

diesem letzten Abschnitt zur Aussagefähigkeit der angetroffenen Situation für die ursprüngliche Nutzung und Funktion des Gebäudes zögert der Leser, den Ausführungen vorbehaltlos zuzustimmen. Die Zerstörung (durch ein Erdbeben) am Ende der Phase 7 dürfte in der Tat ein unvorhersehbares Ereignis gewesen sein, das innerhalb kürzester Zeit den Ist-Zustand der Gebäude, die ihm zum Opfer fielen, versiegelte. Sehr gut ist dies bereits auch innerhalb des Exkurses 1 zu vergleichbaren Zerstörungshorizonten in Augst herausgearbeitet worden: Das Schadensereignis trat offenbar noch weitaus plötzlicher als in Pompeji ein, sodass die Bewohner keine Zeit mehr hatten, Herdfeuer zu löschen oder gar Teile des Hausrates in Sicherheit zu bringen. Der archäologische Befund dieser Zerstörungsphase überliefert also am ehesten einen tatsächlichen Ist-Zustand. Anders ist dies aber beim zweiten Schadensereignis am Ende von Phase 11, das wohl zu Recht als Folge eines kriegerischen Angriffs auf Augusta Raurica interpretiert wird. Die hierbei hervorgerufene Zerstörung traf die Bewohner des Hauses sicherlich nicht gleichermaßen unvorbereitet wie das Erdbeben eine Generation (?) zuvor. Mit Sicherheit gab es eine Vorwarnzeit. Möglicherweise blieben Tage, wenn nicht sogar Wochen oder – im Falle einer Belagerung – evtl. sogar Monate Zeit, sich auf die nun drohende Gefahr einzustellen. Maßnahmen, die in Zusammenhang mit der Flucht von Bewohnern aus der Stadt oder der Landbevölkerung in diese hinein, der Räumung vor den Toren gelegener Besitzungen, dem Anlegen von Vorräten, der Einquartierung von Soldaten oder sogar einem letzten Mahl vor dem Beginn des Entscheidungskampfes stattgefunden haben, können erhebliche Auswirkungen auf das uns überlieferte Fundgut aus der Taberna gehabt haben. Ob daher etwa die Zusammensetzung des Tierknochenmaterials dieser Phase tatsächlich Zeugnis über den Wohlstand der Bewohner gibt, muss zumindest mit einem Fragezeichen versehen werden. Angesichts einer akuten feindlichen Bedrohung sind viele Szenarien denkbar, weshalb in dem eher kleinen Gebäude Mobiliar, Vorräte, Werkzeug oder Waffen untergebracht wurden, ohne dass die zahlreichen Keramikgefäße, ebenso wenig wie die übrigen Funde, den „Hausrat“ der Bewohner anzeigen müssen. Die Tatsache, dass trotz bestmöglicher Auswertung und Vorlage nicht alle unsere Fragen zufriedenstellend zu lösen sind, zeigt lediglich, wie begrenzt unsere archäologischen Mittel für die Rekonstruktion der historischen Wirklichkeit sind. In Augst wie andernorts bleibt aber zu hoffen, dass viele Fragen durch künftige Untersuchungen einmal geklärt werden können. In jedem Fall wird mit dem vorliegenden Band nach dem weitgehenden Erhalt des originalen Denkmals nun auch der archäologische Bearbeitungsstand dem exzeptionellen historischen Zeugnis der Augster Taberna gerecht.

73728 Esslingen
Berliner Straße 12
E-Mail: andreas.thiel@rps.bwl.de

Andreas Thiel
Regierungspräsidium Stuttgart
Landesamt für Denkmalpflege, Referat 84.2

HANNES LEHAR, Die römische Hypokaustheizung. Berechnungen und Überlegungen zu Leistung, Aufbau und Funktion. Shaker Verlag, Aachen 2012. € 59,80. ISBN 978-3-8440-0796-1. 396 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, Plänen, Tabellen und einer CD-ROM.

Der Verf. hat sich als Fachmann für Heizungstechnik vor dem Studium der Klassischen Archäologie rund 20 Jahre lang beruflich mit heutigen Heizungen beschäftigt und „in dieser Zeit mehr als 1000 Heizungen geplant oder mitgeplant“ (S. 7). Aus dieser Sicht behandelt er nun die antike Hypokaustheizung in der vorliegenden sehr umfangreichen Schrift, die als Dissertation von der Universität Innsbruck angenommen worden ist. Der Verf. hat den Titel „Die römische Hypokaustheizung“ allerdings zu weit gefasst; eine zusammenfassende baugeschichtliche Darstellung dieser Heizungsart – wie man nach dem Titel meinen könnte – liegt nicht vor. So wurden beispielsweise die Heizungsanlagen der städtischen Großthermen vom „Kaisertyp“ nicht berücksichtigt, so wichtig diese Bauwerke für das Thema auch sein mögen. Auf den Schwerpunkt der Arbeit weist der Untertitel hin:

„Berechnungen und Überlegungen“, wobei die Überlegungen oft einen allzu breiten Raum einnehmen. Die Berechnung des Wärmeenergiebedarfs von Hypokaustheizungen bildet den Hauptteil der Schrift. Der Verf. argumentiert dabei rein theoretisch aufgrund der Maße und Baupläne rekonstruierter Hypokausten. Eigene Heizversuche oder wärmetechnische Messungen hat er nicht unternommen.

Einleitend stellt der Verf. jene elf Bauwerke vor, die ihm als Basis seiner Berechnungen dienen: Schwarzenacker, Haus 17; Schwarzenacker, „Haus des Augenarztes“; Archäologischer Park Carnuntum, Haus II; Archäologischer Park Carnuntum, Villa urbana; Archäologischer Park Carnuntum, Thermen der Zivilstadt; Hechingen-Stein, Villa rustica; Magdalensberg, Repräsentationshaus; Möcklenlohe, Villa rustica; Limeskastell Saalburg, Raum in den Principia; Villa Borg, Thermen; Xanten CUT, Herbergsthermen. Es handelt sich durchweg nicht um römische Originalbauten, sondern um rekonstruierte Thermen und sonstige durch Hypokausten heizbare Gebäudeteile. Das hatte zur Folge, dass der Verf. die besonderen Probleme der Rekonstruktionen sehr ausführlich behandelt hat.

In den folgenden Kapiteln des Teils 1 bespricht der Verf. zunächst die baulichen Komponenten der Hypokaustheizung: Praefurnium – Pfeilerhypokaust – Tubulatur – Rauchabzüge. Eine zentrale Gruppe bilden dann die Abschnitte mit heiztechnischen Themen: Wärmeverteilung – Heizbetrieb – Wärmebedarf. Außerdem wird der technische Begriff der „Behaglichkeit“ einer Raumheizung erläutert; er ist wichtig für das Verständnis der Hypokaustheizung.

Die beigelegte CD (Teil 2 der Arbeit) enthält für die genannten elf Objekte sowohl die Grundlagen (Planzeichnungen und Maße) als auch in ausführlicher Form die Rechenergebnisse des Verf. Die untersuchten Bauwerke liegen durchweg im deutschsprachigen Raum, in einer Zone, die sich von den Alpen (Magdalensberg) bis zum Niederrhein (Xanten) erstreckt. Thermen und sonstige durch Hypokausten heizbare Gebäude aus den anderen Provinzen des Reichs und aus Italien blieben durch diese Auswahl weitgehend unberücksichtigt. Dadurch ergibt sich notwendig ein einseitiges und unvollständiges Bild der behandelten antiken Heiztechnik.

So schreibt der Verf. beispielsweise in dem Kapitel über die Rauchabzüge Folgendes: „Ein vollständiger Strang eines Hypokaust-Rauchabzugs samt Mauer- oder Deckendurchführung und mit Endstück wurde bisher noch nicht gefunden“; als einzige Ausnahme erwähnt der Verf. die Heizgas-Abzüge der Aula Palatina in Trier (Teil 1, S. 99). Offenbar war ihm nicht bekannt, dass es einige weitgehend bis vollständig erhaltene Thermen gibt, mit Rauchabzügen *in situ*. Als Beispiele seien die Terme Suburbane in Herculaneum genannt (A. MAIURI, Ercolano [Rom 1958] 147–173), ferner die Stabianer Thermen in Pompeji (H. ESCHBACH, Die Stabianer Thermen in Pompeji. Denkmäler Ant. Architektur 13 [Berlin 1979] Beheizung S. 40–47), die Faustina-Thermen in Milet (A. VON GERKAN / F. KRISCHEN, Thermen und Palaestren. Milet I,9 [Berlin 1928] 50–94) sowie die Hunting Baths in Lepcis Magna (J. B. WARD PERKINS / J. M. C. TOYNBEE, The Hunting Baths at Lepcis Magna [Oxford 1949]). Wer etwa das Flachdach der Terme Suburbane besteigt, kann die unscheinbaren, runden Öffnungen der Abzüge aus der Nähe betrachten.

Die Rechenergebnisse des Verf. mögen für die elf genannten rekonstruierten Bauwerke zutreffen. Der Rückschluss auf die originalen antiken Bauten ist aber riskant. Bei den ausgewählten Objekten war nur ein geringer Teil des aufgehenden römischen Mauerwerks erhalten. Diese Ruinen liefern kaum Informationen über Gebäudehöhen und über Einzelheiten des verlorenen aufgehenden Mauerwerks. Das gilt etwa für die Fenster, ihre Anzahl und Größe sowie die genaue Lage im Bauwerk. Was die Bauweise der Fenster betrifft, so waren schon in der Mitte des 1. Jahrhunderts n. Chr. gut isolierende Doppelfenster bekannt (Terme Suburbane, Herculaneum). Es ist jedoch völlig ungewiss, ob und wie häufig solche Fenster in den nördlichen Grenzprovinzen des Imperiums eingebaut worden sind. Ähnlich steht es mit der Tubulatur der Wände; falls überhaupt Reste davon erhalten sind, beschränken sich diese auf die unteren Schichten. Ungewiss sind auch die Dach- bzw. Deckenkonstruktionen, die bei den ausgewählten Objekten in keinem Fall erhalten waren: Welche der heizba-

ren Räume besaßen überwölbte Räume, welche waren mit abgehängten hölzernen Decken versehen? Wie war deren Wärmeisolierung jeweils beschaffen? Diese baulichen Fakten hatten einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf der Heizung. Da sie unbekannt bleiben, ergibt sich eine kaum kalkulierbare Unbestimmtheit der vorgelegten Rechenergebnisse.

Der Verf. äußert sich ausführlich zu den Bauschäden, die durch Heizversuche an den behandelten rekonstruierten Bauwerken eingetreten sind. So kam es durch Taupunktunterschreitungen in der Tubulatur mehrmals zu unschöner Versottung der Wände (S. 135–144), und zwar im oberen Teil der Wand. Es handelt sich um folgenden Vorgang: Die aufsteigenden Heizgase („Rauch“) kühlen sich in der Tubulatur ab. Sobald der Rauch einen bestimmten, kritischen Temperaturwert unterschreitet, kommt es zur Kondensation von Wasserdampf und anderen gasförmigen Bestandteilen des Rauchs. Diese kritische Temperatur wird „Taupunkt“ genannt. Beim Einheizen ist anfangs mit unvollständiger Verbrennung des Heizmaterials Holz (Pyrolyse) zu rechnen, wobei der Rauch außer dem Wasserdampf auch Holzteer und Holzessig enthält. Bei Taupunktunterschreitung kondensiert dieses Gemisch. Das Kondensat kann durch die Poren des Baustoffs auf die Außenflächen der Wände durchschlagen und dort hässliche braune Flecken erzeugen. Eventuelle Wandmalereien oder Stuckaturen können dadurch beeinträchtigt werden. Als Beleg für diesen Vorgang legt der Verf. mehrere Fotos vor (Abb. 152; 154–161), die jedoch ausschließlich von den oben erwähnten neuzeitlichen Rekonstruktionen stammen. Besonders stark waren die Herbergsthermen der Colonia Ulpia Traiana in Xanten betroffen (S. 140–144). Soweit Rez. sieht, sind derartige Verfärbungen bei originalen antiken Bauten bisher nicht beobachtet worden. Das legt den Verdacht nahe, die Schäden könnten bei den neuzeitlichen Heizversuchen durch falsche Betriebsweise oder nicht antike Baudetails der Rekonstruktionen verursacht worden sein.

Für den Dauerbetrieb muss auf jeden Fall gut vorgetrocknetes Holz verwendet werden. Ob das bei den genannten elf Rekonstruktionen stets beachtet wurde, sei dahingestellt. Ungenügend getrocknetes Holz neigt in höherem Maß zur Bildung der bedenklichen Kondensate bei Taupunktunterschreitung. Besondere Aufmerksamkeit verlangt der Anheizvorgang, weil das Bauwerk zunächst noch kalt ist und die Heizgase daher leicht unter den Taupunkt geraten. Das ist vor allem dann der Fall, wenn man das Heizen mit Holz beginnt. Dieses Problem wurde bei den Heizversuchen in der Saalburg 1976 diskutiert und eine mögliche Lösung praktisch erprobt (H. HÜSER, Saalburg-Jahrb. 36, 1979, 12–30, speziell 22–24; D. BAATZ, ebd. 31–44, speziell 36). Das Anheizen erfolgte bei diesen Versuchen nicht mit Holz, sondern zunächst mit Holzkohle, bei deren Verbrennung kein Wasserdampf entsteht. Es gab daher auch keine Taupunktunterschreitung der Heizgase. Erst nach hinreichender Erwärmung der Tubuli wurde mit Holz geheizt. Außerdem kann man beim Heizen einen leichten Luftüberschuss einstellen, wodurch die Gefahr der Taupunktunterschreitung ebenfalls vermindert wird. Ob allerdings in der Antike so verfahren wurde wie hier beschrieben, bleibt ungewiss, denn aus der römischen Epoche ist keine Schrift überliefert, die den Heizbetrieb von Hypokausten detailliert behandelt. Jedenfalls muss das Anheizen mit großer Sorgfalt erfolgen, um keine Bauschäden zu verursachen.

Zum Vermeiden von Schäden empfiehlt es sich ferner, über eine möglichst lange Zeitspanne durchzuheizen, um die kritischen Anheizvorgänge zu minimieren. Genau das ist bei der Herbergstherme von Xanten nicht geschehen; zahlreiche unkontrollierte Heizvorgänge für kurzfristige Nutzung bzw. museale Präsentation haben dem Bauwerk geschadet. In der Antike war bei öffentlichen Thermen eine möglichst lange ununterbrochene Heizung üblich. Diese Forderung wird beispielsweise im Pachtvertrag des Bades von Vipasca ausdrücklich aufgestellt (*balineum ... omnibus diebus calfacere ... debeto*). Man kam damit der Erwartung des Publikums entgegen, für das die Möglichkeit des täglichen Badevergnügens einen hohen Wert hatte. Gewiss hat man im Altertum durch die jahrhundertelange Nutzung der Thermen ein umfangreiches Wissen für den Dauerbetrieb gewonnen, das heute weitgehend verloren ist.

Wahrscheinlich gibt es noch eine weitere Ursache für die erwähnten Bauschäden. Die Tubulatur muss auf die Fenster Rücksicht nehmen, die zur Beleuchtung der Räume notwendig sind. Dafür gab es im Altertum unterschiedliche Lösungen. So konnten die Fenster hoch angelegt werden; die Tubulatur wurde dann nur bis zur Unterkante der Fenster ausgeführt. Dort mündeten die Tubuli in einen horizontalen Sammelkanal. Aus diesem strömten die Abgase durch einzelne Rauchabzüge ins Freie, und zwar entweder schräg durch die Wand hinaus (Trier, Aula Palatina) oder – bei niedrigeren Räumen – in der Mauer senkrecht nach oben (Lepcis Magna, Hunting Baths). Bei der Aula Palatina war daher nur das untere Viertel der Wand mit Tubulatur versehen! Bei manchen Thermen waren Fenster im unteren Bereich der Wand vorgesehen; dann musste die Tubulatur auf die Wandflächen zwischen den Fenstern beschränkt werden. Bei den hohen Räumen der Faustina-Thermen in Milet ist diese Lösung gewählt worden. Die Rauchauslässe befinden sich neben den Oberteilen dieser Fenster bzw. Rundbogennischen und ziehen von dort schräg nach oben durch die Wand ins Freie, ähnlich wie bei der Trierer Aula Palatina. Bei dem großen Caldarium der Faustina-Thermen betrug die Gesamthöhe der senkrechten Wand ca. 16 m; nur ihr unteres Drittel war tubuliert. Rez. möchte das „verkürzte Tubulatur“ nennen. Der gesamte, größere Oberteil der Wand war also nicht mit Tubuli versehen worden. Aus diesem Grund konnte es dort auch nicht zu Taupunktunterschreitung von Heizgasen kommen. Den oberen Teil der Wand erwärmte die im Raum nach oben steigende Warmluft durch Konvektion; dazu kam die Wärmestrahlung der ausgedehnten Suspensura-Fläche. Das wirkte der Bildung von Schwitzwasser im oberen Bereich des Raums entgegen. Die beschriebene verkürzte Tubulatur dürfte besonders bei größeren Thermen angewandt worden sein. Dadurch wurden Taupunktunterschreitungen vermieden und das Versottungsproblem entschärft. Leider gibt es von diesen Bauwerken nur selten Bauaufnahmen mit Dokumentation der unscheinbaren technischen Details: Hier liegt eine Aufgabe für die Zukunft.

In einem besonderen Kapitel befasst sich der Verf. mit Bauschäden an der Nahtstelle zwischen der horizontalen Suspensura und der senkrechten Wand. Nach dem Anheizen beginnt die Suspensura sich durch die Erwärmung auszudehnen. Aufgrund theoretischer Erwägungen vermutet der Verf., dass die Suspensura durch diese Wärmeausdehnung mit Gewalt gegen die senkrechten Wände drückt. Dabei müssten zwangsläufig Risse und andere Bauschäden an der Wand entstehen, es könnten sogar die unteren Tubuli eingedrückt werden (S. 71–80). Tatsächlich war es in der Antike üblich, an der Verbindungsstelle von Suspensura und Wand einen Viertelrundstab aus speziellem Mörtel anzubringen, der als besondere Sicherung gegen Risse und das Eindringen von Wasser bzw. Heizgasen diente. Bei der Betrachtung originaler antiker Bauwerke zeigt sich aber oft, dass Viertelrundstab, Tubulatur und Wand unverletzt geblieben sind, trotz des antiken Badebetriebs und jahrtausendlanger Lagerung im Boden. Ein Beispiel dafür hat der Verf. S. 91 Abb. 103 abgebildet („Soldatenbäder“ in Baden-Baden, Tepidarium). Selbst bei rekonstruierten Hypokausten kam es nicht zwangsläufig zur Rissbildung und anderen Schäden an dieser Stelle. So blieb bei dem Hypokaustraum in den Principia der Saalburg der Anschluss zwischen Suspensura und senkrechter Wand völlig rissfrei, obgleich diese nun schon über hundert Jahre alte Rekonstruktion immer wieder angeheizt worden ist.

Wie ist das zu erklären? Der Verf. hat die zeitliche Reihenfolge der Vorgänge beim Anheizen nicht bedacht. Nach dem Beginn des Heizens dauert es Stunden, bis die dicke, tonnenschwere Platte der Suspensura merklich warm wird und sich entsprechend ausdehnt. Dagegen werden die dünnwandigen Tubuli sofort bei Beginn der Heizung von den nach oben steigenden Heizgasen erwärmt. Dadurch wird der untere Abschnitt der Baderaum-Wände schnell warm. Zugleich geben die Tubuli nach und nach Wärme auch an die hinter ihnen gelegene, gemauerte Wand ab. Diese dehnt sich nun ebenfalls aus. Die senkrechten Wände des Raums verhalten sich also durchaus nicht als starre Widerlager gegen die Suspensura, sondern nehmen am Ausdehnungsvorgang teil. Zwar kommt es auch dadurch zu Spannungen im Bauwerk, die jedoch offenbar beherrschbar blieben. Die bei Ausgrabungen beobachteten Reparaturen betreffen fast immer einen anderen Bereich, nämlich das Prae-

furnium und seine unmittelbare Umgebung, wo die Wirkung hoher Temperatur und ihrer Schwankungen am stärksten ausgeprägt war.

In einem eigenen Abschnitt behandelt der Verf. das Heizmaterial, wobei nach seiner Ansicht „in erster Linie Holz und Holzkohle verwendet“ worden sind (S. 145). An anderer Stelle äußert er im Widerspruch dazu, im Dauerbetrieb sei „die Verwendung von Holzkohle bei voll tubulierten Anlagen ... ein absolutes Muss“ gewesen (S. 163 f.) und zwar besonders bei großen Thermen (S. 164). Damit wird Holz als Heizmaterial für diese Bauten ausgeschlossen. Der Verf. meint nämlich, in der Antike sei „Holzkohle ... der kalorische Energieträger Nummer 1“ gewesen (S. 159 und 168). Das trifft nicht zu. Seit dem Paläolithikum bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts n. Chr. war in Europa nicht Holzkohle, sondern Brennholz der bedeutendste Träger von potentieller Wärmeenergie. Der Einsatz von Holzkohle war allerdings seit dem Beginn der Metallzeiten für die Verhüttung von Erzen unerlässlich und war auch bei der Verarbeitung von Metall (Metallguss, Schmieden, Löten) unbedingt erforderlich. Allerdings musste Holzkohle aufwendig in Kohlenmeilern erzeugt werden, wobei ungefähr 50 % der Energie verloren gehen. Dazu kommen die Arbeitskosten der Köhlerei. Die von Holzkohle gelieferte Wärme wird dadurch fast dreimal so teuer wie die von Brennholz. So hohe Heizungskosten konnte man sich auch in der Antike für den Dauerbetrieb der Thermen nicht leisten. Entsprechend gibt es römische Schriftquellen, die das Heizen mit Holz ausdrücklich nennen. Zwei dieser Texte seien hier genannt. In dem bereits erwähnten Bergwerksort Vipasca (Portugal) wurde der originale Pachtvertrag der örtlichen Bäder gefunden, auf einer Bronzetafel, ausgestellt von der kaiserlichen Bergbauverwaltung (unter Kaiser Hadrian). Eine der Bestimmungen des Vertrags lautet: *Lignum conductor repositum omni tempore habeto, quod diebus ... satis sit* („Holz soll der Pächter stets auf Vorrat halten, und zwar so viel, dass es für ... Tage ausreicht“; die Anzahl der Tage ist ausgefallen). Vom östlichen Rand des Imperiums, aus Dura Europos am Grenzfluss Euphrat, ist eine originale Schrifturkunde der örtlichen Truppe zu erwähnen, der *cohors XX Palmyrenorum*. Es handelt sich um die Dokumentation des Marschbefehls für den Soldaten Zebidas in der Morgenmeldung der Kohorte vom 27. März 233. Der Soldat wird zum Holzholen für das Bad der Kohorte abkommandiert (*missus lignator balnei miles ... Zebidas ...*; Dura-Papyrus 82 Col. II,9).

Der Wert der vorliegenden Dissertation wird dadurch eingeschränkt, dass der Verf. die Berechnungen des Wärmeenergie-Bedarfs nur für rekonstruierte Hypokaust-Bauten unternommen hat, deren Aufgehendes größtenteils nicht sicher belegt ist. Es wäre wünschenswert, solche Berechnungen auch für gut erhaltene originale Bauwerke durchzuführen. Bei seinen breit gefassten Überlegungen ist der Verf. bisweilen zu anfechtbaren Ergebnissen gekommen.

D-64297 Darmstadt
Mühltalstraße 9d
E-Mail: d.baatz@t-online.de

Dietwulf Baatz

ISABEL KAPPESSER, Römische Flussfunde aus dem Rhein zwischen Mannheim und Bingen. Fundumstände, Flusslaufrekonstruktion und Interpretation. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie Bd. 209. Aus dem Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität Mainz. Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn 2012. € 90,-. ISBN 978-3-7749-3715-4. 408 Seiten, 76 Abbildungen, 3 Tabellen, 2 Tafeln, 2 Karten.

Das für die Fachwelt hochinteressante Thema der am Institut für Vor- und Frühgeschichte der Universität Mainz angenommenen Dissertation, im Jahr 2010 ausgezeichnet mit einem Gutenberg-Stipendium, wird von der Autorin in einer ungewöhnlichen Vorgehensweise behandelt. Das liegt