



BYZAN  
2010

Sonderdruck aus

Falko Daim · Jörg Drauschke (Hrsg.)

Byzanz – das Römerreich im Mittelalter

Teil 2, 2 Schauplätze

Römisch-Germanisches  
Zentrum  
Forschungsinstitut für  
Vor- und Frühgeschichte

R G Z M





Gesamtredaktion: Kerstin Kowarik (Wien)  
Koordination, Schlussredaktion: Evelyn Bott, Jörg Drauschke,  
Reinhard Köster (RGZM); Sarah Scheffler (Mainz)  
Satz: Michael Braun, Datenshop Wiesbaden; Manfred Albert,  
Hans Jung (RGZM)  
Umschlaggestaltung: Franz Siegmeth, Illustration · Grafik-Design,  
Bad Vöslau

#### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in  
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische  
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2010 Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten  
Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der  
Entnahme von Abbildungen, der Funk- und Fernsehsendung, der  
Wiedergabe auf photomechanischem (Photokopie, Mikrokopie)  
oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbei-  
tungsanlagen, Ton- und Bildträgern bleiben, auch bei nur auszugs-  
weiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des  
§ 54, Abs. 2, UrhG. werden durch die Verwertungsgesellschaft  
Wort wahrgenommen.

## DIE BYZANTINISCHEN WERKSTÄTTEN VON EPHEOS

In seinem mehr als 1000-jährigen Bestehen war das Stadtgebiet von Ephesos immer wieder Veränderungen unterworfen. Besonders verheerend wirkte sich eine Erdbebenserie im 3. Jahrhundert aus, diese führte zur Zerstörung ganzer Gebäudekomplexe; in der Spätantike befand sich das Stadtzentrum im Bereich des Hafens, die Kuretenstraße scheint noch in voller Funktion, so dass möglicherweise auch die umliegenden Gebäude noch genutzt wurden; frühestens im 7. Jahrhundert wird das Stadtzentrum dann nochmals verkleinert, und möglicherweise umgrenzte bereits die sogenannte byzantinische Stadtmauer das Areal. Ehemals im Zentrum liegende Stadtgebiete – so zum Beispiel die am Nordhang des Bülbüldağs und Südhang des Panayırdağs befindlichen Gebäude – lagen nun außerhalb und wiesen eine Art Vorstadtcharakter auf<sup>1</sup>. Zwar ist der genaue Zeitpunkt noch nicht auszumachen, fest steht jedoch, dass im 6./7. Jahrhundert in die teilweise noch stehende antike Bausubstanz verschiedenste Werkstätten eingebaut wurden. Abgesehen von den Befunden im Hanghaus, ist bislang eine Glaswerkstatt im Bereich einer Kammer in der Mitte der westlichen Agora-Kammerreihe der Tetragonos Agora bekannt, wo von der Mitte des 6. Jahrhunderts bis in das 7. Jahrhundert n. Chr. hinein unter anderem Kelchgläser und Glasgewichte produziert wurden. Eine große Anzahl von Bronzemünzen in mehreren Schichten könnte belegen, dass sie hier auch verkauft wurden<sup>2</sup>. Weiterhin dokumentierte man bei Prospektionen im Bereich des Hafens Hochtemperaturöfen<sup>3</sup>. Eine Töpferei, eine Buntmetallwerkstatt sowie Wasserkraft nutzende Werkstätten, darunter eine Steinsäge und Getreidemühlen, befanden sich allesamt in Hanghaus 2<sup>4</sup>. Zuletzt weisen mehrere Säulen mit Sägespuren, die im sogenannten Marmorsaal des Vediumgymnasiums liegen und eine Plünderung der reichen Badausstattung ebenfalls im Frühmittelalter verdeutlichen, möglicherweise auf eine weitere steinverarbeitende Werkstatt hin<sup>5</sup>.

Eine Kooperation des Österreichischen Archäologischen Instituts (ÖAI) und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Institut für Kulturgeschichte der Antike (ÖAW) mit dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum (RGZM) und dem Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik der Fachhochschule Mainz (i3mainz) ermöglicht eine Untersuchung des Werkstattkomplexes im Hanghaus 2. Dieser wurde im 6./7. Jahrhundert in den am Nordhang des Bülbüldağs gelegenen Gebäudekomplex eingebaut. Bei diesem handelt es sich um eine ab augusteischer Zeit zentral gelegene, luxuriöse Wohnanlage, bestehend aus insgesamt sieben mehretagigen Häusern (WE 1-7) mit Innenhof, die auf drei Terrassen erbaut

<sup>1</sup> Ladstätter, Hanghaus 38-39. – Ladstätter, Datierung Steinsäge. – Siehe den Beitrag Ladstätter in diesem Band mit Abb. 11; 16. – Freundliche Mitteilung S. Ladstätter.

<sup>2</sup> Scherrer, Tetragonos Agora 51 Anm. 230. – Scherrer, Agora 9. – Karwiese, Agora 11-12. – Czurda-Ruth, Glas 158-160.

<sup>3</sup> Freundliche Mitteilung S. Ladstätter.

<sup>4</sup> Mangartz, Steinsäge. – Ladstätter / Pülz, Ephesos 419-421. – Ladstätter, Datierung Steinsäge. – Mangartz, Ephesos. – Siehe auch die Beiträge Ladstätter und Beitrag Pülz in diesem Band. – Die Töpferei ist im Bereich des Raumes SR 30 zu suchen, hier wurde ein Töpferofen entdeckt. Die Buntmetallwerkstatt befindet sich hingegen am tiefsten Punkt im Bereich des Raumes 46, 46b. Zahlreiche Gussformen in verlornener Form, teilweise noch mit den jeweiligen Gussstücken in den Gussformen, wurden aufgefunden (freundliche Mitteilung S. Ladstätter).

<sup>5</sup> La Torre, Vediumgymnasium 22 mit Taf. 70, 6. 8. 9. 11. – Zusammen mit M. Steskal konnte die Autorin diese Säulen sowie das Umfeld im Sommer 2009 in Augenschein nehmen. Leider können aufgrund fehlender Befunde keine weiteren Aussagen zur Struktur dieser möglichen Werkstatt getroffen werden. Die Ausstattung allein der Palästra mit mehr als 50 Säulen, von denen so gut wie keine mehr vorhanden ist, lässt jedoch eine Herstellung von Marmorplatten im Marmorsaal oder in der ehemaligen Palästra vermuten. Schließlich hätte ein Transport der Spolien in eine Werkstatt andernorts einen unverhältnismäßigen Aufwand dargestellt. – Auch an anderen Stellen in Ephesos finden sich Belege für eine Wiederverwendung antiker Spolien, so z.B. in der Alytarchenstoa an der Kuretenstraße von Ephesos (Quatember / Scheibelreiter / Sokolicek, Alytarchenstoa 114).

wurden. Bereits im dritten Viertel des 3. Jahrhunderts wurde dieser Bau durch ein Erdbeben zerstört und nicht wieder errichtet<sup>6</sup>.

Mit Wasserkraft angetriebene Maschinen sind spätestens seit dem 1. Jahrhundert v. Chr. im Mediterraneum bekannt und in Verwendung. Dies belegen insgesamt drei Schriftquellen: So nennt Strabon eine Wassermühle, die zum Palast des Mithridates VI. in Cabeira – König von Pontos im 1. Jahrhundert v. Chr. – gehörte<sup>7</sup>; Vitruv beschreibt eine durch ein unterschlächtiges Wasserrad angetriebene Getreidemühle<sup>8</sup>; und schließlich schildert der griechische Poet Antipater von Thessalonike in einem Epigramm die Vorteile was-sergetriebener Getreidemühlen<sup>9</sup>. M. J. T. Lewis konnte darüber hinaus überzeugend darlegen, dass was-serkraftgetriebene Anlagen mit großer Wahrscheinlichkeit sogar bereits im 3. Jahrhundert v. Chr. bekannt waren. Dies legen arabische Übersetzungen verlorener griechischer Arbeiten von Philo von Byzanz, Archi-medes und Apollonius von Perge nahe<sup>10</sup>.

Im archäologischen Befund werden immer mehr Anlagen entdeckt, die Wasserkraft ausnutzten, wobei es sich hauptsächlich um einzelne Mühlstuben frühgeschichtlicher Zeitstellung handelt<sup>11</sup>. Besonders hervor-zuheben sind daher drei schon industriell anmutende große Wasserkraftanlagen – darunter der Mühlen-komplex von Ephesos. Die bislang größte bekannte Anlage befindet sich in Südfrankreich bei Barbegal (départ. Bouches-du-Rhône, F). Erstmals in den Jahren 1937/1938 untersucht, handelt es sich um eine insge-samt 16 vertikale Wasserräder umfassende Anlage, deren Erbauung nach neuen Untersuchungen von Ph. Leveau im 2. Jahrhundert n. Chr. erfolgte und deren Nutzung bis in das 4. Jahrhundert reichte. Die Wasserräder reihen sich entlang zweier parallel zueinander verlaufender Gerinne auf, die durch ein Aquä-dukt gespeist werden. Die Anlage liegt an einem Hang, so dass insgesamt ein Höhenunterschied von etwa 19m ausgenutzt wird. Jedes Wasserrad hat eine Getreidemühle angetrieben, die jeweils in einem angren-zenden Gebäude installiert war<sup>12</sup>. Die zweitgrößte Anlage wurde in den 1980er-Jahren in Nahal Tanni-nim (IL) entdeckt und 2002 und 2003 untersucht. Zwischen dem 4. und 7. Jahrhundert wurden hier insge-samt zwölf Mühlstuben gleichzeitig betrieben. Das besondere an dieser Anlage ist, dass ein vertikales Was-serrad jeweils zwei Getreidemühlen gleichzeitig angetrieben hat, indem auf beiden Seiten des Wasserrad-gerinnes eine Mühlstube eingerichtet wurde<sup>13</sup>. Die drittgrößte Anlage findet sich in Ephesos. Ihre Beson-derheit liegt dabei nicht nur in ihrer Größe begründet, sondern auch in ihrem guten Erhaltungszustand, der Nutzung der Wasserkraft nicht ausschließlich für Getreidemühlen und in ihrem späten Erbauungsdatum im 6./7. Jahrhundert. Bislang sind lediglich ältere Anlagen dieser Größenordnung bekannt.

Zwischen 1967 und 1986 wurde das Hanghaus 2 unter Leitung von H. Vettters (ÖAI) ausgegraben<sup>14</sup>. Dabei galt das Hauptinteresse den antiken, luxuriös ausgestatteten sieben Wohneinheiten. Dennoch publizierte H. Vettters in seinen Grabungsberichten etwas zu dem frühbyzantinischen Mühlenkomplex<sup>15</sup>, jedoch immer nur Teile und nie in Gänze. Die Forschungskoooperation ermöglicht es nun erstmals, die zum Mühlenkom-plex gehörigen Räume zu erfassen und auszuwerten (**Abb. 1**). Dabei müssen die Töpferei im Bereich des Raumes SR 30, die Buntmetallwerkstatt im Bereich des Raumes 46 und der Mühlenkomplex als eine Einheit aufgefasst werden. Alle Werkstätten waren parallel zur Stiegengasse 3, entlang der Westfront des Hang-hauses 2 teilweise in die alte noch vorhandene Bausubstanz eingebaut. Mit dem höchsten Raum im Süden

<sup>6</sup> Ladstätter, Hanghaus 38-39. – Ladstätter, Datierung Steinsäge. – Ladstätter, Keramik 232-236. – Siehe auch den Beitrag Lad-stätter in diesem Band.

<sup>7</sup> »It was at Cabeira that the palace of Mithridates was built, and also the water-mill« (Strab. Geogr. XII, 3,30. Übersetzt nach Jones, Strabo 429). – Strabon verwendet das Wort »ὕδαλα-της«, das hier mit »Wassermühle« übersetzt wurde.

<sup>8</sup> Vitruv X 5, 2.

<sup>9</sup> Storck / Teague, Milling 97. – Lewis, Water Power 66-67.

<sup>10</sup> Lewis, Water Power.

<sup>11</sup> Siehe dazu zusammenfassend: Spain, Water-mills.

<sup>12</sup> Benoit, Barbegal. – Leveau, Barbegal. – Leveau et al., Barbegal. – Spain, Water-mills 14-20.

<sup>13</sup> Ad / al-Salam Sa'id / Frankel, Nahal Tanninim. – Spain, Water-mills 59-61.

<sup>14</sup> Wiplinger / Wlach, Ephesos 89; 100; 104. – Ladstätter, Hang-haus 13. – Ladstätter, Datierung Steinsäge.

<sup>15</sup> Vettters, Ephesos 7-8. – Vettters, Türkei 54. – Vettters, Grabungs-bericht 1980, 151. – Vettters, Grabungsbericht 1981, 72. – Vet-ters, Grabungsbericht 1983, 225.



**Abb. 1** Grundrissplan des Mühlenkomplexes in Hanghaus 2 von Ephesos. Hellgrau: Werkstatt-räume bzw. Mühlstuben. – Dunkelgrau: Gerinne und Staubecken.



**Abb. 2** Ausschnitt eines Panoramabildes, das in der Südostecke des Raumes B20 in Hanghaus 2 von Ephesos aufgenommen wurde.

und dem niedrigsten im Norden wird dabei ein Höhenunterschied von knapp 25 m überwunden, wobei sich dadurch acht Maschinen über vertikale Wasserräder mit Energie versorgen ließen. Ein Gerinne, das teilweise in die alten Mauerkronen eingearbeitet war, verband alle acht Wasserradgerinne. Ab der Wohneinheit 7 fächerte es sich auf. Am höchsten Punkt, etwa im Bereich des heute noch erhaltenen Raumes SR 30, befand sich ehemals ein Staubecken von etwa 2,50×4,50 m Grundfläche<sup>16</sup>. Es gewährleistete einen konstanten Wasserfluss, wirkte also als eine Art Puffer; von ihm ist jedoch nichts mehr erhalten. Das Wasser selbst wurde durch ein Aquädukt, das parallel zum Nordhang des Bülbüldağs verlief, herangeführt. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um das von Süden bzw. Südwesten das Wasser über etwa 43 km herantransportierende sogenannte Değirmendere Aquädukt<sup>17</sup>. Der Anschluss des Werkstattkomplexes an dieses Aquädukt konnte bislang jedoch nicht verortet werden.

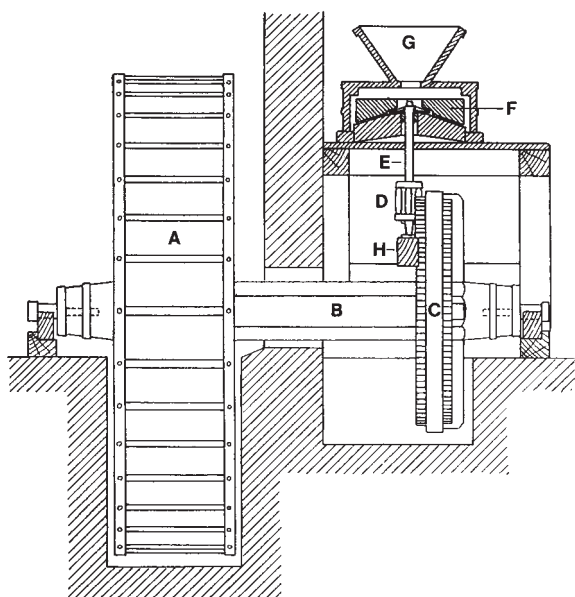
Über während der Grabungen geborgene oder auch in den Trockenmauern einiger Werkstätten verbaute Mühlsteinbruchstücke kann auf mit Wasserkraft betriebene Mühlstuben, wahrscheinlich Getreidemühlen, geschlossen werden, auch wenn keine hölzernen Bestandteile erhalten sind. Die Konstruktion im noch vorhandenen Baubefund wird anhand des Raumes B20 (**Abb. 2**) erläutert:

Der Zugang befand sich an der Nordseite des Gebäudes im unteren Geschoss. Der Raum ist während der Grabungen bis auf den anstehenden Serizit-Phyllitschiefer freigelegt worden. Dabei stellte sich heraus, dass der Boden nicht eben gearbeitet ist, vielmehr ist an der Ostseite eine Richtung Süden hin treppenartig ansteigende Struktur bis auf knapp 0,6 m stehen gelassen worden, die letzte Stufe bilden Überreste der

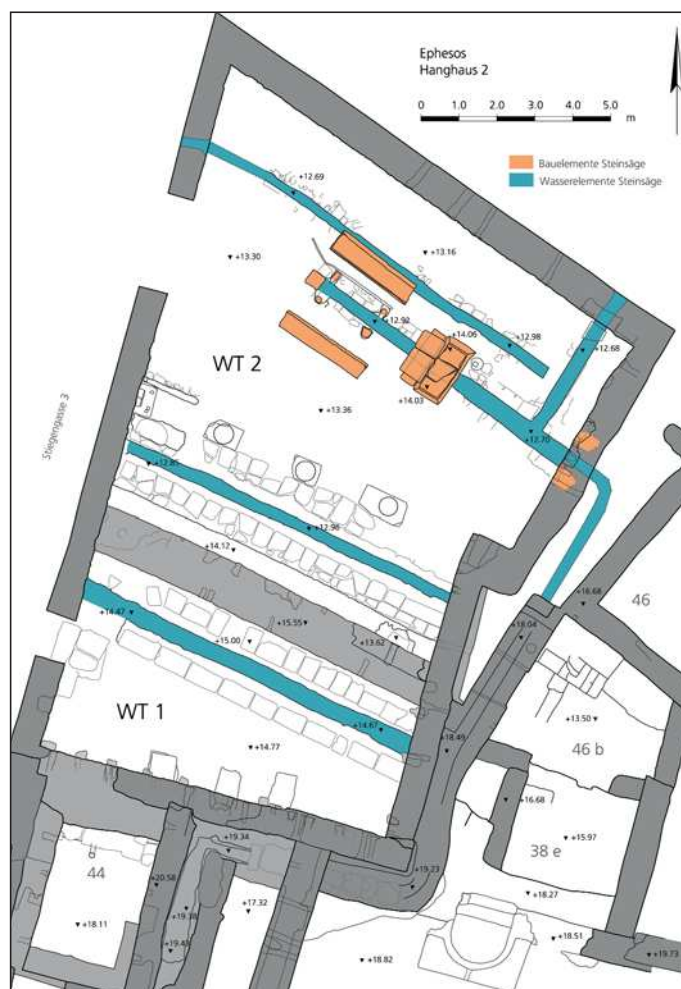
<sup>16</sup> Dieses Staubecken wurde im Zuge der Grabungen durch H. Vettters entfernt, da das Hauptinteresse antiken Baustrukturen galt. In einem Grabungsbericht geht H. Vettters kurz auf dieses, eine 4 cm mächtige Sinterschicht aufweisende Staubecken ein (Vettters, Ephesos 8-9 mit Abb. 4), wobei er es noch als Zisterne deutet (Wiplinger, Bauphasen 88).

<sup>17</sup> Öziş, Wasserbauten 98. – Öziş / Atalay / Becerik / Özdikmen, Fernwasserleitung 213-215 mit Abb. 1. – Wiplinger, Wasserversorgung 18; 38. – Siehe auch den Beitrag Wiplinger in diesem Band.





**Abb. 3** Die Mühle Vitruvs nach einer Umzeichnung von H. Jacobi (Getreidemühlen). Dabei konstruierte er das Getriebe, Mahlwerk und die vertikale Achse entsprechend den Funden aus dem Limeskastell Zugmantel. Es handelt sich somit um eine schnell rotierende Getreidemühle mit gestütztem Läufer und Lichtwerk: **A** Wasserrad. – **B** Welle. – **C** Kammrad. – **D** Laternenrad. – **E** Vertikale Achse, Mühleisen. – **F** Getreidemühle. – **G** Mühlentrichter. – **H** Pfannensteg.



**Abb. 4** Nordwestecke von Hanghaus 2 von Ephesos, WT 1 und 2. Grundriss beider Werkstatttrräume mit Steinsäge, Schleifbahnen und Arbeitsplätzen.

hellenistischen Terrassenmauer. Der Südwand ist eine knapp 1,70m hohe Trockenmauer vorgesetzt. Die Westwand ist die Trennwand zwischen Mülhraum und Wasserradgerinne. In letzterem sind bis zu 40 und mehr Zentimeter mächtige Sinterablagerungen erhalten, die etwa über einen Zeitraum von 50 Jahren entstanden sein dürften<sup>18</sup>. Ein etwa 0,70 auf 1 m großer, rechteckiger Durchbruch in ungefähr 1,35m Höhe diente sowohl als Befestigungsvorrichtung für das Auflager der Wasserradwelle eines overschlächtigen Wasserrads (**Abb. 3 A**) als auch als Durchlass für die Wasserradwelle (**Abb. 3 B**), die bis etwa zur Mitte in den Raum hineinragte. Die Drehung dieser horizontal orientierten Achse wurde durch ein Getriebe auf eine vertikale Achse übertragen. Vitruvs Beschreibung<sup>19</sup> und archäologische Funde<sup>20</sup> belegen, dass dies über ein Zahnrad respektive ein Kammrad geschah (**Abb. 3 C**), das am Ende der sich drehenden Wasserradwelle angebracht war und in ein Laternenrad (**Abb. 3 D**) eingriff. Letzteres befand sich an der vertikalen Achse (**Abb. 3 E**), so dass die horizontale in eine vertikale Drehbewegung umgewandelt wurde. Über die senk-

<sup>18</sup> Freundliche Mitteilung Prof. Dr. C. W. Passchier.

<sup>19</sup> Vitruv X 5, 2. – Siehe dazu auch: Baatz, Wassermühle Vitruv bes. 5-8. – Lewis, Water Power 42-46.

<sup>20</sup> Jacobi, Getreidemühlen 88-95 mit Abb. 43-44 und Taf. 17. – Gähwiler / Speck, Hagendorn 48-49 mit Abb. 17; 62-63 mit Abb. 37.



**Abb. 5** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Raum mit byzantinischer wassergetriebener Steinplattensäge. Blick nach Nord von WT 1 aus über die Trennmauer in WT 2. Die drei stehenden Säulen haben wohl eine Dachkonstruktion getragen. Dahinter v. l. n. r. die beiden Sägestücke, das Auflager für die Wellbalken des Wasserrades und die Wellbalkenlöcher in der Ostwand von WT 2.



**Abb. 6** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 1. Links die Schleifbahn von WT 1. Hinten an der Wand drei Arbeitsplätze.





**Abb. 7** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 1.  
Nachweise einer Steinmetzwerkstatt:  
Rohlinge für die Kapitellproduktion.

rechte Achse konnte dann eine Getreidemühle (**Abb. 3 F**), die sich in einem oberen Stockwerk befand, angetrieben werden. Die senkrechte Achse ragt durch den feststehenden Unterlieger hindurch und ist oben mit einem sogenannten Mitnehmer versehen. Dieser ist häufig doppelschwalbenschwanzförmig gearbeitet und in den Läufer eingelassen – entweder auf der Oberseite oder aber auf der Unterseite respektive der Mahlfläche. So kann der Läufer über dem Unterlieger in Rotation versetzt werden. Das Getreide wird über das Auge des Läufers eingefüllt, gelangt über einen zum Rand der Mühlsteine hin immer schmäler werdenden Abstand zwischen die Mahlflächen, wird durch die Rotation des Läufers nach außen befördert und dabei zermahlen.

Außer Getreidemühlsteinen sind allerdings auch andere Maschinen mit Wasserkraft angetrieben worden. So gehört eines der untersten Wasserräder zu einer im Befund sehr gut erhaltenen Steinsägemaschine<sup>21</sup> zur Herstellung von Marmorplatten (**Abb. 1** WT 2; 4-5). Der südlich anschließende Raum WT 1 kann als zugehörige und ergänzende Werkstatt bezeichnet werden: Hier befinden sich eine Schleifbahn und weitere Werkplätze (**Abb. 6**). Eine Durchsicht der in WT 1 und 2 aufgefundenen Spolien ergab, dass nur sehr wenige Objekte schon wegen ihrer Zeitstellung dafür in Frage kommen, in diesem spätantiken Stein bearbeitenden Betrieb hergestellt worden zu sein<sup>22</sup>. Es sind dies in erster Linie ionische Kämpferkapitelle (**Abb. 7**), die in unterschiedlichen Fertigungsgraden vorliegen. Wenn eine Werkstatt schon vor Einrichtung der Säge selbst existiert hat, können wenige der Fundstücke hier schon hergestellt worden sein, sind aber jedenfalls älter als die Säge.

Es gibt insgesamt vier Belege für die Existenz von wassergetriebenen Steinsägen in antiker und byzantinischer Zeit: Ein Sarkophagrelief aus Hierapolis (Prov. Denizli, TR; zweite Hälfte des 3. Jahrhunderts, **Abb. 8**)<sup>23</sup> sowie eine schriftliche Quelle aus Trier (Ausonius, Mosella 371)<sup>24</sup>. Aus byzantinischer Zeit

<sup>21</sup> Mangartz, Steinsäge. – Mangartz, Stone cutting machine. – Mangartz, Ephesos.

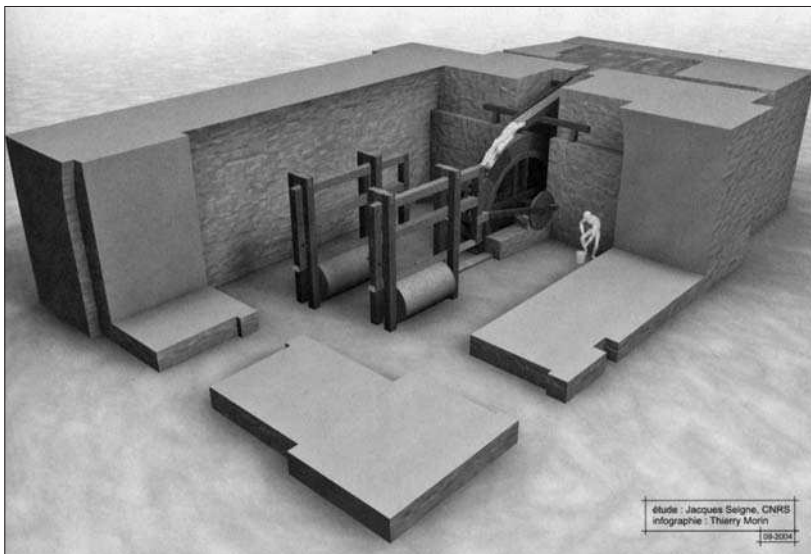
<sup>22</sup> Plattner, Spolien Ephesos.

<sup>23</sup> Hierzu zuletzt: Grewe, Hierapolis.

<sup>24</sup> Ausonius, Mosella 51 ff.



**Abb. 8** Deckel des Sarkophags von Markos Aurelios Ammianos aus Hierapolis, Gräberstraße, 3., eventuell 2. Jahrhundert, Material Travertin. Relief einer wassergetriebenen Steinsäge. Alle Teile der Säge sind – weil sonst nicht in allen Details darstellbar – flächig auf die Schmalseite des Sarkophagdeckels projiziert. Somit ergibt sich ein vollständiges, konstruktiv aber unrichtiges Bild der Maschine. V. r. n. l.: Wasserschutz (Rinne oder Schussrinne), mittelschlächtiges Wasserrad (oder sog. Stoßrad), Mühlachse, Zahnrad mit Zähnen, darunter: Laternenrad. Hiervon ausgehend (schräg nach links bzw. rechts oben) zwei Schubstangen, welche die beiden Steinsägen antreiben. Diese haben sich bereits halb in die Sägestücke eingesenkt. Keine Darstellung von Aufhängung bzw. Absenkung.



**Abb. 9** Südliche Kryptoportikus des Artemisheiligtums von Gerasa. Rekonstruktion der wassergetriebenen byzantinischen Steinsäge durch Seigne. Es handelt sich um eine doppelte Rahmensäge mit vier Blättern pro Rahmen und Kurbelantrieb, 6. oder 7. Jahrhundert.

stammen zwei Befunde, zum einen Gerasa (JOR, 6./7. Jahrhundert, **Abb. 9**)<sup>25</sup> und zum anderen Ephesos. Ausweislich der bei Sondagen unter dem Bodenniveau des Sägeraumes aufgefundenen Münzen, gehört die Konstruktion in das späte 6., eher jedoch in das frühe 7. Jahrhundert<sup>26</sup>. Zur Nutzungsdauer der Steinsäge können keine Angaben gemacht werden.

<sup>25</sup> Hierzu zuletzt: Seigne, Stone saws.

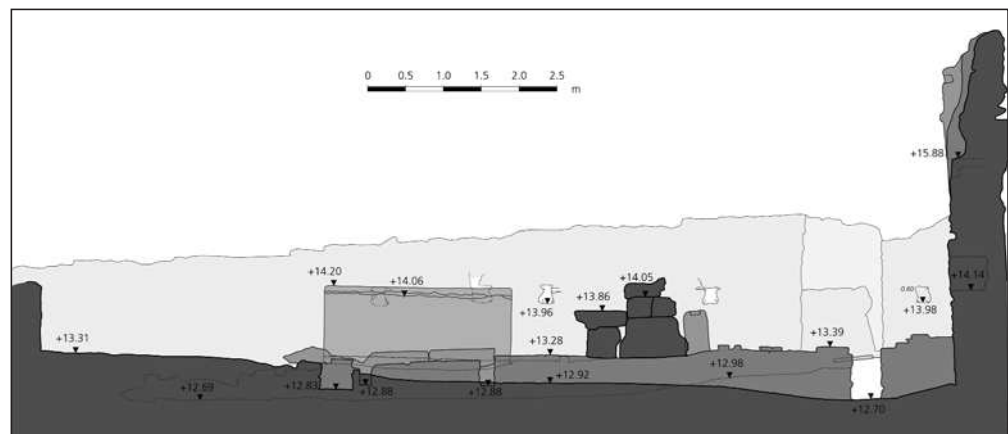
<sup>26</sup> Ladstätter, Datierung Steinsäge.





**Abb. 10** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Darstellung der östlichen Innenwand. Parallelprojektion der kolorierten 3D-Punktwolke.

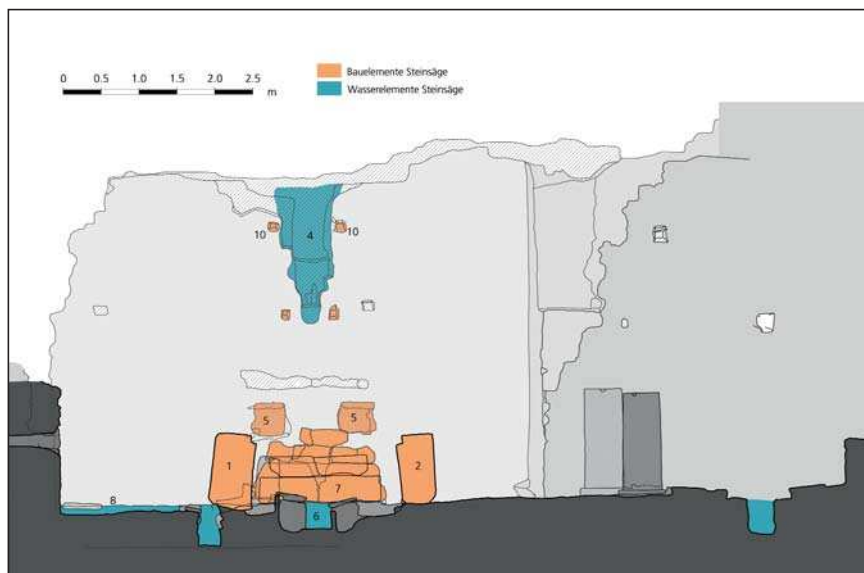
**Abb. 11** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Schnitt parallel zum Gerinne und zur Nordwand mit Darstellung der hinter dem Schnitt liegenden Ebenen.



Die für die wassergetriebene Steinsäge wichtigen, im Befund erhaltenen Elemente finden sich zum einen in der 80cm starken Ostwand von WT 2 (Abb. 10). Hier sind neben der Wasserzufuhr auch die Verankerungen für die Wellbalken des Wasserrades und Hinweise auf eine automatisierte Wasserzufuhr für den eigentlichen Sägevorgang vorhanden. Von dieser Ostwand verläuft direkt unterhalb der Wasserzufuhr ein



**Abb. 12** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Spoliensetzung als westliches Auflager der Wellenbalken für das Wasserrad. Blick von Ost. Links und rechts auf der Spoliensetzung sind halbrunde, längs verlaufende Vertiefungen angebracht, die belegen, dass die Wellenbalken auf der Seite der Säge runde Köpfe besaßen.

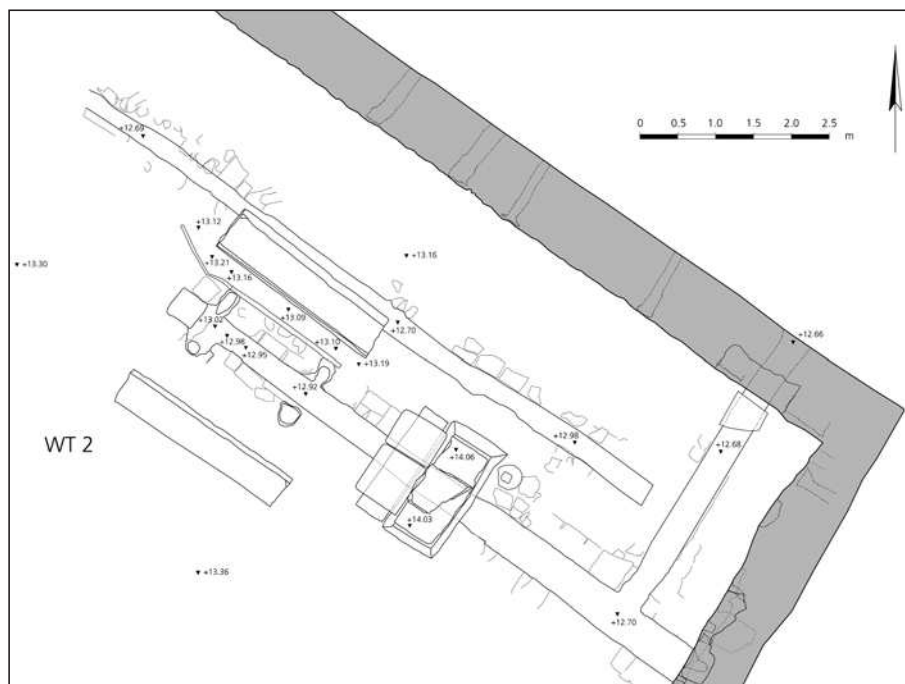


**Abb. 13** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Schnitt rechtwinklig zum Gerinne und parallel zur Ostwand mit Darstellung der hinter dem Schnitt liegenden Ebenen.

Kanal in westlicher Richtung. Als Ablauf dieses Kanals zweigt ein weiterer Kanal rechtwinklig nach Norden ab und durchbricht die Nordwand von WT 2. Hinter dieser entwässert er in die Kanalisation der Kuretenstraße. Dem erstgenannten Kanal ist ungefähr mittig eine Spoliensetzung aufgesetzt. Im obersten Stein befinden sich zwei halbrund eingemeißelte Vertiefungen. Diese laufen parallel zueinander, sind auf die Ostwand von WT 2 ausgerichtet und eindeutig als zweites Wellbalkenaufleger zu interpretieren (Abb. 11-13). Ausschlaggebendes Merkmal der Steinsägemaschine sind zwei quaderförmige Sägestücke, die beide noch annähernd die Position einnehmen, die sie während des Sägevorgangs inne hatten (Abb. 13, 1-2; 14), und die jeweils drei Sägeschnitte aufweisen. Einer der Schnitte ist bei beiden Sägestücken bis auf einen schmalen Steg komplett durchgeführt worden, der anschließende zweite und dritte Schnitt wurde bei



**Abb. 14** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Planum. Detail mit den beiden Sägestücken und den vier Pfostenlöchern, welche die Pfosten für die Galgenkonstruktion der Sägerahmen aufnehmen.

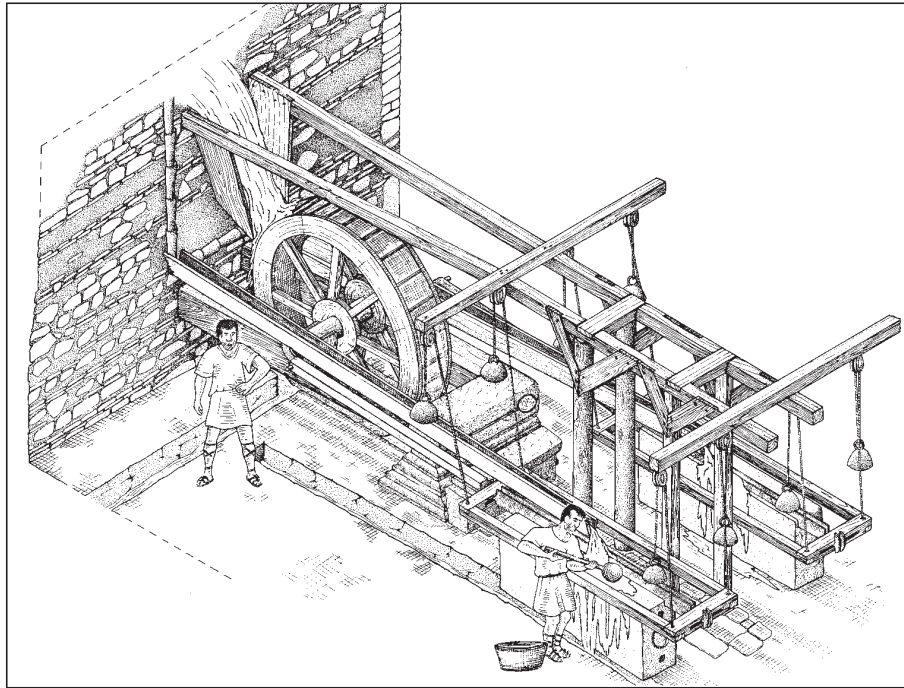


beiden Stücken nach wenigen Zentimetern auf gleicher Höhe aufgegeben (Abb. 15).

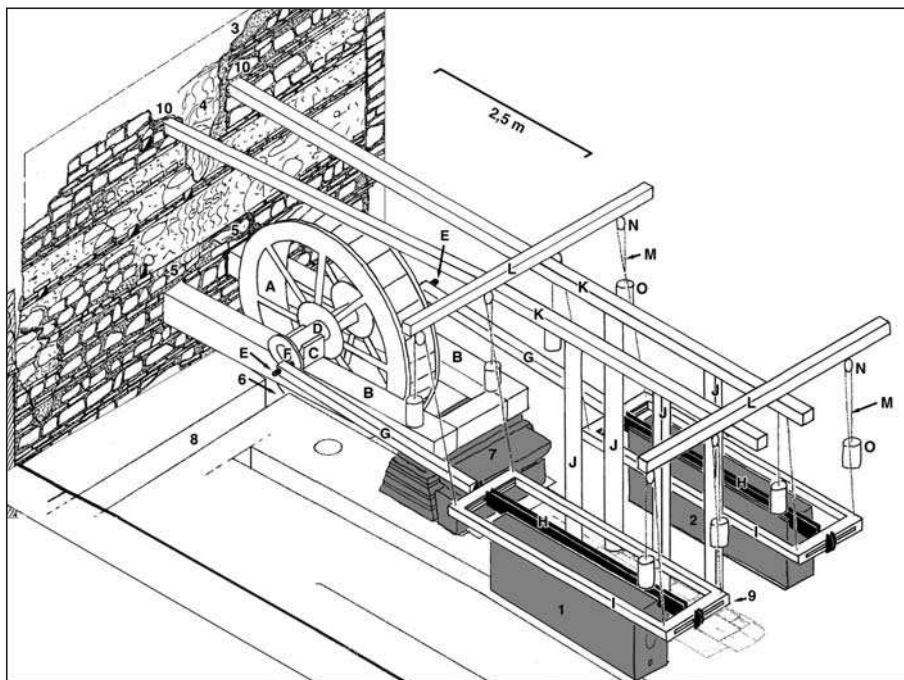
Bei der Maschine in WT 2 von Ephesos handelt sich um eine relativ einfache hölzerne Konstruktion, bei der nur die Sägeblätter und wenige Kleinteile aus Metall bestanden (Abb. 16). Der Antrieb erfolgte über ein hölzernes Wasserrad: Die Wasserradwelle saß ungefähr auf Höhe der nach Nord verlaufenden Entwässerungsrinne (Abb. 17 D), das Rad selbst wird einen Durchmesser von etwa 2,8m gehabt haben (Abb. 17 A). Die Antriebsleistung des postulierten Rades betrug um die 1 kW. Da es sich bei dem eigentlichen Sägevorgang um eine annähernd horizontale Hin- und Herbewegung handelt, muss die Kreisbewegung des Rades in eine horizontale Schubbewegung übersetzt werden: Dies geschieht mit einer Kurbel (Abb. 17 E). An dieser Kurbel war eine Schubstange befestigt (Abb. 17 G), welche die Bewegung auf zwei Vollgatter (Abb. 17 I) mit jeweils zwei Sägeblättern (Abb. 17 H) übertrug. Bei den Sägeblättern handelte es sich um eiserne Bänder. Beide Sägerahmen waren an einem Galgen (Abb. 17 J-L), auf den durch vier Pfostenlöcher im Befund geschlossen werden konnte, über je vier Seile (Abb. 17 M) mit Kontergewichten (Abb. 17 O)



**Abb. 15** Hanghaus 2 von Ephesos, WT 2. Sägestück 1 von Südwest. Wegen der Spuren an seiner westlichen Schmalseite – zwei Dübellöcher von 4×4×4cm und dazwischen eine runde Eintiefung von 20cm Durchmesser – muss es sich um eine Spolie handeln. Unten rechts ist der abgebrochene Steg des kompletten Sägeschnittes zu sehen. An der rechten oberen Längskante befinden sich die zwei angefangenen Schnitte.



**Abb. 16** Wassergetriebene Steinsäge von Ephesos. Auf diesem Lebensbild sind bestimmte technische Details ergänzt, die auf der Rekonstruktionszeichnung fehlen. Dies sind die Wasserschütze sowie die hölzernen Rinnen, welche die Sägestücke mit Spülwasser versorgen. Ein Arbeiter beschickt die Sägeschnitte mit Abrasiv.



**Abb. 17** Wassergetriebene Steinsäge von Ephesos. Rekonstruktionsvorschlag. Die Rekonstruktion ist in die vorhandene Bauaufnahme (ÖAI) von WT 2 eingebunden. – Grau: Stein, im archäologischen Befund vorhanden. – Weiß: Holz u.a., rekonstruiert. – Schwarz: Metall, rekonstruiert. – Befund: **1-2** Sägestücke. – **3** Zulauf über Wasserrinne in der Mauer. – **4** Wasserschütze. – **5** Balkenlöcher für Wellenbalken. – **6** Gerinne. – **7** Auflager für Wellenbalken aus Spoliensetzung. – **8** Gerinneablauf. – **9** Pfostenlöcher für die Aufhängung (alle vier durch die Rekonstruktion verdeckt). – **10** Balkenlöcher für die Aufhängung. – Rekonstruktion: **A** Wasserrad. – **B** Wellenbalken. – **C** Wellenlager. – **D** Wasserradwelle. – **E** Kurbel. – **F** Kurbelarm (Exzenter). – **G** Schubstangen. – **H** Sägeblätter. – **I** Sägerahmen. – **J** Pfosten der Aufhängung. – **K** Längsbalken der Aufhängung. – **L** Querbalken der Aufhängung. – **M** Pendelsehnen. – **N** Rollen. – **O** Kontergewichte.

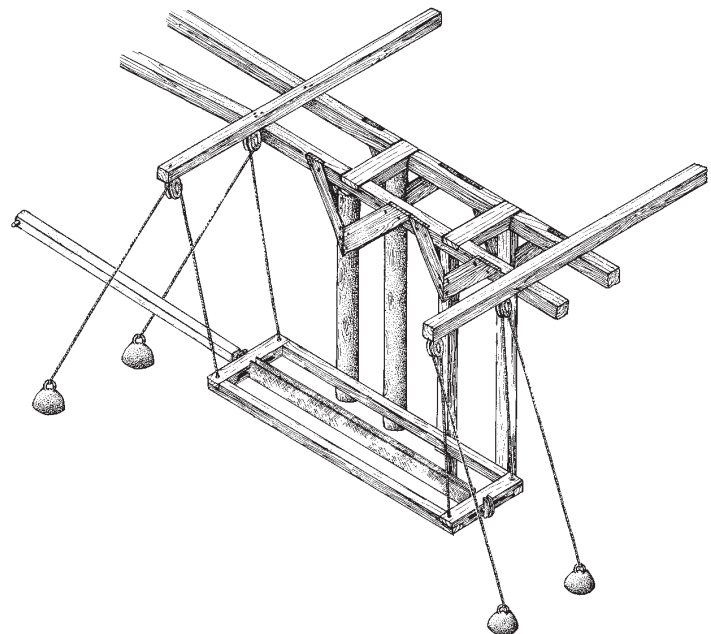




**Abb. 18** Funktionsmodell der Steinsäge von Ephesos. Schubstange, Sägerahmen und Galgenkonstruktion zur Aufhängung. Versuchsaufbau mit nach innen versetzten Querbalken, auf den Boden außerhalb des Rahmens gestellten Kontergewichten bei straff gespannten Pendelseilen.



**Abb. 19** Funktionsmodell der Steinsäge von Ephesos. Versuchsaufbau mit auf Böcken montierten Keilen (hell), die einen Aushub des Sägerahmens an den Umkehrpunkten seiner Pendelbewegung verursachen.



**Abb. 20** Wassergetriebene Steinsäge von Ephesos. Schemazeichnung. Versuchsaufbau mit nach außen versetzten Querbalken und nach außen versetzten, auf dem Boden stehenden Kontergewichten. Die Aufhängung bildet ein sich nach unten verjüngendes Trapez.

aufgehängt. Für das erfolgreiche Sägen sind die ständige Zufuhr von Wasser und Quarzsand notwendig. Der Quarzsand drückt sich beim Sägen in das eiserne Blatt ein und kann sich so in den Stein hineinschleifen. Das Wasser dient zum Einspülen des Quarzsandes in den Schnitt sowie zum Ausspülen des verbrauchten Quarzsandes und des Gesteinsabriebs. Während die Wasserzufuhr automatisch erfolgte, wird der Quarzsand von Hand zugegeben worden sein. Eine erste Rekonstruktion ging davon aus, dass die Absenkung der Sägeblätter in den Stein ebenfalls automatisch erfolgte. Um diese und andere Annahmen zu überprüfen, wurde die Steinsäge für archäologische Experimente als Funktionsmodell im Maßstab 1:1 nachgebaut

(Abb. 18). Nur der Wasserantrieb ist durch einen elektrischen Antrieb ersetzt worden. Es zeigte sich, dass die Säge keine automatische Absenkung besessen haben kann. Ansonsten aber war der Nachbau voll funktionsfähig:

Verschiedene Konstruktionen versprachen erfolgreiche Sägearbeiten. Die höchste Leistung erbrachte ein Versuchsaufbau, bei dem der notwendige Aushub der Sägeblätter durch Blöcke, auf die der Sägerahmen auflief, erzielt wurde (Abb. 19). Dieser Aushub wurde anschließend auch durch eine spezielle Aufhängung erzeugt, diese bildete ein sich nach unten hin verjüngendes Trapez und die Kontergewichte wurden außerhalb auf dem Boden gestellt (Abb. 20). Bei einem maximalen Sägefortschritt von 6,75 mm/h (18 900 mm<sup>2</sup>/h) dauert ein Sägevorgang bei einem 80 cm hohen Sägestück im besten Falle 118 Stunden, dies entspricht bei einem Arbeitstag von zwölf Stunden knapp zehn Tagen. Immerhin werden in diesem Zeitraum vier Platten gesägt. Eine der gesägten Platten hat eine Fläche von 2,24 m<sup>2</sup>, alle vier zusammen demnach 8,96 m<sup>2</sup>. Nimmt man die Werte, die durch den effektivsten Versuchsaufbau erzielt wurden, so konnten im Jahr Platten einer Gesamtfläche von 327 m<sup>2</sup> gesägt werden, wenn bei einem Zwölfstundentag ohne einen Tag Pause gearbeitet wurde. Eine Handsäge ist mit 6 000 mm<sup>2</sup>/h bei nur einer statt vier gesägten Platten deutlich weniger leistungsfähig als die Steinsägemaschine. Auch waren zu ihrer Bedienung zwei Arbeiter notwendig, zur Bedienung der Steinsägemaschine nur einer. Im Extremfall schaffte ein Arbeiter an der Steinsägemaschine das Zwölfwache der Leistung eines Handsägers.

## LITERATURVERZEICHNIS

### Quellen

Ausonius, Mosella: D. Magnus Ausonius, Mosella. Hrsg. und übersetzt von Bertold K. Weis (Stuttgart 1973).

Jones, Strabo: H. L. Jones, The Geography of Strabo with an english translation by Horace Leonard Jones (London, Cambridge Mass 1969).

### Literatur

Ad / al-Salam Sa'id / Frankel, Nahal Tanninim: U. Ad / A. al-Salam Sa'id / R. Frankel, Water-mills with Pompeian-type millstones at Nahal Tanninim. Israel Exploration Journal 55, 2005, 156-171.

Baatz, Wassermühle Vitruv: D. Baatz, Die Wassermühle bei Vitruv X 5,2. Ein archäologischer Kommentar. Saalburg Jahrbuch 48, 1995, 5-18.

Benoit, Barbegal: F. Benoit, L'usine de meunerie hydraulique de Barbegal (Arles). Revue Archéologique 15, 1940, 19-80.

Czurda-Ruth, Glas: B. Czurda-Ruth, Glas aus Ephesos: Hanghaus 1 und eine Werkstatt des 6. Jahrhunderts n.Chr. auf der Agora. In: Annales du 16<sup>e</sup> Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre [London 2003] (London 2005) 158-161.

Gähwiler / Speck, Hagendorn: A. Gähwiler / J. Speck, Die römische Wassermühle von Hagendorn bei Cham ZG. Versuch einer Rekonstruktion. Helvetia Archaeologica 22, 1991, 34-75.

Grewe, Hierapolis: K. Grewe, Die Reliefdarstellung einer antiken Steinsägemaschine aus Hierapolis in Phrygien und ihre Bedeutung für die Technikgeschichte. In: M. Bachmann (Hrsg.), Bautechnik im antiken und vorantiken Kleinasien [Internationale Konferenz 13.-16. Juni 2007 in Istanbul]. BYZAS 9 (Istanbul 2009) 429-454.

Jacobi, Getreidemühlen: J. Jacobi, Römische Getreidemühlen. Saalburg Jahrbuch 3, 1912, 75-95.

Karwiese, Agora: St. Karwiese, Agora: Ein »Münzteppich«. In: St. Karwiese et al., Ephesos. Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts in Wien Grabungen 1997, 67 und 1998, 11-12.

Ladstätter, Datierung Steinsäge: S. Ladstätter, Überlegungen zur Datierung der Steinsäge in WT 2 des Hanghauses 2. In: F. Mangartz, Die byzantinische Steinsägemaschine von Ephesos. Baubefund, Rekonstruktion, Architekturteile. Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 86 (Mainz 2010).

Ladstätter, Hanghaus: S. Ladstätter, Die Chronologie des Hanghauses 2. In: F. Krinzinger (Hrsg.), Das Hanghaus 2 von Ephesos. Studien zu Baugeschichte und Chronologie. Archäologische Forschungen 7 (Wien 2002) 9-40.

Ladstätter, Keramik: S. Ladstätter, Keramik. In: H. Thür, Hanghaus 2 in Ephesos. Die Wohneinheit 4. Baubefund, Ausstattung, Funde. Forschungen in Ephesos 8, 6 (Wien 2005) 230-358.

Ladstätter / Pülz, Ephesus: S. Ladstätter / A. Pülz, Ephesus in the Late Roman and Early Byzantine Period: changes in its urban character from the third to the seventh century AD. In: A. Poul-



- ter (Hrsg.), *The transition to Late Antiquity on the Danube and Beyond*. Proceedings of the British Academy 141 (London 2007) 391-433.
- La Torre, Vediusgymnasium: M. La Torre, Baubefund und Baubeschreibung. In: M. Steskal / M. La Torre, *Das Vediusgymnasium in Ephesos*. Archäologie und Baubefund. Forschungen in Ephesos 14, 1 (Wien 2008) 7-70.
- Leveau, Barbegal: Ph. Leveau, The Barbegal water mill in its environment: archaeology and the economic and social history of antiquity. *Journal of Roman Archaeology* 9, 1996, 137-153.
- Leveau et al., Barbegal: Ph. Leveau et al., Le troisième siècle dans la Vallée des Baux: Les fouilles de la partie basse et de l'émissaire oriental des moulins de Barbegal. *Revue Archéologique de Narbonne* 33, 2000, 387-439.
- Lewis, Water Power: M. J. T. Lewis, *Millstone and Hammer: The Origins of Water Power* (Hull 1997).
- Mangartz, Ephesos: F. Mangartz, Die byzantinische Steinsägemaschine von Ephesos. Baubefund, Rekonstruktion, Architekturteile. Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 86 (Mainz 2010).
- Mangartz, Steinsäge: F. Mangartz, Zur Rekonstruktion der wassergetriebenen byzantinischen Steinsägemaschine von Ephesos, Türkei – Vorbericht. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 36, 2006, 573-590.
- Mangartz, Stone cutting machine: F. Mangartz, The Byzantine hydraulic stone cutting machine of Ephesos (Turkey). A Preliminary Report. In: J.-P. Brun / J.-L. Fiches (Hrsg.), *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité* [Actes du Colloque International à Vers-Pont-du-Gard 20-22 septembre 2006]. Collection du Centre Jean Bérard 27 (Naples 2007) 235-242.
- Öziş, Wasserbauten: Ü. Öziş, Historische Wasserbauten in Anatolien. Ein Fundstellen- und Literaturverzeichnis. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 18, 1994, 89-108.
- Öziş / Atalay / Becerik / Özdikmen, Fernwasserleitung: Ü. Öziş / A. Atalay / M. Becerik / K. Özdikmen, Aqua Iulia. Die Kenchrios (Değirmendere)-Fernwasserleitung von Ephesos. In: B. Brandt / V. Gassner / S. Ladstätter (Hrsg.), *Synergia*. Festschrift für Friedrich Krinzinger 1 (Wien 2005) 213-219.
- Plattner, Spolien Ephesos: G. A. Plattner, Spolien aus den Räumen WT 1 und WT 2 im Hanghaus 2 in Ephesos. In: F. Mangartz, Die byzantinische Steinsägemaschine von Ephesos. Baubefund, Rekonstruktion, Architekturteile. Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 86 (Mainz 2010).
- Quatember / Scheibelreiter / Sokolicek, Alytarchenstoa: U. Quatember / V. Scheibelreiter / A. Sokolicek, Die sogenannte Alytarchenstoa an der Kuretenstraße von Ephesos. In: S. Ladstätter (Hrsg.), *Neue Forschungen zur Kuretenstraße von Ephesos*. Akten des Symposiums für Hilke Thür vom 13. Dezember 2006 an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Archäologische Forschungen 15 (Wien 2009) 111-154.
- Scherrer, Agora: P. Scherrer, Agora. In: St. Karwiese et al., *Ephesos*. Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts in Wien, Grabungen 1997, 67 und 1998, 7-10.
- Scherrer, Tetragonos Agora: P. Scherrer, Die Tetragonos Agora in Ephesos. In: P. Scherrer / E. Trinkl, *Die Tetragonos Agora in Ephesos*. Grabungsergebnisse von archaischer bis in byzantinische Zeit – Ein Überblick. Befunde und Funde klassischer Zeit. Forschungen in Ephesos 13, 2 (Wien 2006) 1-57.
- Seigne, Stone saws: J. Seigne in Zusammenarbeit mit Th. Morin, Water-powered stone saws in Late Antiquity. First step on the way to industrialisation? In: G. Wiplinger (Hrsg.), *Cura Aquarum in Ephesus*. Proceedings of the Twelfth International Congress on the History of Water Management and Hydraulic Engineering in the Mediterranean Region [Ephesus/Selçuk, Turkey, October 2-10, 2004]. Sonderschriften des Österreichischen Archäologischen Instituts in Wien 42 (Leuven, Paris, Dudley 2006) 371-378.
- Spain, Water-mills: R. Spain, The power and performance of Roman water-mills. Hydro-mechanical analysis of vertical-wheeled water-mills. *British Archaeological Reports*. International Series 1786 (Oxford 2008).
- Storck / Teague, Milling: J. Storck / W. D. Teague, *Flour for Man's Bread. A History of Milling* (London 1952).
- Vetters, Ephesos: H. Vetters, Türkei – Ephesos. Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts in Wien 49, 1968-1971, 3-19.
- Vetters, Grabungsbericht 1980: H. Vetters, Ephesos. Vorläufiger Grabungsbericht 1980. *Anzeiger der Philosophisch-Historischen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften* 118, 1981, 137-168.
- Vetters, Grabungsbericht 1981: H. Vetters, Ephesos. Vorläufiger Grabungsbericht 1981. *Anzeiger der Philosophisch-Historischen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften* 119, 1982, 62-101.
- Vetters, Grabungsbericht 1983: H. Vetters, Ephesos. Vorläufiger Grabungsbericht 1983. *Anzeiger der Philosophisch-Historischen Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften* 121, 1984, 209-232.
- Vetters, Türkei: H. Vetters, Türkei – Ephesos. Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts in Wien 50, 1972-1974, 32-62.
- Wiplinger, Bauphasen: G. Wiplinger, Die Bauphasen der Wohneinheiten 1 und 2. In: F. Krinzinger (Hrsg.), *Das Hanghaus 2 von Ephesos*. Studien zu Baugeschichte und Chronologie. Archäologische Forschungen 7 (Wien 2002) 67-92.
- Wiplinger, Wasserversorgung: G. Wiplinger, Stand der Erforschung der Wasserversorgung in Ephesos/Türkei. Schriftenreihe der Frontinus-Gesellschaft 27, 2006, 15-48.
- Wiplinger / Wlach, Ephesos: G. Wiplinger / G. Wlach, Ephesos – 100 Jahre österreichische Forschungen (Wien, Köln, Weimar 1995).

## ABBILDUNGSNACHWEIS

Abb 1 Grundlage K. Koller, ÖAI.  
Abb. 3 Nach Baatz, Wassermühle Vitruv 6.

Abb. 4, 10-11, 13-14 Bearbeitung A. Cramer, i3mainz.  
Abb. 8 Foto P. Kessener.

Abb. 9 Nach Seigne, Stone saws 375 Abb. 5.  
Abb. 12 Foto M. Wittköpper, RGZM.  
Abb. 15 Foto N. Gail, ÖAI.

Abb. 16; 20 Zeichnung M. Ober.  
Abb. 17 Grundlage AutoCAD-Rekonstruktion O. Pung, Thür.  
Abb. 18-19 Foto S. Wenzel.

## ZUSAMMENFASSUNG / ABSTRACT / RESUMÉ

Im 6./7. Jahrhundert wurden in die antike Bausubstanz von Ephesos byzantinische Werkstätten eingebaut. Bekannt sind bislang eine Glaswerkstatt im Bereich der Tetragonos Agora sowie Hochtemperaturöfen am Hafen. Eine Töpferei, eine Buntmetallwerkstatt sowie Wasserkraft nutzende Anlagen befanden sich allesamt in Hanghaus 2. Die Kooperation von ÖAI, ÖAW, RGZM und i3mainz ermöglicht eine Untersuchung des Werkstattkomplexes im Hanghaus 2. Diese Werkstätten wurden in den bereits im dritten Viertel des 3. Jahrhunderts durch ein Erdbeben zerstörten und nicht wieder aufgebauten Gebäudekomplex eingebaut. Die Forschungsk Kooperation ermöglicht eine Erfassung und Auswertung des Mühlenkomplexes. Alle Mühleneinbauten lagen entlang der Westfront des Hanghauses 2. Bei einem Höhenunterschied von knapp 25m wurden acht Wasserräder über ein gemeinsames Gerinne angetrieben. Mühlsteinbruchstücke deuten auf den Betrieb von Mühlen, wahrscheinlich Getreidemühlen, hin. Deren Konstruktion wird anhand des Raumes B20 erläutert.

Das Wasserrad in WT 2 gehört zu einer Steinsägemaschine. Erhalten sind in Ephesos zuallererst die beiden Sägestücke, die je drei Sägeschnitte aufweisen. Darüber hinaus sind das Gerinne des Wasserrades sowie die Widerlager für die das Wasserrad tragenden Wellbalken vorhanden, Pfostenlöcher geben Hinweise auf die Galgenkonstruktion, welche die Sägerahmen trug. Das Wasserrad besaß bei einem Durchmesser von 2,8m eine Leistung von ca. 1 kW. Die Drehung des Rades wurde über eine Kurbel in eine horizontale Schubbewegung übersetzt. Die ungezahnnten eisernen Sägeblätter schlifften sich unter Zugabe von Quarzsand und Wasser in den zu sägenden Stein ein. Archäologische Experimente ergaben Leistungen von bis zu 18900mm<sup>2</sup>/h, was bedeutet, dass im Jahr bis zu 327m<sup>2</sup> Platten gesägt werden konnten.

During the 6<sup>th</sup>/7<sup>th</sup> century Byzantine workshops were constructed within the ancient buildings of Ephesos. So far a glass kiln is known in the area of the Tetragonos Agora and high-temperature kilns from the harbour. A pottery kiln, a non-ferrous metal workshop as well as installations using water power, were all discovered in Hanghaus 2. A cooperation of the ÖAI, ÖAW, RGZM, and i3mainz makes a research on these workshops in Hanghaus 2 possible. They were inserted in the building complex which was destroyed by an earthquake already in the third quarter of the 3<sup>rd</sup> century and not re-built. It was possible to collect the data of the water mills and analyse them. All mills were constructed along the western front of the Hanghaus 2. With a difference in height of almost 25m eight water wheels were powered by a chute. Fragments of millstones suggest the existence of flour mills. Their way of construction is explained on the basis of room B20.

The water wheel in room WT 2 belongs to a stone sawing machine. First of all there are stone blocks with three cuts each, then the channel for the water wheel and the bearings for the beams supporting the shaft of the water wheel. Postholes point to the gallows construction which carried the frame saws. With a diameter of 2,8m the water wheel had a capacity of 1 kW. The rotating movement of the wheel was transmitted into a reciprocating horizontal movement by a crank. The non-toothed saw blade ground into the stone with the help of additional siliceous sand and water. Experimental archaeology showed that a capacity of up to 18900mm<sup>2</sup>/h was achieved, i.e. each year up to 327m<sup>2</sup> slabs could be cut.

M. S.

Aux 6-7<sup>e</sup> siècles ont été incorporés dans les antiques substances de constructions de l'Ephèse des ateliers byzantins. Connus sont jusqu'à présent un atelier de verrier dans la zone de l'Agora Tetragonos mais aussi des fours à hautes température dans le port. Un atelier de potier, un atelier de métal non ferreux mais aussi d'utiles installations industrielles hydrauliques ont tous été découverts dans le Hanghaus 2. Une coopération de ÖAI, ÖAW, RGZM et i3mainz permit une recherche dans le complexe des ateliers dans le Hanghaus 2. Ces ateliers ont été anéantis dès le 3<sup>e</sup> quart du 3<sup>e</sup> siècle par un tremblement de terre et plus jamais reconstruits et incorporés au complexe des bâtiments. La coopération dans la recherche permit ainsi d'appréhender et d'exploiter un complexe de moulins. Tous les moulins avaient été construits le long du front ouest du Hanghaus 2. Avec une dénivellation de près de 25m ont été actionnées 8 roues à eau sur un canal commun. Des morceaux fractionnaires de meules signalent l'exploitation de moulins, certainement des moulins céréaliers. Leur construction est expliquée en se fondant sur l'espace B20.



La roue à aube dans WT 2 fait partie d'une machine à scier la pierre. Conservés à Ephèse sont en premier lieu les deux morceaux de scie lesquels comportent chacun trois entailles de scie. Au-delà, le canal de la roue à aube ainsi que la butée de l'arbre porteur de la roue sont préservés. Des trous de poteaux donnent des indices d'une ossature de potence qui portait le cadre de la scie. La roue à aubes avait un diamètre de 2,8m et une puissance d'environ 1 kW. La rotation de la roue était transformée en un mouvement de poussée horizontale par une manivelle. Les lames de scie non dentelées en fer meulaient la pierre à scier par l'apport de sable de quartz et d'eau. Des expérimentations archéologiques résultèrent des performances jusqu'à 18900 mm<sup>2</sup>/h, ce qui veut dire que l'on pouvait scier près de 327 m<sup>2</sup> de dalles.

E. L.

*Dr. Stefanie Wefers*  
*Römisch-Germanisches Zentralmuseum*  
*Forschungsinstitut für Vor- und Frühgeschichte*  
*Ernst-Ludwig-Platz 2*  
*D - 55116 Mainz*  
*wefers@rgzm.de*

*Dr. Fritz Mangartz*  
*Römisch-Germanisches Zentralmuseum*  
*Forschungsbereich Vulkanologie, Archäologie und Technikgeschichte*  
*An den Mühlsteinen 7*  
*D - 56727 Mayen*  
*mangartz@rgzm.de*





# BYZANZ – DAS RÖMERREICH IM MITTELALTER

## VERZEICHNIS DER BEITRÄGE

### TEIL 1 WELT DER IDEEN, WELT DER DINGE

#### WELT DER IDEEN

*Ernst Künzl*

Auf dem Weg in das Mittelalter: die Gräber Constantins, Theoderichs und Chlodwigs

*Vasiliki Tsamakda*

König David als Typos des byzantinischen Kaisers

*Umberto Roberto*

The Circus Factions and the Death of the Tyrant: John of Antioch on the Fate of the Emperor Phocas

*Stefan Albrecht*

Warum tragen wir einen Gürtel? Der Gürtel der Byzantiner – Symbolik und Funktion

*Mechthild Schulze-Dörrlamm*

Heilige Nägel und heilige Lanzen

*Tanja V. Kushch*

The Beauty of the City in Late Byzantine Rhetoric

*Helen Papastavrou*

Classical Trends in Byzantine and Western Art in the 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> Centuries

#### WELT DER DINGE

*Birgit Bühler*

Is it Byzantine Metalwork or not? Evidence for Byzantine Craftsmanship Outside the Byzantine Empire (6<sup>th</sup> to 9<sup>th</sup> Centuries AD)

*Isabella Baldini Lipolis*

Half-crescent Earrings in Sicily and Southern Italy

*Yvonne Petrina*

Kreuze mit geschweiften Hasten und kreisförmigen Hastenenden

*Anastasia G. Yangaki*

The Scene of »the Holy Women at the Tomb« on a Ring from Ancient Messene and Other Rings Bearing the Same Representation

*Ellen Riemer*

Byzantinische und romanisch-mediterrane Fibeln in der Forschung

*Aimilia Yeroulanou*

Common Elements in »Treasures« of the Early Christian Period

*Tivadar Vida*

Zur Formentwicklung der mediterranen spätantik-frühbyzantinischen Metallkrüge (4.-9. Jahrhundert)

*Anastassios Antonaras*

Early Christian and Byzantine Glass Vessels: Forms and Uses

*Binnur Gürler und Ergün Lafli*

Frühbyzantinische Glaskunst in Kleinasien

*Ronald Bockius*

Zur Modellrekonstruktion einer byzantinischen Dromone (chelandion) des 10./11. Jahrhunderts im Forschungsbereich Antike Schifffahrt, RGZM Mainz

*Isabelle C. Kollig, Matthias J. J. Jacinto Fragata und Kurt W. Alt*

Anthropologische Forschungen zum Byzantinischen Reich – ein Stiefkind der Wissenschaft?

## TEIL 2 SCHAUPLÄTZE

### KONSTANTINOPEL / ISTANBUL

*Albrecht Berger*

Konstantinopel – Gründung, Blüte und Verfall  
einer mediterranen Metropole

*Rudolf H. W. Stichel*

Die Hagia Sophia Justinians, ihre liturgische Einrichtung  
und der zeremonielle Auftritt des frühbyzantinischen  
Kaisers

*Helge Svenshon*

Das Bauwerk als »aistheton soma« – eine Neuinter-  
pretation der Hagia Sophia im Spiegel antiker  
Vermessungslehre und angewandter Mathematik

*Lars O. Grobe, Oliver Hauck und Andreas Noback*

Das Licht in der Hagia Sophia – eine Computersimulation

*Neslihan Asutay-Effenberger*

Die justinianische Hagia Sophia: Vorbild oder Vorwand?

*Örgü Dalgıç*

The Corpus of Floor Mosaics from Istanbul

*Stefan Albrecht*

Vom Unglück der Sieger – Kreuzfahrer in Konstantinopel  
nach 1204

*Ernst Gamillscheg*

Hohe Politik und Alltägliches im Spiegel  
des Patriarchatsregisters von Konstantinopel

### AGHIOS LOT / DEIR 'AIN 'ABATA

*Konstantinos D. Politis*

The Monastery of Aghios Lot at Deir 'Ain 'Abata  
in Jordan

### ANAIA / KADIKALESİ

*Zeynep Mercangöz*

Ostentatious Life in a Byzantine Province:  
Some Selected Pieces from the Finds of the Excavation  
in Kuşadası, Kadikalesi/Anaia (Prov. Aydın, TR)

*Handan Üstündağ*

Paleopathological Evidence for Social Status in a Byzan-  
tine Burial from Kuşadası, Kadikalesi/Anaia: a Case of  
»Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis« (DISH)

### ANDRONA / AL ANDARIN

*Christine Strube*

Al Andarin, das antike Androna

*Marlia Mundell Mango*

Androna in Syria: Questions of Environment  
and Economy

### AMORIUM / HISARKÖY

*Christopher S. Lightfoot*

Die byzantinische Stadt Amorium:  
Grabungsergebnisse der Jahre 1988 bis 2008

*Eric A. Ivison*

Kirche und religiöses Leben im byzantinischen  
Amorium

*Beate Böhlendorf-Arslan*

Die mittelbyzantinische Keramik aus Amorium

*Edward M. Schoolman*

Kreuze und kreuzförmige Darstellungen  
in der Alltagskultur von Amorium

*Johanna Witte*

Freizeitbeschäftigung in Amorium: die Spiele

### CHERSON / SEWASTOPOL

*Aleksandr Ajbabin*

Das frühbyzantinische Chersonesos/Cherson

*Adam Rabinowitz, Larissa Sedikova  
und Renata Henneberg*

Daily Life in a Provincial Late Byzantine City:  
Recent Multidisciplinary Research in the Southern Region  
of Tauric Chersonesos (Cherson)

*Tatjana Jašaeva*

Pilgerandenken im byzantinischen Cherson

### EPHESOS / SELÇUK

*Sabine Ladstätter*

Ephesos in byzantinischer Zeit – das letzte Kapitel  
der Geschichte einer antiken Großstadt



*Andreas Külzer*

Ephesos in byzantinischer Zeit – ein historischer Überblick

*Andreas Pülz*

Das Stadtbild von Ephesos in byzantinischer Zeit

*Martin Steskal*

Badewesen und Bäderarchitektur von Ephesos  
in frühbyzantinischer Zeit

*Gilbert Wiplinger*

Die Wasserversorgung von Ephesos in byzantinischer  
Zeit

*Norbert Zimmermann*

Die spätantike und byzantinische Malerei  
in Ephesos

*Johanna Auinger und Maria Aurenhammer*

Ephesische Skulptur am Ende der Antike

*Andrea M. Pülz und Feride Kat*

Byzantinische Kleinfunde aus Ephesos –  
ein Materialüberblick

*Stefanie Wefers und Fritz Mangartz*

Die byzantinischen Werkstätten von Ephesos

*Manfred Koob, Mieke Pfarr und Marc Grellert*

Ephesos – byzantisches Erbe des Abendlandes  
Digitale Rekonstruktion und Simulation  
der Stadt Ephesos im 6. Jahrhundert

#### IUSTINIANA PRIMA / CARIČIN GRAD

*Vujadin Ivanišević*

Caričin Grad – the Fortifications and the Intramural  
Housing in the Lower Town

#### KRASEN

*Valery Grigorov*

The Byzantine Fortress »Krasen« near Panagyurishte

#### PERGAMON / BERGAMA

*Thomas Otten*

Das byzantinische Pergamon – ein Überblick  
zu Forschungsstand und Quellenlage

*Manfred Klinkott*

Die byzantinischen Wehrmauern von Pergamon  
als Abbild der politisch-militärischen Situationen  
im westlichen Kleinasien

*Sarah Japp*

Byzantinische Feinkeramik aus Pergamon

#### TELANISSOS / QAL'AT SIM'AN

*Jean-Luc Biscop*

The Roof of the Octagonal Drum of the Martyrium  
of Saint-Symeon

#### USAYS / ĠĀBAL SAYS

*Franziska Bloch*

Öllampenfunde aus dem spätantik-frühislamischen  
Fundplatz Ġabal Says im Steppengürtel Syriens

### TEIL 3 PERIPHERIE UND NACHBARSCHAFT

*Franz Alto Bauer*

Byzantinische Geschenkdiplomatie

#### DER NÖRDLICHE SCHWARZMEERRAUM

*Elzara Chajredinova*

Byzantinische Elemente in der Frauentracht der Krimgoten im 7. Jahrhundert

*Rainer Schreg*

Zentren in der Peripherie: landschaftsarchäologische Forschungen zu den Höhengründungen der südwestlichen Krim und ihrem Umland

#### DER UNTERE DONAURAUM

*Andrey Aladzhov*

The Byzantine Empire and the Establishment of the Early Medieval City in Bulgaria

*Stanislav Stanilov*

Der Pfau und der Hund: zwei goldene Zierscheiben aus Veliki Preslav

#### DER MITTLERE UND OBERE DONAURAUM

*Jörg Drauschke*

Halbmondförmige Goldohrringe aus bajuwarischen Frauengräbern – Überlegungen zu Parallelen und Provenienz

*Péter Prohászka*

Die awarischen Oberschichtgräber von Ozora-Tótipuszt (Kom. Tolna, H)

*Falko Daim, Jérémie Chameroy, Susanne Greiff, Stephan Patscher, Peter Stadler und Bendeguz Tobias*  
Kaiser, Vögel, Rankenwerk – byzantinischer Gürteldekoration des 8. Jahrhunderts und ein Neufund aus Südungarn

*Ádám Bollók*

The Birds on the Braid Ornaments from Rakamaz: a View from the Mediterranean

*Péter Langó*

Crescent-shaped Earrings with Lower Ornamental Band

*Miklós Takács*

Die sogenannte Palmettenornamentik der christlichen Bauten des 11. Jahrhunderts im mittelalterlichen Ungarn

#### SKANDINAVIEN

*John Ljungkvist*

Influences from the Empire: Byzantine-related Objects in Sweden and Scandinavia – 560/570-750/800 AD



Unter diesem Banner erscheint im Jahr 2010 eine Reihe von Publikationen des Verlages des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, die sich mit der Archäologie und Geschichte des Byzantinischen Reiches beschäftigen. Anlass ist die Ausstellung »Byzanz – Pracht und Alltag«, die vom 26. Februar bis zum 13. Juni 2010 in Bonn gezeigt wurde. Veranstaltet von der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland wurde sie vom RGZM in Zusammenarbeit mit zahlreichen Fachkollegen konzipiert. Das RGZM setzt damit seine Forschungen im Bereich der Spätantike im Mittelmeerraum und des Byzantinischen Reiches fort, die bereits auf eine lange Tradition zurückblicken können und die in den letzten Jahren – nicht zuletzt durch einige Projekte, die zusammen mit Kooperationspartnern an Plätzen im Gebiet des Byzantinischen Reiches selbst durchgeführt werden – zu einem Schwerpunkt der Tätigkeiten des RGZM geworden sind.



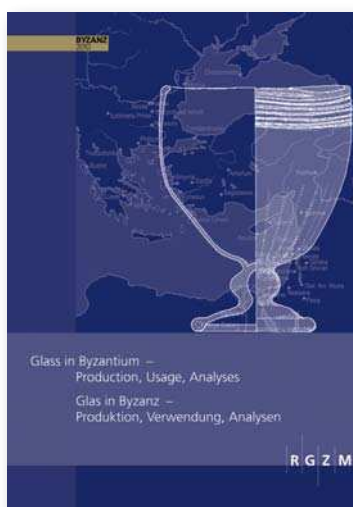
Falko Daim · Jörg Drauschke (Hrsg.)  
**Byzanz – das Römerreich im Mittelalter**  
Monographien des RGZM  
Band 84, 1-3

Teil 1 Welt der Ideen, Welt der Dinge  
507 S. mit 319 meist farb. Abb.  
ISBN 978-3-88467-153-5  
€ 90,–

Teil 2 Schauplätze  
2 Bd., 922 S. mit 701 meist farb. Abb., 1 Faltaf.  
ISBN 978-3-88467-154-2  
€ 170,–

Teil 3 Peripherie und Nachbarschaft  
451 S. mit 261 meist farb. Abb.  
ISBN 978-3-88467-155-9  
€ 80,–

Teil 1-3 zusammen € 295,–



Jörg Drauschke · Daniel Keller (Hrsg.)  
**Glas in Byzanz – Produktion, Verwendung, Analysen**  
RGZM Tagungen

Band 8  
270 S. mit 200 Abb., 15 Farbtaf.  
ISBN- 987-3-88467-147-4  
€ 44,–



Mechthild Schulze-Dörrlamm  
**Byzantinische Gürtelschnallen und Gürtelbeschläge im RGZM**

Teil 1: Die Schnallen ohne Beschläg, mit Laschenbeschläg und mit festem Beschläg des 5. bis 7. Jahrhunderts  
 Kataloge Vor- und Frühgeschichtlicher Altertümer  
 Band 30,1

2. Aufl., 268 S. mit 545 Abb., 4 Farbtaf.

ISBN 978-3-88467-134-4

€ 70,-



Mechthild Schulze-Dörrlamm  
**Byzantinische Gürtelschnallen und Gürtelbeschläge im RGZM**

Teil 2 Die Schnallen mit Scharnierbeschläg und die Schnallen mit angegossenem Riemendurchzug des 7. bis 10. Jahrhunderts

Kataloge Vor- und Frühgeschichtlicher Altertümer  
 Band 30,2 (2009)

414 S. mit 522 Abb., 2 Farbtaf., 1 Beil.

ISBN 978-3-88467-135-1

€ 98,-



Fritz Mangartz  
**Die byzantinische Steinsäge von Ephesos**

Monographien des RGZM

Band 86

122 S. mit 100 Abb., 23 Farbtaf.

ISBN 978-3-88467-149-8

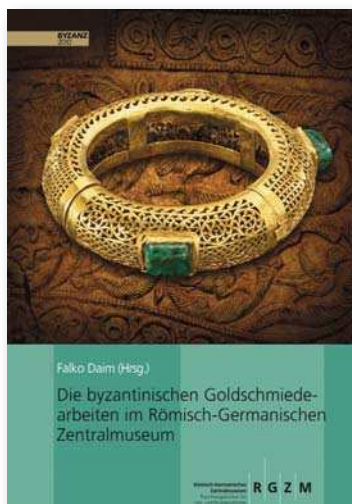
€ 45,-



Henriette Kroll  
**Tiere im Byzantinischen Reich**  
 Archäozoologische Forschungen im Überblick  
 Monographien des RGZM  
 Band 87  
 306 S. mit 80 Abb.; 16 Farbtaf.  
 ISBN 978-3-88467-150-4  
 ca. 55,-€



Birgit Bühler  
**Der »Schatz« von Brestovac, Kroatien**  
 Monographien des RGZM  
 Band 85  
 ca. 400 S. mit 300 z.T. farbige Abb.  
 ISBN 978-3-7954-2348-3  
 ca. 120,-€



Falko Daim (Hrsg.)  
**Die byzantinischen Goldschmiedearbeiten  
 im Römisch-Germanischen Zentralmuseum**  
 Kataloge Vor- und Frühgeschichtlicher Altertümer  
 Band 42  
 ca. 300 S. mit 650 meist farbigen Abb.  
 ISBN 978-3-7954-2351-3