römerzeit durch zahlreiche Beispiele belegbar (z. B. Stribrny, 1987). Abgesehen von der römischen Nutzung für großformatige Denkmalgesteine, kommen die Kalksteine dabei aber vor allem unbearbeitet oder bestenfalls frontseitig geglättet an Bruchsteinmauerwerk vor. Eine Verwendung von Werksteinen für Quadermauer-

werk und als Bildhauerstein wie an der Marktfassade setzt eine viel höhere Qualität des Kalksteinsmaterials voraus. Da das Nordquerhaus 2008 für die o. g. Renovierungsarbeiten mehrere Monate eingüstet war, bestand die einmalige Gelegenheit, die Fassade detailliert Stein für Stein in Form einer Kartierung auf einem photogrammetrischen Plan aufzunehmen (Abb. 3) und anhand von entnommenen Proben paläontologisch, mikrofaziell und geochemisch zu untersuchen. Ziel der Untersuchungen war einerseits eine über die pauschale Beurteilung „Mainzer Becken-Kalkstein“ hinausgehende Gesteinsansprache und andererseits eine möglichst genaue Lokalisierung der ehemaligen Steinbruchgebiete, aus denen die Werksteine für die Fassade geliefert wurden.



Abb. 1: Marktfassade des westlichen Querhauses nach der Restaurierung.



Abb. 2.: Einheitliches Mauerwerk aus großformatigen Kalksteinquadern

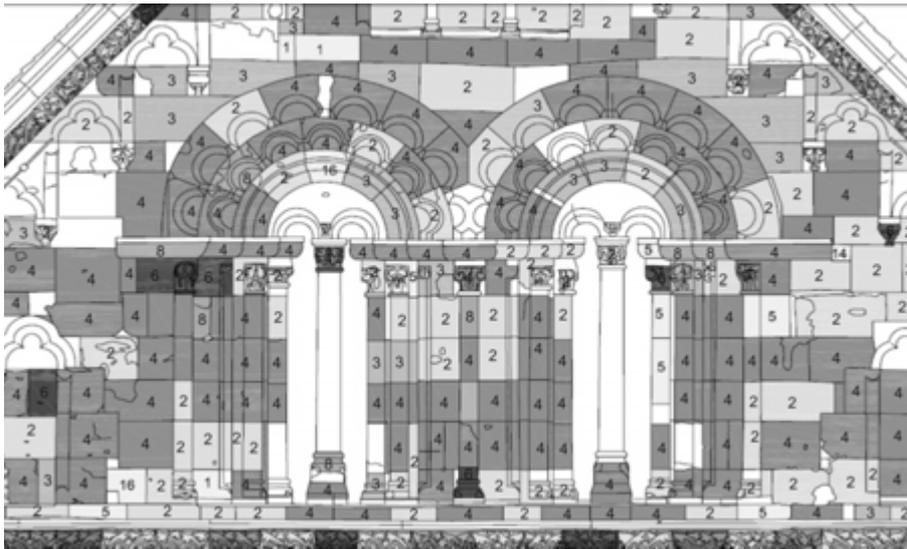


Abb. 3:  
Die Kartierung ergab ein sehr differenziertes Bild (hier ein Ausschnitt). Es wurden insgesamt zehn Haupttypen und neun nur untergeordnet vorkommende Sonder-typen unterschieden. Unterscheidungs-kriterien am Objekt waren Farbe, Struktur und Gefüge sowie makroskopisch sichtbare Komponenten, v.a. Fossilien und hier hauptsächlich die Mollusken. Legende siehe Tabelle 1

### *Stratigraphische Einordnung und Mikrofazies der tertiären Kalksteine an der Fassade*

Aus den Ergebnissen der Kartierung und den mikrofaziellen Untersuchungen an den entnommenen Proben (mikroskopische Betrachtung der Bruchflächen und der Dünnschliffe) ergibt sich für die im Fassadenausschnitt vorkommenden Kalksteintypen die in Tabelle 1 vorgenommene petrographische Ansprache sowie deren stratigraphische und mikrofazielle Einstufung.

Sowohl im gezeigten Ausschnitt als auch insgesamt stammt der überwiegende Anteil der an der untersuchten Fassade benutzten Werksteine (ca. 78 %) aus der Oberrad-Formation, weitere 12 % aus der darunter liegenden Oppenheim-Formation. Steine aus den stratigraphisch jüngeren Einheiten der Mainz Gruppe (Rüssingen- und Wiesbaden-Formation) kommen nur untergeordnet vor. Von unten nach oben dem Baufortschritt folgend sind die unterschiedenen Kalksteintypen weitgehend gleichmäßig verteilt. Zur neusten Stratigraphie der Mainzer Becken-Kalke, siehe Grimm & Grimm (2003), Grimm et al. (2011), Schäfer (2012).

Im Mainzer Becken sind derzeit etwa 50 Kalksteintypen bekannt, die sich durch ihre mikrofaziellen Merkmale unterscheiden lassen. Diese Kalksteintypen kann man in 6 übergeordnete Mikrofaziestypen gruppieren, die im Folgenden als Mainzer Becken Mikrofaziestypen (=MzBMF-Typen) bezeichnet werden. Sie entsprechen im Wesentlichen den Mikrofaziestypen nach Hartmann & Stapf (1988) und Grimm et al. (1992) und lehnen sich an gängige Kalksteinklassifikation an. Für die Werksteine am Mainzer Dom sind lediglich die Kalksteine des MzBMF-Typs 4 relevant. Typ 4 umfasst Grainstones bis Rudstones bzw. Arenite bis Rudite. Rund 94 % aller am Dom verbauten Kalkstein-Werksteine bestehen aus Gesteinen dieses Typs. Dabei entfallen ca. 50,6 % auf den MzBMF-Subtyp 4g (z. T. mikrobioklastische Onkoidgrainstones; Anteil Onkoide >> Anteil Ooide) und 29,4 % auf den MzBMF-Subtyp 4h (Cortoidgrainstones bis -rudstones mit wechselnden Anteile anderer Komponenten).

Tabelle 1: Die an der Marktfassade im gewählten Ausschnitt (vgl. Abb. 3) vorkommenden Kalktertiär-Werksteine. MzBMF siehe Text. Molluskenzonen nach Kadolsky (1988, 1998). R 1 = relative Häufigkeit des Werksteintyps an der Gesamtfassade. Oo = Ooide, Onko = Onkoide, Corto = Cortoide, Fm = Formation.

Typ	petrographische Ansprache	Farbe	MzBMF	Fossilien, makroskopisch	Moll.-Zone	Lithostratigraphie	R1 [%]
1	Corto-Ooidgrainstone mit dunkelgraugrünen Körnern und offenen Poren	hellgelblich	4e	Gastropodenreste	VII	Oberrad-Fm	1,60
2	mikrosparitischer Oo-Bioklast-Cortoidgrainstone bis Onko-Bioklast-Cortoidgrainstone bis -rudstone mit wenig dunkelgrauen Körnern	hellbräunlich, angewittert weißgelblich	4h	„Hydrobia“ <i>paludinaria</i> <i>Tympanotonus m. laevimargaritaceus</i> <i>Granulolabium p. pustulatum</i> <i>Dreissena (C.) brardi</i> Landschnecken	VII	Oberrad-Fm	26,18
3	Onko-Cortoidgrainstone	gelblich	4h	<i>Granulolabium p. pustulatum</i>	VII?	Oberrad-Fm	3,26
4	Corto-Bioklast-Onkoidgrainstone bis Bioklast-Corto-Onkoidpackstone bis -rudstone und Bioklast-Peloid-Onkoidpackstone	hellgelblich-braun	4g	Hydrobrien <i>Tympanotonus m. laevimargaritaceus</i> <i>Granulolabium p. pustulatum</i> <i>Dreissena (C.) brardi</i> Landschnecken	VII	Oberrad-Fm	46,22
5	Bioklast-Corto-Lithoklast-Onkoidgrainstone mit dunklen Lithoklasten	hellbeige-braun	4g	<i>Granulolabium p. pustulatum</i> <i>Dreissena (C.) brardi</i> <i>Isognomon</i> sp. (Bruchstücke)	VIe	Oppenheim-Fm	1,84
6	z.T. neosparitischer Lithoklast-Onko-Bioklastgrainstone bis Onko-Bioklastpackstone mit dunklen Lithoklasten	weißgelblich	4a	<i>Granulolabium p. pustulatum</i> Bivalven „Landschneckeneier“	VI?	Oppenheim-Fm?	2,89
8	mikrobioklastischer Onkoidgrainstone	hellbeige-braun	4g	<i>Melaraphe moguntina</i> <i>Nerita (H.) pachyderma</i> <i>Dreissena (C.) brardi</i>	VIe	Oppenheim-Fm	2,52
13	Bioklast-Rudstone bis Bioklast-Corto-Onkoidrudstone („Hydrobienkalk“)	hellgelblich	4a	„Hydrobia“ <i>inflata</i> „Hydrobia“ <i>paludinaria</i> „Hydrobia“ <i>sandbergeri</i>	VIII	Rüssingen-Fm	8,37
14	Bioklastfloat- bis -rudstone („Hydrobienkalk“)	grau bis ockerfarben	3a	„Hydrobia“ <i>paludinaria</i>		Wiesbaden-Fm	0,68
16	mikrobioklastischer Oo-Bioklast-grain- bis -packstone	gelblich bis ockerfarben	4b			Mainz-Gruppe	0,49

### Provenienzanalyse der Kalksteine: Stratigraphie, Mikrofazies

Die beiden hauptsächlich an der Domfassade vertretenen MzBMF-Subtypen 4g und 4h kann man den Standard-Mikrofaziestypen (SMF-Typen) 13 und 11 nach Flügel (1972, 1978) gegenüberstellen. Im Fazieschema nach Wilson (1975) tritt der SMF Typ 13 (MzBMF-Typ 4g, u. a.) nur im Bereich der Plattformrandsande auf, während der SMF Typ 11 (MzBMF-Typ 4h) im Bereich des Riff- bzw. Plattformrandes und der Plattformrandsande auftritt. Auf das Mainzer Becken übertragen bedeutet dies, dass für die Herkunft dieser Gesteinstypen im Wesentlichen nur ein wenige Kilometer breiter Streifen am Übergang des Mainzer Beckens zum Oberrheingraben zwischen Flörsheim am Main und Grünstadt in Frage kommt. In diesem Bereich treten Ablagerungen der Oberrad- und Oppenheim-Formation nur im Umfeld des Falkenberges bei Hochheim und Flörsheim am Main, zwischen Mainz-Weisenau und Bodenheim, bei Oppenheim – Dexheim – Guntersblum sowie von Hessloch bis Grünstadt auf. Untersuchungen von noch vorhandenen Steinbrüchen in dem skizzierten Umfeld ergaben, dass dickbankige Kalke in Werksteinqualität am ehesten im Bereich Oppenheim – Dexheim – Guntersblum erwartet werden können.

Für das seit dem Mittelalter ausgebeutete Steinbruchareal nahe Oppenheim, spricht neben den vorkommenden Werksteinqualitäten auch die gute Transportmöglichkeit der Steine über den Rhein.

### Provenienzanalyse der Kalksteine: Geochemie

Der mögliche Herkunftsort der im Dom verbauten kalkigen Gesteine konnte auch durch elementchemische Signaturen erhärtet werden. Von jeder der 19 Gesteinsproben des Mainzer Doms wurden fünf homogenisierte Proben entnommen. Zwecks Vergleichs der chemischen Signaturen sind aus drei derzeit zugänglichen Steinbrüchen im Mainzer Becken (vor allem Oppenheim aber zum Vergleich auch Rüssingen und Göllheim) jeweils fünf Kalkbänke entnommen und auf dieselbe Weise beprobt worden (jedoch pro Bank nur zwei homogenisierte Proben). Von den insg. 125 Proben wurde jeweils ca. 1 mg Gesteinspulver für die nasschemische Messung mittels eines induktiv gekoppelten Plasma-Emissionsspektrometers (Spectro CIROS<sup>CCD</sup> SOP ICP-OES) mit konzentrierter Salpetersäure versetzt und im Mikrowellendruckaufschlussverfahren aufbereitet, um eine möglichst vollständige Auflösung der Proben sicherzustellen und damit die relative Standardabweichung (RSD) der Einzelmessungen (fünf Einzelinjektionen pro Probe = quintuplikate Messungen) so gering wie möglich zu halten. Gehalte folgender Elemente ( $p$ ) wurden untersucht: As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Tl, V und Zn. Für die nachfolgende statistische Auswertung wurden nur Elemente berücksichtigt, deren RSD-Werte unter 15 % lagen. Aus den fünf, bzw. zwei Proben jeder Bank wurden arithmetische Mittelwerte errechnet; auf eine Diskussion der

elementchemischen Heterogenität der Bänke wird hier aber verzichtet.

Die Größe der Datenmatrix erforderte ein multivariates Datenreduktionsverfahren und eine geeignete graphische Darstellung im  $p$ -dimensionalen Raum. Dafür wurde die Hauptkomponentenanalyse (PCA) gewählt, mit der die für die Probendifferenzierung relevanten Elemente eingegrenzt werden konnten.

Der PCA zufolge fallen die Elementsignaturen der Gesteine der Marktfassade in ein eng umgrenztes

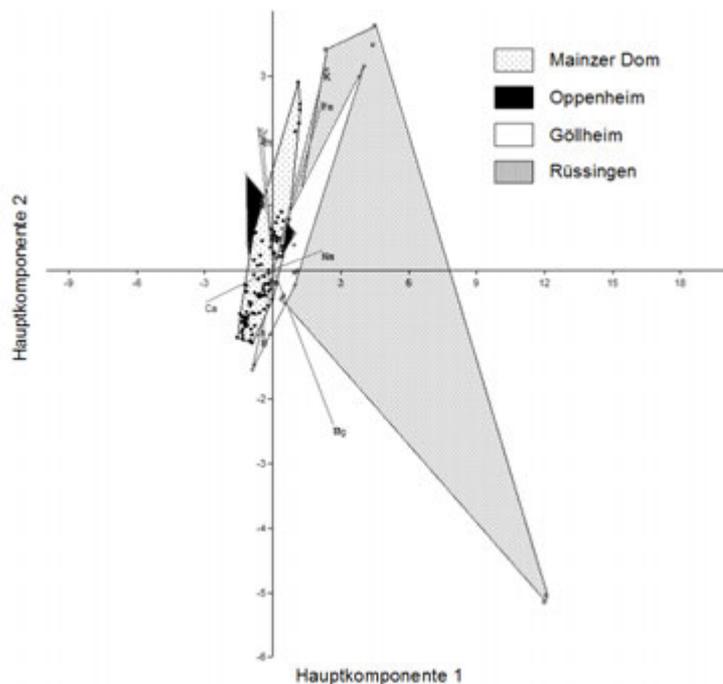


Abb. 4: Hauptkomponentenanalyse der Karbonatgesteinsproben.

Feld, das nahezu perfekt mit demjenigen der Gesteine aus dem Steinbruch Oppenheim überlappt (Abb. 4). Dagegen ist die Übereinstimmung mit den chemischen Fingerabdrücken von Göllheim und Rüssingen deutlich geringer. Eine Herkunft der Gesteine aus dem Raum Oppenheim erscheint somit eher möglich als aus den beiden anderen beprobten Regionen. Künftige Untersuchungen könnten weitere Steinbrüche der Umgebung einbeziehen, um die wahrscheinliche Provenienz der Mainzer Gesteine weiter einzugrenzen.

### *Fazit*

Die Studie verdeutlicht die Möglichkeiten und den Erfolg einer interdisziplinären Herangehensweise bei der Provenienzanalyse der in der Romanik am Mainzer Dom für die Marktfassade verwendeten Kalksteine aus dem Tertiär des Mainzer Beckens. Durch die stratigraphische und mikrofaziale Ansprache der vorgefundenen Werksteine ist unter der Voraussetzung exzellenter Kenntnisse der geologischen Vorkommen eine Eingrenzung in Frage kommender Liefergebiete möglich. Durch die geochemische Untersuchung können regionale chemische Einflüsse infolge unterschiedlicher Bildungsbedingungen im Mainzer Becken sichtbar gemacht und für die weitere Eingrenzung der Herkunft herangezogen werden.

### *Danksagung*

Die Autoren danken dem Domkapitel und der Dombauhütte für die großzügige Unterstützung der naturwissenschaftlichen Untersuchungen an den romanischen Werksteinen der Marktfassade am Mainzer Dom.

### *Literatur*

- Flügel, E. (1972): Mikrofaziale Untersuchungen in der alpinen Trias. Methoden und Probleme. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **21**, 9-64.
- Flügel, E. (1978): Mikrofaziale Untersuchungsmethoden von Kalken. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 454 S.
- Grimm, K. I. & Grimm, M. C. (2003): Geologischer Führer durch das Mainzer Tertiärbecken. In: Grimm, K.I., Grimm, M.C., Neuffer, O. & Lutz, H. (Eds.): Die fossilen Wirbellosen des Mainzer Tertiärbeckens, Mainzer naturwiss. Archiv, Beiheft, **26**, 158 S.
- Grimm, K. I., Grimm, M. C., Radtke, G., Kadolsky, Schäfer, P., Franzen, J. L., Schindler, T & Hottenrott, M. (2011): 5.2 Mainzer Becken. In: Stratigraphie von Deutschland IX, Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete, SDGG, **75**, 133-209.
- Grimm, M. C., Schindler, T., Scholz, W. & Stapf, K. R. G. (1992): Mikrofazies und Stratigraphie der Corbicula- und Hydrobien-Schichten (Unter-Miozän) am Sportplatz Kallstadt (südliches Mainzer Bruchfeld / westlicher Rheingrabenrand, SW-Deutschland). Mitt. Pollichia, **79**, 121-138
- Hartmann, D. & Stapf, K. R. G. (1988): Zur Mikrofazies, Genese und Diagenese von Lagunen-Sedimenten in den Hydrobien-Schichten (Unter-Miozän) des nördlichen Mainzer Beckens. Mitt. Pollichia, **75**, 143-196.
- IBD - Freies Institut für Bauforschung und Dokumentation (2010): Untersuchungsbericht Mainz Dom Westbau, Nordquerhaus, Westchor Nordseite. 7 Bände, Marburg 2008, Ergänzungen 2010, im Dombauarchiv.
- Kadolsky, D. (1988): Stratigraphie und Molluskenfaunen von „Landschneckenkalk“ und „Cerithienschichten“ im Mainzer Becken (Oberoligozän bis Untermiozän?). Geol. Jb (A), **110**, 69-133
- Kadolsky, D. (1998): Molluskenzonierung in den Cerithienschichten des Mainzer Beckens: eine Korrektur. Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **27**, 213-216.
- Schäfer, P. (2012): Mainzer Becken. Sammlung Geologischer Führer, Band 79, Gebrüder Bornträger, Stuttgart, 333 S.
- Strybrny, C. (1987): Die Herkunft der römischen Werksteine aus Mainz und Umgebung. Verlag des römisch-germanischen Zentralmuseums, Mainz, 106 S.
- Wilson, J. L. (1975): Carbonate facies in geologic history. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 471 S.