

Eine „Villa dei Tubuli“? Das Gebäude B der römischen Villa von Salzburg-Glas

Von Hannes Lehar und Annett Werner

Einleitung

Die antike Fundstelle der römischen Villa von Salzburg-Glas befindet sich am südöstlichen Stadtrand von Salzburg¹. Bereits im 19. Jahrhundert wurde man hier auf zwei Schutthügel auf den Feldern des Kohler-Bauern aufmerksam. Bei ersten archäologischen Untersuchungen 1817 wurden Teile eines fast quadratischen römischen Gebäudes „B“ mit Bodenheizungen und Mosaiken freigelegt. Eine weitere Grabung fand 1869/70 statt, bei der ein etwas größeres Gebäude „A“, ebenfalls mit Hypokaustanlagen und Mosaiken ausgestattet, zutage kam. Es folgten Grabungen 1876, in deren Verlauf auch weitere Untersuchungen im Südteil des 1817 freigelegten Gebäudes B durchgeführt wurden sowie im südöstlichen Bereich des 1869/70 untersuchten Gebäudes A. 1907 wurden südwestlich von Gebäude A weitere römische Baureste entdeckt, und im Jahre 1990 kamen im Zuge einer Lehrgrabung südlich von Gebäude B Teile eines norisch-pannonischen Hügelgrabes zutage².

Im Jahre 2006 beauftragte die Landesarchäologie Salzburg eine geophysikalische Prospektion. Ziel war es, da Grabungen derzeit nicht möglich sind, den heute noch vorhandenen Ruinenbestand der Villa zu erfassen und nähere Informationen zur Ausdehnung der Gesamtanlage zu erhalten. Hierbei kam es zu interessanten Ergebnissen. Auf dem sechs Hektar großen Areal konnten bis zu 16 Gebäude lokalisiert werden³ (*Abb. 1*).

Unter den 16 identifizierten Gebäuden befinden sich drei mit Hypokausten: die erwähnten Gebäude A und B sowie ein Gebäude D. Gebäude A scheint der größte Baukomplex im Areal zu sein. Dieser Bau sowie die gesamte Villenanlage werden derzeit von der Autorin im Rahmen einer Dissertation näher untersucht. Baukomplex D wurde bereits publiziert⁴ und kann als Bad angesprochen werden. Allgemein muss bei dieser Aufarbeitung alter Grabungen berücksichtigt werden, dass die Hauptquellen sehr alte Grabungsberichte und Lagepläne sind, die nicht den heutigen Standards entsprechen, und die dazu leider nicht immer vollständig und über mehrere Standorte verstreut sind. Die Maße sind noch in Schuh angegeben und differieren oft; ebenso wie die Lagepläne der einzelnen Grabungen. Genauso ist nicht mehr feststellbar, welche Schicht – und damit welche Bauphase – die jeweiligen Unterlagen betreffen.

Im Folgenden wird das Augenmerk auf den Baukomplex B der Villenanlage gerichtet sein; insbesondere werden mögliche Funktionen der Hypokausten und Tubulaturen diskutiert und eine hypothetische, auf Grundlage technischer Überlegungen vorgenommene Rekonstruktion der Heizanlage vorgestellt.

Der Baukomplex B

Das Gebäude B⁵ hat eine Länge von 30,60 m und eine Breite von 21,60 m. Das entspricht einer Grundfläche von 661 m² ⁶. Der Baukomplex gliedert sich in 16 Räumlichkeiten (*Abb. 2*). Ein Mit-

¹ WERNER 2015, 10–11.

² RIESE / KASTLER 2011, 23–25.

³ BUTHMANN / KASTLER / ZICKGRAF 2010, 566.

⁴ WERNER / ZICKGRAF 2014, 361–373.

⁵ WERNER 2015, 55–56.

⁶ Ebd. 56.

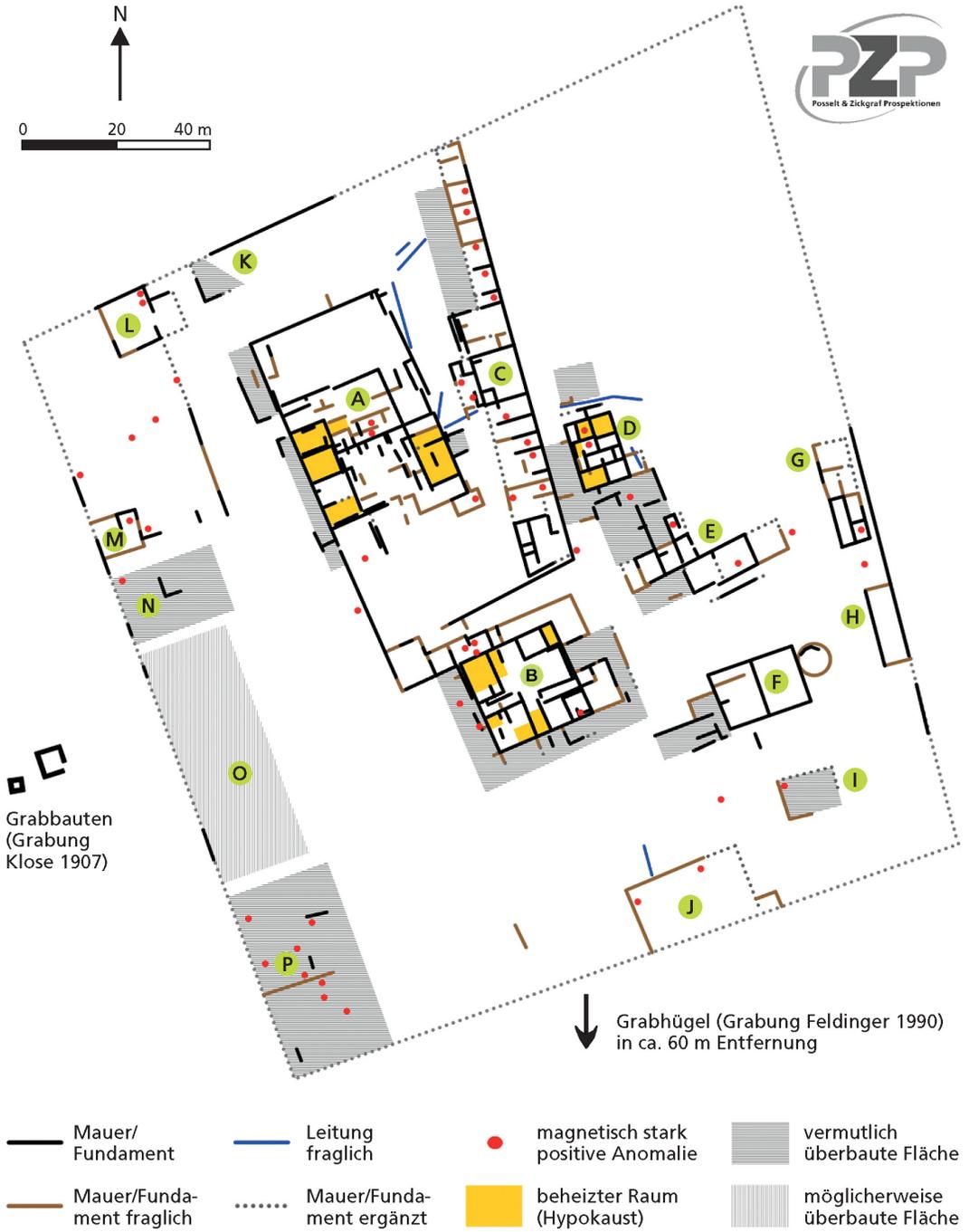


Abb. 1. Salzburg-Glas, Rekonstruktionsvorschlag, Gebäudestandorte der Villenanlage.

telkorridor E teilt den Baukomplex bis zur Hälfte in einen nordwestlichen und einen nordöstlichen Bereich. Solche Korridore werden als möglicher Zugang zu einem oberen Geschoss gedeutet⁷; auch in der landstädtischen Taberna-Architektur von Pompeji oder Herculaneum schlägt man schmale, nicht nutzbare Raumstreifen als Hinweis auf Treppen vor⁸. Bei der Villa von Salzburg-Glas wird deshalb ebenfalls eine Mehrstöckigkeit angenommen, zumal Untersuchungen zeigen, dass bei vielen zivilen Gebäuden – vor allem bei Baukomplexen von *villae rusticae*, deren umgestürzte Wände uns erhalten geblieben und dadurch rekonstruierbar oder gar direkt messbar sind – sechs bis acht Meter Gebäudehöhe keine Seltenheit sind und in manchen Fällen sogar eine Höhe von zehn bis zwölf Meter erreicht wird⁹. Die Räume selbst erreichten Höhen von 2,5–3,5 m¹⁰. Aus dieser Beobachtung heraus ergibt sich der Schluss, dass diese vielfach zweigeschossig angelegt waren. Czysz führt zusätzlich auch Überlegungen zu einem aufgesetzten Halbgeschoss an, welches unter dem Dach noch einmal Platz für Schlaf- oder Lagerräume bot¹¹.

Die Größe von Gebäude B und die luxuriöse Ausstattung mit Hypokaustheizungen und Tubulaturen in vielen Räumen, mit Wandmalereien, zahlreichen Mosaiken sowie einer marmornen Treppenanlage als Zugang zum Gebäude sprechen für einen sehr repräsentativen Bau und weisen auf ein Wohngebäude hin¹². Als vergleichbare Wohngebäude römischer *villae rusticae* können das Hauptgebäude von Hart I (Oberösterreich)¹³, Gebäude I von Langacker (Bayern)¹⁴, Gebäude 2 von Unterbaar (Bayern)¹⁵ sowie ein kleineres Haupt- bzw. Wohngebäude von Altheim Simetsberg (Oberösterreich)¹⁶ herangezogen werden. Diese Wohngebäude sind allerdings um vieles kleiner als der Baukomplex B der Villa von Salzburg-Glas.

Konkrete Überlegungen zur Datierung der Baukomplexe können erst in einer Gesamtauswertung der Villenanlage erfolgen. Man weiß allerdings, dass Mitte des 1. Jahrhunderts n. Chr. die ersten *villae* um *Iuvavum* entstanden¹⁷. Jede der genauer untersuchten Anlagen bestand im 2. Jahrhundert n. Chr. Im 3. Jahrhundert n. Chr. kam es zu einer Reduktion der Zahl der Gutshöfe, das heißt, es wurden manche Anlagen zu dieser Zeit nicht mehr benutzt. Für diese Zeit vermutet man eine erste Abwanderungswelle¹⁸. Das „Aus“ der Gutshöfe wird am Ende des 4. Jahrhunderts n. Chr. angenommen, da hier die spätesten römischen Funde nachweisbar sind¹⁹.

Beheizung Baukomplex B

Besonders auffällig und bemerkenswert ist die extrem aufwendige Beheizung von Gebäude B, sprich die Ausstattung mit Hypokausten und vollflächigen Tubulaturen.

Anhand der geophysikalischen Messergebnisse und der Auswertung aller Grabungsbefunde kann davon ausgegangen werden, dass insgesamt elf Räume mit einem Hypokaust ausgestattet waren. Neun Räume wiesen Tubulaturen an den Seitenwänden auf. Diese waren zum Zeitpunkt der Grabung 1817 noch teilweise *in situ* erhalten²⁰ (Abb. 2).

Gebäude mit einer solchen Ausstattung sind allein bezüglich der Energiekosten immens teuer und meist handelte es sich dabei um Thermen oder Bäder, selten aber um Wohn- und Wirtschafts-

⁷ TRAXLER / KASTLER 2010, 241; WERNER 2015, 57.

⁸ CZYSZ 2016, 63.

⁹ SOMMER 2013, 133; 137.

¹⁰ DERS. 2002, 47–62.

¹¹ CZYSZ 2016, 62–63.

¹² WERNER 2015, 79–81.

¹³ OFFENBERGER / GEISCHLÄGER 1999, 6 Abb. 4.

¹⁴ REINECKE 1961, 166 Abb. 5.

¹⁵ KAINRATH 1998, 114; 127.

¹⁶ SCHULZ 2006, 26 Abb. 6.

¹⁷ GENSER 1994, 343–344.

¹⁸ Ebd. 345.

¹⁹ HEGER 1989, 172.

²⁰ WERNER 2015, 59; 60 Abb. 60.

Villa von Salzburg-Glas
Grundriss Gebäude B

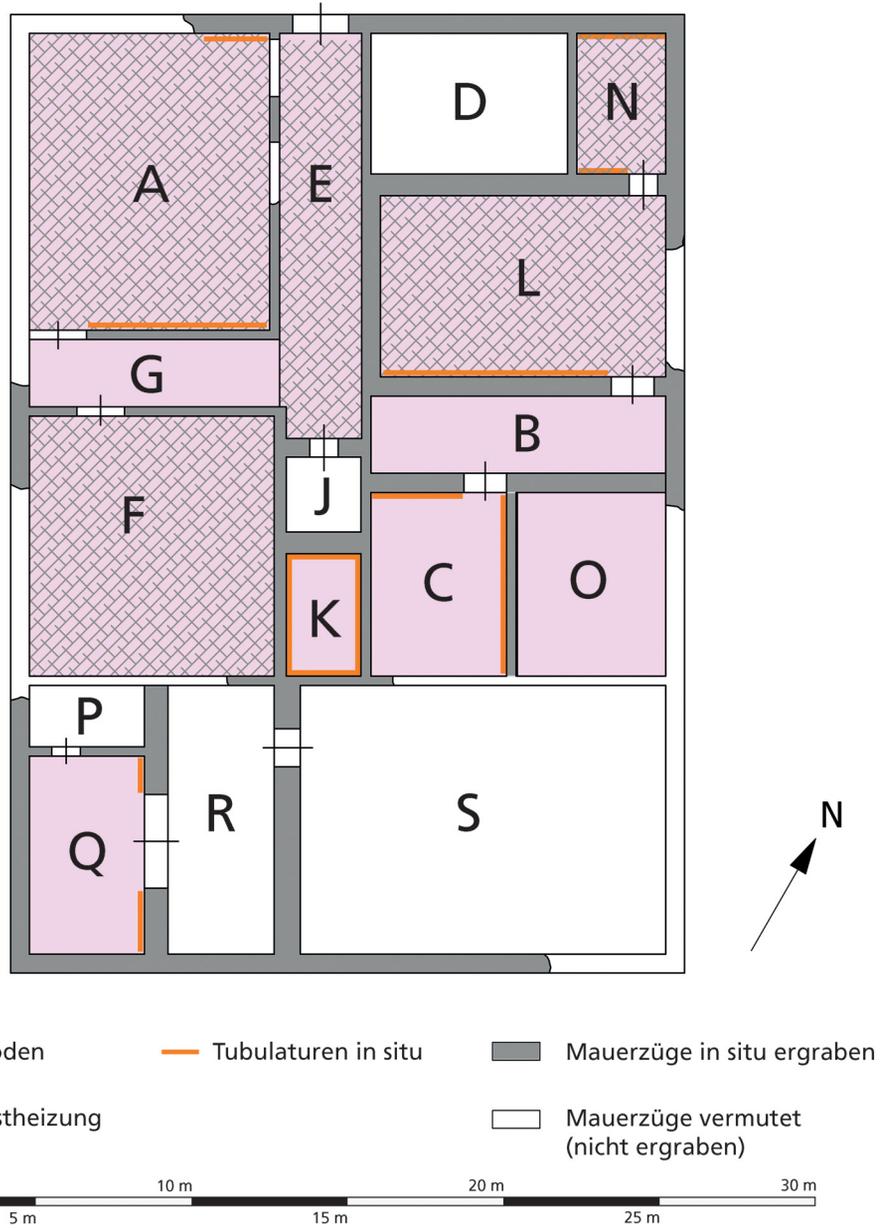


Abb. 2. Salzburg-Glas, Gebäudegrundriss Gebäude B.

bereiche²¹. Zusätzlich wirft speziell der kleine, allseitig voll-tubulierte Raum K viele heizungstechnische Fragen auf, die weiter unten diskutiert werden. Zunächst wird die mögliche technische Ausstattung von Gebäude B erörtert und Interpretationsvorschläge für die „Heizungs-Problematik“ seitens der Autoren angeboten.

Über die Lage und Art der *praefurnia* in bzw. an Gebäude B kann leider nur spekuliert werden, da es nur wenige eindeutige Hinweise auf deren Lage gibt. Würde man aber annehmen, dass diese Hypokaustheizung in ihrer Gesamtheit in Betrieb gewesen ist, würde das mindestens vier *praefurnia* voraussetzen. Einzig der kleine rechteckige Raum P (Abb. 2), in dem die Ausgräber viel Asche vorfanden, kann mit ziemlicher Sicherheit als *praefurnium* angesprochen werden, umso mehr als deren Unterbringung in eigenen Räumen durchaus praktiziert wurde²². Leider sind *praefurnia* zu Gebäude B auch durch die geophysikalische Prospektion nicht nachgewiesen. Ein direkter Hinweis auf die Lage von *praefurnia* könnte aus dem Nachweis von nach innen und / oder außen führenden Mauern im Bereich einer Fundamentunterbrechung erlangt werden. An den Baukomplex B schließen im nördlichen, östlichen und südlichen Bereich außerhalb des Gebäudes Mauerzüge an. Besonders interessant ist hier der Bereich östlich von Raum B. Diese durch die Geophysik dargestellten Mauerzüge außerhalb des Gebäudes (Abb. 3) könnten vielleicht ein Hinweis auf *praefurnia* sein²³. Das Herausziehen von seitlichen Mauern aus dem Hypokaust und deren Überwölbung oder ebene Abdeckung war eine häufig angewandte Variante bei der Anlage eines *praefurnium*²⁴. An dieser Stelle sei erklärt, warum der Gesamtplan von Baukomplex B (Abb. 2) und die interpretierende Umzeichnung der Geophysik (Abb. 3) vom Grundriss her differieren, obwohl ein und dasselbe Gebäude dargestellt wird. Nach Auswertung aller Altgrabungsmaterialien ergibt sich eindeutig ein rechteckiger Gesamtgrundriss des Baukomplexes. Die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zeigen einen quadratischen Kernbereich und deuten somit auf den Erhaltungszustand des Gebäudes hin. Es ist bekannt, dass Bauern aus der Umgebung sich immer wieder der Steine aus den Ruinen bedienten und für eigene Bauvorhaben verwendeten²⁵. So fehlen im vorliegenden Fall in der Umzeichnung der Geophysik die Räume P, Q, R und S komplett.

Es sei auch angemerkt, dass es häufig einfache *praefurnia* gibt, die nur aus einem Durchbruch der Mauer ohne weitere Baumaßnahmen bestehen²⁶. Bei den vorhandenen Befunden wären sie aber praktisch kaum nachweisbar.

Eine ganz ähnliche bauliche Situation zeigt sich anhand der geophysikalischen Messergebnisse im nordwestlichen Bereich außerhalb des Gebäudes. Hier, angrenzend an Raum A, sind wieder Mauerstrukturen erkennbar, die an ein *praefurnium* denken lassen (Abb. 3). Ebenso zeichnet sich in diesem Bereich eine stark positive Anomalie (dunkelrot) ab, die vermuten lässt, dass es sich dabei um eine technische Feuerungsanlage handelte²⁷. Ein viertes *praefurnium* wäre im Bereich der Räume N und L zu suchen, wo sich östlich außerhalb des Gebäudes ein Mauerzug nachweisen lässt, welcher allerdings auch als Teil eines An- oder Umbaus gewertet werden könnte (Abb. 3). Starke Hinweise gibt es für ein *praefurnium* im Bereich der Räume J und K. Die Grabungsberichte sprechen speziell von einem „Ziegelgewölbe am Fußboden“ in Raum K²⁸. Überall sonst im Gebäude wurden vermutlich, wie es für die Bauweise in *Noricum* üblich war, Mauersteine für die

²¹ KRETZSCHMER 1953, 8–15; LEHAR 2012, 218–220.

²² Ebd. 37–54; KASTLER / TRAXLER 2012a, 136.

²³ WERNER 2015, 61; 62 Abb. 15.

²⁴ LEHAR 2012, 40.

²⁵ PEZOLT 1870, 105.

²⁶ LEHAR 2012, 38 Abb. 32.

²⁷ WERNER 2015, 62 Abb. 15; 63.

²⁸ GRENIER 1817, 18.

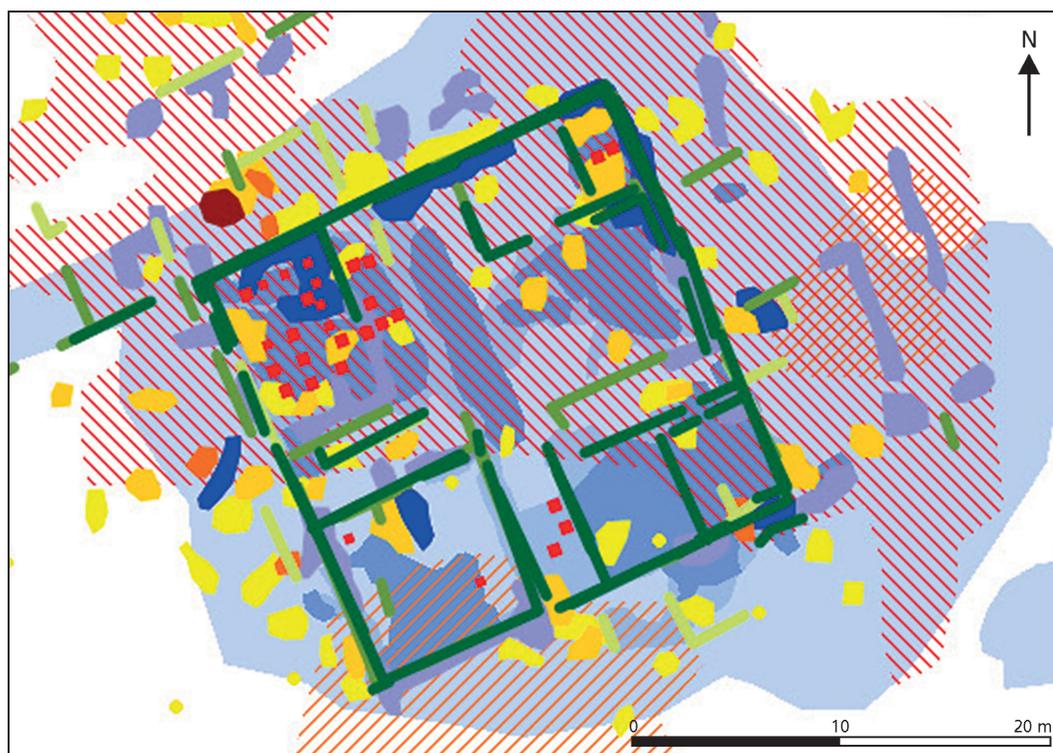


Abb. 3. Salzburg-Glas, Ausschnitt der interpretierenden Umzeichnung der archäologisch relevanten Anomalien der Geomagnetik und aller Tiefscheiben (Legende auf gegenüberliegenden Seite).

Pfeiler und Bögen des Hypokausts verwendet²⁹. Hochfeste, hitzebeständige Ziegel wurden vor allem im Bereich großer Hitze, wie z. B. in *praefurnia*, häufig eingesetzt³⁰.

Der Vorschlag der Lokalisation möglicher *praefurnia* für Gebäude B und der Beheizung der einzelnen Räume³¹ setzt natürlich die Anlage von entsprechenden Rauchabzügen voraus. Eine funktionierende Hypokaustheizung besteht ja aus einer relativ engen offenen Feuerstelle, dem *praefurnium*, welche unmittelbar in einen großen, zunächst waagerechten Bereich, das Hypokaust, und anschließend in mehrere senkrecht verlaufende Tubulusstränge (Abzüge) mündet³², durch die die Rauchgase (Heizgase) das System verlassen und neue Gase aus dem *praefurnium* nachströmen können. Die Verteilung der warmen Gase wird durch die Positionierung der Rauchabzüge gesteuert³³ (Abb. 4). Im konkreten Fall von Gebäude B ist eine Lokalisation der Abzüge kaum möglich, weil vor allem bezüglich der Außenmauern Angaben weitgehend fehlen. Möglicherweise wurden diese Bereiche nicht oder nur teilweise ergraben³⁴.

Zusätzlich zu den sicher vorhanden gewesenen einzelnen Abzügen finden sich in einigen Räumen vollflächige Tubulaturen, bestehend aus dicht nebeneinander liegenden Tubulussträngen. An

²⁹ KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 12.

³² LEHAR 2012, 83–84.

³⁰ DURM 1905, 357; FUSCH 1910, 42; KRETZSCHMER 1953, 15; LEHAR 2012, 37; SCHIEBOLD 2006, 10.

³³ KRETZSCHMER 1953, 17; LEHAR 2012, 114–118.

³¹ WERNER 2015, 61–64; 66 Abb. 16.

³⁴ WERNER 2015, 65.

GEOMAGNETIK

 Messfläche/Hindernis Geomagnetik

moderne Störungen

-  moderne randliche Störung durch die Bahnlinie
- ◇ vermarkter Punkt (Th. Leikauf, z. T. starke Störung durch Metallplatte)
- ▽ vermutlich Vermarkung einer Flurgrenze
- Dipol, kleines Metallteil (in Auswahl umgezeichnet)
- Feldweg
-  hohe Konzentration von Dipolen durch moderne Geländenutzung
-  leicht erhöhte Konzentration von Dipolen durch moderne Geländenutzung

archäologische Strukturen

-  sehr starke positive Anomalie, archäologischer Ursprung fraglich, umgez. bei ± 500 nT
-  sehr starke positive Anomalie, wahrscheinlich thermoremanent magnetisierter archäologischer Befund, umgez. bei ± 200 nT
-  stark positive Anomalie, archäologischer Befund, umgez. bei ± 30 nT
-  positive Anomalie, verfüllte/r Grube/Graben oder ähnliches, umgez. bei ± 17 nT
-  schwach positive Anomalie, verfüllte/r Grube/Graben oder ähnliches, umgez. bei ± 7 nT
-  sehr schwach positive Anomalie, wahrscheinlich archäologischer Befund, umgez. bei ± 3.5 nT
-  starke negative Anomalie, Mauer oder Fundament

- schmales schwach ausgeprägtes Lineament, Fahrspur?
- schmales schwach negatives Lineament, Endfurche/Feldgrenze
- Pflugspur, in Auswahl umgezeichnet

geologische Strukturen

-  magnetisch sehr ruhiger Bereich, vermutlich einsedimentierte Senke
-  Areal flächig erhöhter Messwerte geologisch/bodenkundlichen Ursprungs
-  schwach negative Anomalie, Mauer oder Fundament
-  schwach positive Anomalie, wahrscheinlich verfüllte Grube oder ähnliches
-  unterbrochenes schmales positives Lineament, vermutlich archäologischen Ursprungs
-  magnetisch stark unruhiger Bereich, vermutlich Gebäudestandort
-  Bereich flächig leicht erhöhter Messwerte, vermutlich Umfeld von Gebäuden, geologischer Ursprung möglich
-  abgegrenztes Areal mit einer größeren Zahl Dipole, möglicherweise Baustruktur
-  Areal mit einer Vielzahl sehr kleiner schwach positiver Anomalien, archäologischer Ursprung fraglich
- ★ Struktur mit möglicherweise moderner Ursache (aufgrund einer zur modernen Nutzung gleichen Ausrichtung)

TACHYMETRISCH AUFGENOMMENE STRUKTUREN

- · - Feldgrenze (z.T. abweichend vom Katasterplan)
- Endfurche
- ◇ vermarkter Punkt

BODENRADAR

 Messfläche Bodenradar

moderne Störungen

- Pflugspur (in Auswahl umgezeichnet)
- - - Störung durch Maßbänder
-  flächige Störung im Bereich eines Weges
-  positive bogenförmige Anomalie, vermutlich Schnitt einer Altgrabung
- Störung (Feldgrenze)
- punktuelle sehr stark positive Anomalie (einzelner Stein)

archäologische Strukturen

-  schmale stark positive Anomalie, Mauer- oder Fundamentrest
-  schmale positive Anomalie, Mauer- oder Fundamentrest (mäÙig erhalten)
-  schmale schwach positive Anomalie, Mauer- oder Fundamentrest (schlecht erhalten)
-  kleine stark positive Anomalien, vermutlich Hypokaustpfeiler

geologische Strukturen

-  inhomogener Bereich flächig erhöhter Messwerte, geologisch-bodenkundliche Struktur
-  runde flächige Struktur geologischen Ursprungs mit positivem Randbereich und negativer Innenfläche (hier: Randbereich)
-  runde flächige Struktur geologischen Ursprungs mit positivem Randbereich und negativer Innenfläche (hier: Innenfläche)
-  schwach positiver Bereich vermutlich geologischen Ursprungs, archäologischer Ursprung möglich (Gebäudestandort)
-  stark positive flächige Anomalie, Bauschuttansammlung oder erhaltene Bausubstanz
-  positive flächige Anomalie, Bauschuttansammlung oder schlecht erhaltene Bausubstanz
-  schwach positive flächige Anomalie, vermutlich Bauschuttansammlung

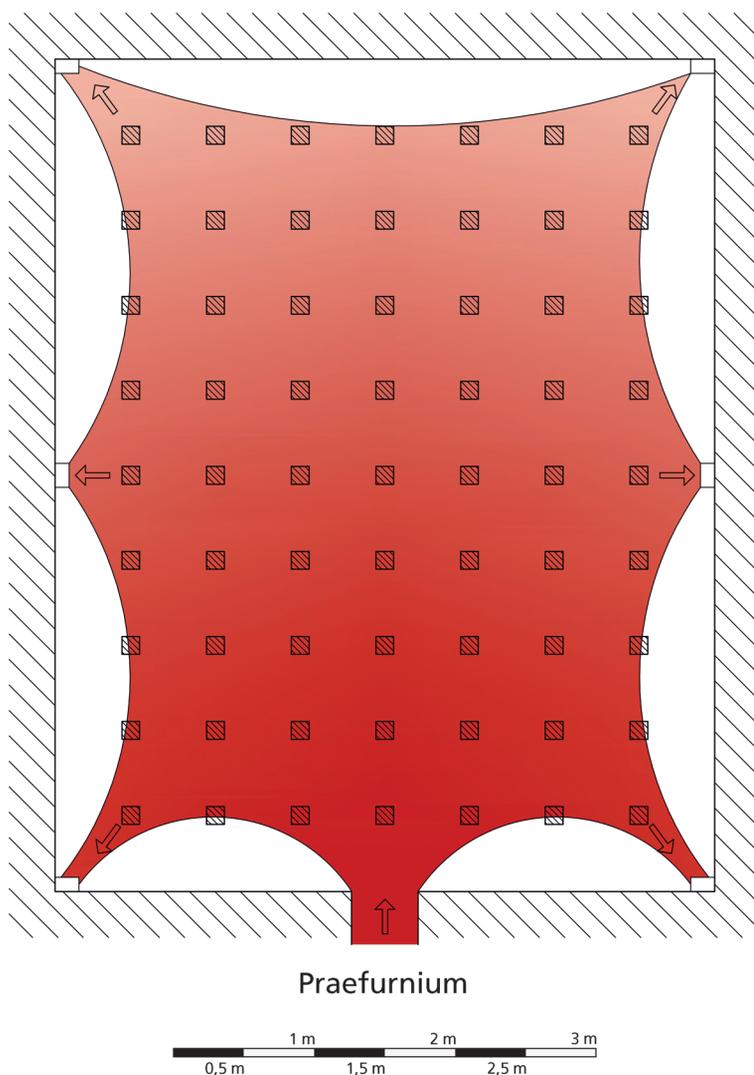


Abb. 4. Strömungsverlauf (schematisch) bei sechs Abzügen (in der Praxis wohl teilweise mit unterschiedlich vielen Tubulussträngen) nach erfolgtem Abgleich des unterschiedlichen Zugs. Beispiele für diese Abgasführung: sogenanntes „Haus des Augenarztes“ im Archäologiestadion Homburg-Schwarzenacker, Thermen von Furfooz (Ardennen, Belgien), sogenanntes „Repräsentationshaus“ im Archäologiestadion Magdalensberg.

den Außenmauern sind sie, wie auch die Einzelabzüge, nicht nachweisbar, in den Räumen mit vollflächigen Tubulaturen an Innenwänden wurden aber große Mengen von Tubulusscherben gefunden³⁵, sodass man – auch aus heizungstechnischer Sicht – mit ziemlicher Sicherheit von einer vollen Tubulatur auch an diesen Wänden ausgehen kann³⁶. Diese Tubulaturen können in ihrer Gesamtheit nicht als Abzug gedient haben, weil einerseits die Summe ihrer Querschnitte die Größe eines Industrieschornsteins erreicht hätte, also für die Leistung eines römischen *praefurniums* viel zu groß gewe-

³⁵ GRENIER 1817, 8; 14–16; 21; KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 12–13.

³⁶ GRENIER 1817, 5; 8; 10–12; KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 10; 12; 19.

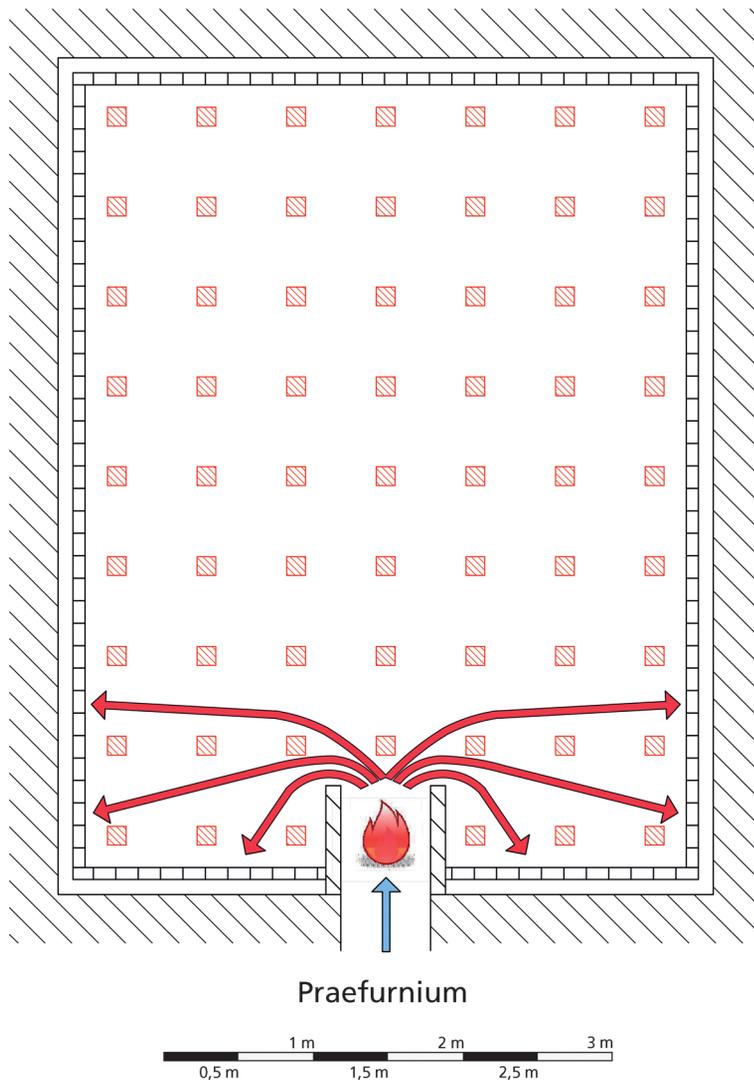


Abb. 5. Die aus dem *praefurnium* kommenden Rauchgase strömen auf kürzestem Weg zur nächsten Abzugsmöglichkeit (den nächstgelegenen Tubulussträngen der vollflächigen, oben und unten offenen Tubulatur), der Rest des Raums erhält daher keine Wärme (Draufsicht).

sen wäre³⁷, und andererseits die heißen Rauchgase das Hypokaust auf dem kürzesten Weg verlassen und es daher nicht erwärmt hätten (Abb. 5). Es waren daher sicher nur einige dieser Tubulusstränge nach oben offen und dienten als Abzüge, während die restlichen Stränge oben verschlossen waren³⁸. Die als Abzug dienenden Stränge waren vermutlich analog *Abbildung 4* angeordnet.

Auf eine Besonderheit sei in diesem Zusammenhang aber unbedingt hingewiesen. Beim Bericht über die Tubulatur geht aus den Grabungsunterlagen von 1817 Folgendes hervor: Es wird über „Wärmeröhren“ berichtet, die in gerader Linie nebeneinander standen. „Auf jedem untersten Rohr stand

³⁷ KRETZSCHMER 1953, 17; 33; LEHAR 2012, 195; ³⁸ Vgl. KRETZSCHMER 1953, 20. 203.

senkrecht und ganz genau angebracht ein anderes Rohr und so weiter bis zur Zimmerdecke, an welcher das letzte in jeder der senkrechten Röhren-Säulen geschlossen war³⁹. Es ist leider nicht nachvollziehbar, auf welchen Raum oder welche Räume die Beschreibung dieser „oben geschlossenen“ *tubuli* zutrifft; sie belegt aber, dass die meisten Stränge, wie schon vermutet, oben geschlossen waren.

Wozu dienten aber diese tubulierten Flächen, wenn sie keine Abzüge waren? Häufig werden sie für eine Wandheizung gehalten, was sie aber nicht sind⁴⁰. So würden z. B. die für Raum A in den Grabungsberichten von 1817 beschriebenen und in den Plänen eingezeichneten Tubulaturen⁴¹ (*Abb. 2*), bei einem möglichen im Norden liegenden *praefurnium*, für eine so große Raumfläche (ca. 85 m²)⁴² viel zu weit entfernt liegen. Es käme hier zu keiner Wärmeabgabe, denn die Rauchgase werden auf ihrem Weg durch das Hypokaust immer kühler⁴³, könnten daher die Tubulatur nicht soweit erwärmen, dass diese wärmer als die Raumtemperatur wäre⁴⁴. Ein Heizkörper muss aber wärmer als der Raum sein, sonst heizt er nicht⁴⁵.

Wenn die vollflächige Tubulatur keine Wandheizung war, wozu war sie dann gut? Die wahrscheinlichste – und mathematisch begründbare – Erklärung liefern Kretzschmer⁴⁶ und Lehar⁴⁷, die sie als „Aktive Wärmedämmung“ bezeichnen⁴⁸. Diese „Aktive Wärmedämmung“ könnte auch im Gebäude B der Villa von Salzburg-Glas zum Einsatz gekommen sein. Das heißt konkret, nicht-tubulierte Wände aus Bruchstein lassen viel Wärme aus dem Raum ins Freie. Bei Wänden mit nach unten zum Hypokaust offener und oben geschlossener Tubulatur füllt sich diese mit den abgekühlten Rauchgasen, deren Temperatur zwar für eine Beheizung zu gering ist, aber für eine sehr wirkungsvolle „Wärmedämmung“ ausreicht, da sie keine Wärme aus dem Raum ins Freie durchlässt⁴⁹.

Die Tubulaturen im nordöstlichen Eck des Raumes A können auch anders interpretiert werden. Möglicherweise haben diese für „Lockfeuer“ gedient. Beim ersten Anheizen im *praefurnium*, wenn die gesamte Anlage noch kalt und daher häufig kein ausreichender Zug vorhanden ist, suchen die Rauchgase den Weg des geringsten Widerstandes. Der geht in diesem Fall nicht durch die Heizanlage, sondern durch die Schüröffnung des *praefurniums* in den Heizraum oder ins Freie. Um dies zu vermeiden, ist es notwendig, dem Rauch „den richtigen Weg zu weisen“, das heißt, einen Auftrieb in den Rauchabzügen zu erzeugen. Heute würde man eine brennende Zeitung in den Brennraum des Ofens oder durch das Putztürchen direkt in den Kamin stecken. So gibt es für die Hypokaustheizung die Möglichkeit, einen (oder mehrere) zusätzlichen sogenannten „Lock-Schornstein“ im Bereich des Hypokausts unmittelbar bei dem *praefurnium* anzulegen, der nur beim Anzünden einen starken Zug in das Hypokaust erzeugen soll, dann aber sofort verschlossen wird⁵⁰.

Dasselbe heizungstechnische Problem bezüglich der Wärmeverteilung wie in Raum A liegt für Raum L vor (*Abb. 2*). Auch hier braucht es noch zusätzliche Rauchabzüge, z. B. in der nördlichen und westlichen Raumwand, um die angesprochene günstige Wärmeverteilung zu erreichen. Im Grabungsplan von 1817 sind für Raum L nur Tubulaturen an der südlichen Raumwand eingezeichnet, berichtet wird aber von Wärmeröhren an den Seitenwänden. Deshalb ist hier ebenso anzunehmen, dass dieser Raum mit noch anderen Rauchabzügen ausgestattet war. Ähnlich verhält

³⁹ STEPHAN 1817, 1114–1115.

⁴⁰ KRETZSCHMER 1953, 32–34; LEHAR 2012, 206–212.

⁴¹ WERNER 2015, 65; 66 *Abb. 16*.

⁴² *Ebd.* 35.

⁴³ KRETZSCHMER 1953, 31–33; LEHAR 2012, 120; pers. Mitt. R. Reithofer, AP Carnuntum.

⁴⁴ HÜSER 1979, 17; KRETZSCHMER 1953, 24–27; 31–33; TIMMER 2007, 90.

⁴⁵ Vgl. Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik.

⁴⁶ KRETZSCHMER 1953, 32–33.

⁴⁷ LEHAR 2012, 181–231.

⁴⁸ *Ebd.* 211–218; 222.

⁴⁹ KRETZSCHMER 1953, 32–33.; LEHAR 2012, 217–218. ⁵⁰ *Ebd.* 179–180.

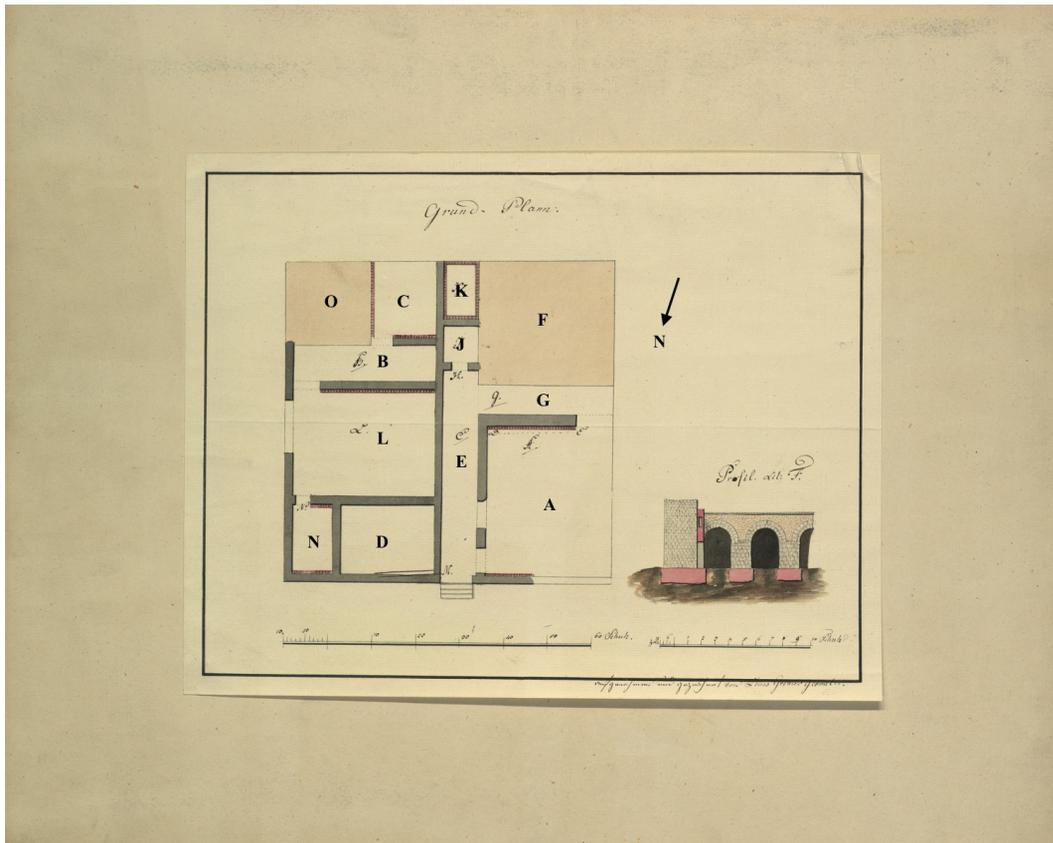


Abb. 6. Salzburg-Glas, Planaufnahme durch L. Grenier (GRENIER 1817), Original im KHM-Museumsverband.

es sich für die Räume F und O. Auch hier fehlen in den Plänen und Berichten Aussagen über entscheidende Mauerzüge, die mehr Aufschluss über die Beheizung von Gebäude B geben könnten⁵¹.

Die Wärmeverteilung und die Strömungsverhältnisse sind natürlich weit komplizierter als hier beschrieben⁵². Wie viele Abzugsstränge heiztechnisch für die jeweilige Anlage insgesamt notwendig waren, ist mit unserem derzeitigen Kenntnisstand über die Feuerungsverhältnisse in Hypokausten nicht genau bestimmbar⁵³. Auch wissen wir nicht, ob und wie gut die uns bekannten Anlagen funktioniert haben.

Eine weitere Besonderheit bzw. ungewöhnliche bauliche Situation bezüglich der Anlage der Tubulaturen stellt Raum K dar. Der ca. 9 m² große Raum liegt ganz zentral im Gebäude. Für diesen Raum wird die Tubulatur als allseitig („ringsum“)⁵⁴ beschrieben und so auch in den Plänen eingezeichnet (Abb. 2). Im Plan von L. Grenier (Abb. 6), dem 1817 zuständigen Grabungsleiter, ist kein Zugang zu Raum K dargestellt. P. Kurz von Goldenstein, der gemeinsam mit Grenier 1817 auf der Grabung war, berichtet wiederum schon von einem „ausgemauerten Türpfosten“ in

⁵¹ WERNER 2015, 65.

⁵² LEHAR 2012, 113–133; 319–325.

⁵³ Ebd. 117–118.

⁵⁴ GRENIER 1817, 10.

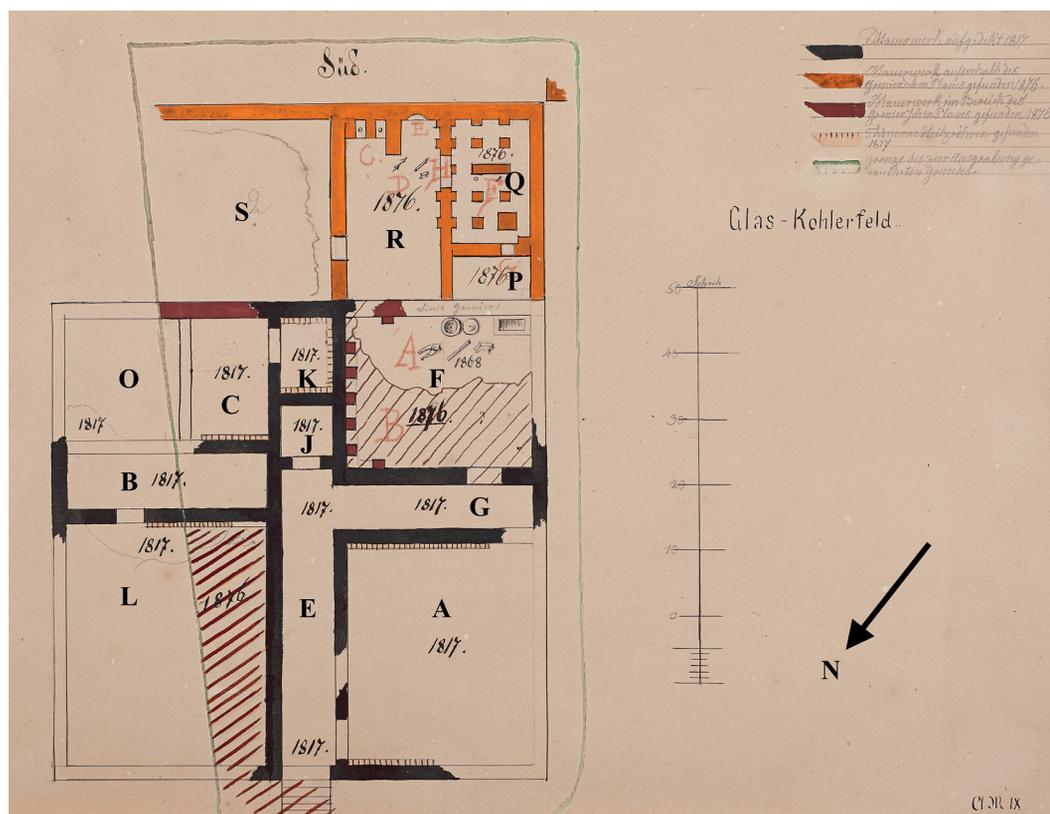


Abb. 7. Salzburg-Glas, Grabungsplan von G. Pezolt aus dem Jahr 1876 aus der Grafik-Sammlung des Salzburg-Museums.

Raum K, welcher in ein weiteres Gemach führt (gemeint ist Raum C, vgl. *Abb. 2*). Auch Pläne von G. Pezolt, die bei der Grabung 1876 entstanden, zeigen diesen Durchgang⁵⁵ (*Abb. 7*). Seine Größe ist daraus aber leider nicht bestimmbar.

Bevor die Funktion von Raum K jedoch eingehender diskutiert wird, ist es notwendig, auf mögliche unterschiedliche Bauphasen des Baukomplexes B hinzuweisen. Denn zum einen müssen wir fragen, ob die gesamte Hypokaustheizung von Gebäude B einer einzigen Bauphase entsprungen ist und als solche in Betrieb war. Zum anderen werfen die enorme Anzahl an hypokaustierten Räumen und die hohe Anzahl und Lokalisation der Tubulaturen heizungstechnisch viele Fragen auf.

Mögliche Bauphasen von Baukomplex B

Ein derart großer und so umfangreich ausgestatteter Baukomplex wäre erstens bei einer Errichtung in einem Zug sehr kostspielig und kompliziert und zweitens seine Unterhaltung und Betreibung mit einem immensen Aufwand und hohen Kosten verbunden gewesen⁵⁶.

⁵⁵ WERNER 2015, 27; 123 Taf. 7; 129 Taf. 13.

⁵⁶ Vgl. LEHAR 2012, 213–222.

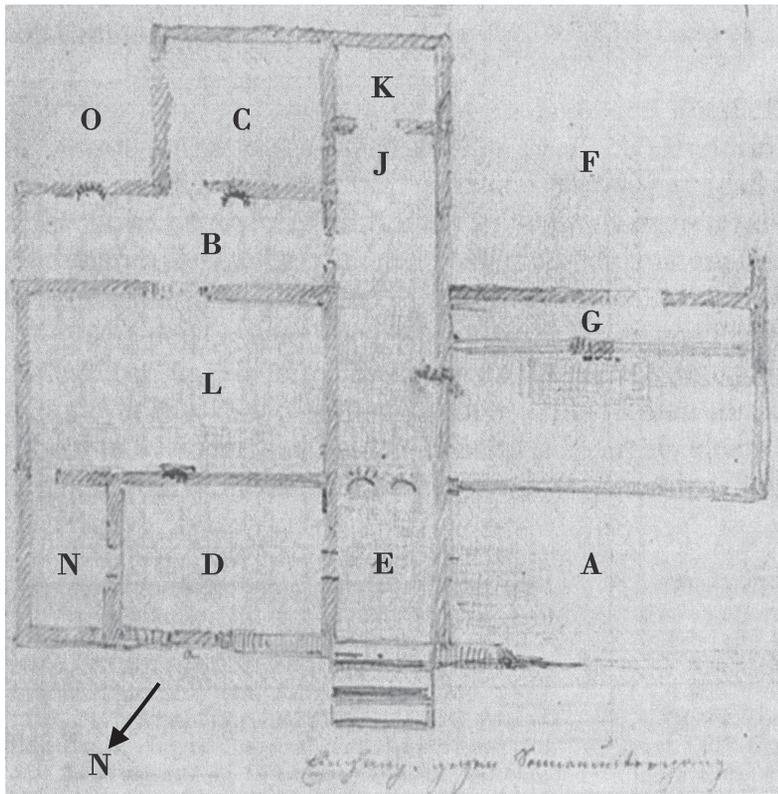


Abb. 8. Salzburg-Glas, Planskizze von P. Fendi aus dem Jahr 1817.

Die vorliegenden Altgrabungsmaterialien geben aufgrund der unvollständigen Dokumentation und der teilweise äußerst widersprüchlichen Pläne und Berichte keinen eindeutigen Aufschluss über verschiedene Bauphasen des Baukomplexes B. Trotzdem ist es möglich, anhand der Pläne und Beschreibungen der Ausgräber sowie der Ergebnisse der Geoprospektion diesbezüglich Aussagen zu treffen. Zum derzeitigen Wissensstand können wir von verschiedenen Bauphasen ausgehen, deren Abfolge und Datierung aber nicht erfasst werden kann.

Einen sicheren Hinweis auf mögliche andere Bauphasen liefert die Skizze des Hofmalers P. Fendi (Abb. 8), der ebenfalls bei den Grabungen 1817 anwesend war. Diese weicht erheblich vom Grabungsplan Greniers ab (Abb. 6). Speziell in Raum A sind zusätzliche Mauerzüge erkennbar, Korridor E verlängert sich nach Süden, Raum J ist nicht dargestellt und Raum K entspricht nicht der von Grenier angegebenen Raumgröße. Bei weiterer Betrachtung fallen ebenso dunkler und heller skizzierte Mauerzüge auf. Fendi gibt damit wohl an, dass gewisse Mauern bzw. Fundamente noch besser erhalten waren und manche weniger; das heißt, die hellen Mauern stellen wahrscheinlich schon die untersten Lagen vom Fundament dar. Das betrifft besonders Bereiche von Raum A. Zusätzlich skizziert Fendi Gewölbe in den jeweiligen Räumen (Raum B, Korridor E). Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass er einen schon zeitlich fortgeschrittenen Grabungszustand darstellt, sprich, ein Unterfußboden-Niveau mit Teilen der Hypokaustanlage und anderen Fundamentresten des Gebäudes. Da diese tiefer liegende und somit vermutlich ältere Mauerzüge darstellen, die nicht exakt mit den Raumfluchten der besprochenen Räumlichkeiten im Grenier-Plan

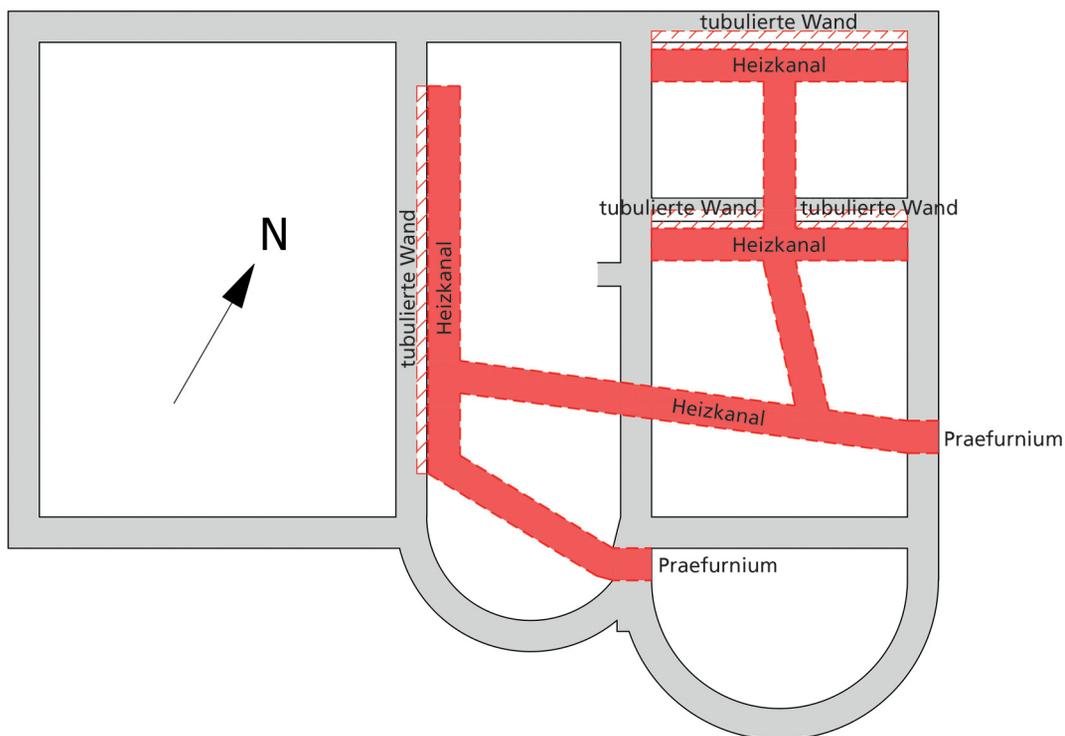


Abb. 9. Grundriss einer kombinierten Kanal-Wandheizung; *Lauriacum*, sogenanntes „Haus der Heizkanäle“: Die in diesem Fall durchströmten tubulierten Wände werden direkt durch Heizkanäle versorgt, die Rauchgase sind daher noch heiß; deshalb ist die Tubulatur in diesem Fall wirklich eine Wandheizung. Da die linke lange Wand offenbar nicht ausreichend mit Wärme versorgt wurde, wurde nachträglich ein weiteres *praefurnium* eingebaut.

übereinstimmen, kann man hier von einer anderen, wahrscheinlich älteren Bauphase, einer Bauphase 1, des Baukomplexes ausgehen.

Einen weiteren Hinweis in Fendis Skizze auf andere Bauphasen gibt die Lokalisation der Zugänge zu den Räumen. Fendi zeichnet für die Räume L, K und A die Durchgänge an anderer Position als Grenier. Ebenso skizziert er zusätzliche Zugänge von Raum N zu D, D zu E, B zu E, C zu O und E zu K. Da Fendi eher den Bereich des Hypokausts darstellt, kann es sich hierbei auch um Durchbrüche und Verbindungen desselben handeln. Auch bildet Fendi in seiner Skizze nur Raum K ab und Raum J fehlt ganz. Er stellt vermutlich, wie schon angesprochen, einen anderen zeitlichen Grabungszustand und somit eine andere Bauphase dar. Möglicherweise war der von den Ausgräbern beschriebene *opus signinum*-Boden in Raum J⁵⁷ nur teilweise erhalten oder wurde bei den Grabungsarbeiten durchschlagen, sodass Fendi die darunterliegende Bauphase in seiner Aufnahme skizziert.

Eine Gleichzeitigkeit aller besprochenen Elemente des Heizungssystems erscheint also nicht nur aufgrund von Baukosten, Bauaufwand und Betrieb der Anlage unrealistisch. Einen zusätzlichen

⁵⁷ WERNER 2015, 26–27.

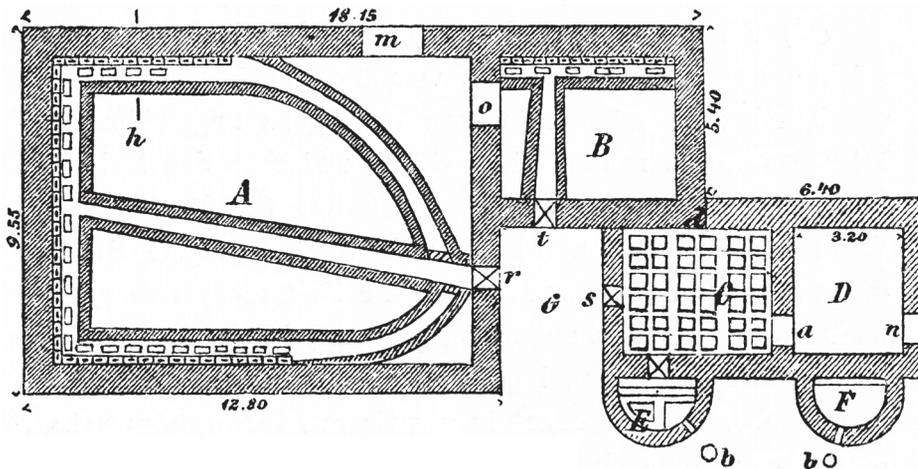


Abb. 10. Kastellbad in Mauer an der Url, Raum A: Die in diesem Fall durchströmten tubulierten Wände werden direkt durch Heizkanäle versorgt, die Rauchgase sind daher noch heiß – die Tubulatur ist also in diesem Fall wirklich eine Wandheizung.

Hinweis auf Umbauarbeiten und Bauphasen geben die Heizungsanlage und insbesondere die Tubulatur selbst. Es werden unterschiedliche *tubuli* in den Räumen beschrieben⁵⁸. Leider gehen die Fundberichte auf Details wie Farbe des Tonmaterials, Größe und spezielle Formen der *tubuli* nicht ein. Trotzdem geben diese wenigen Indizien und die Tatsache, dass Tubulaturen auch an Zwischenwänden zu beheizten Räumen zu finden sind – wo sie eigentlich nicht sehr sinnvoll erscheinen –, wichtige Hinweise auf spätere Um- oder Zubauten (Bauphase 2).

Die Hypokaustpfeiler der Heizungsanlage waren aus Stein, was der typischen Bauweise in großen Teilen *Noricums* entspricht⁵⁹. Unter Raum K allerdings wurde – wie bereits oben erwähnt – ein Ziegelgewölbe gefunden, welches wohl Teil der Tragekonstruktion oder eines *praefurnium* im Hypokaust war⁶⁰. Und Raum K mit seiner Tubulatur „ringsum“ benötigte zur optimalen Funktion ohnehin ein eigenes *praefurnium*. Interessant sind hierzu auch Angaben der Ausgräber von 1817, die bedauerlicherweise keine Raumzuordnung aufweisen. So wird berichtet, dass „das größte Gewölbe eine Länge von 43 Schuh [12,90 m], eine Breite von zwei Schuh zwei Zoll [ca. 0,65 m] und eine Höhe von drei Schuh [0,90 m] hatte [eher ein Heizkanal als ein Hypokaust]. Dieses Gewölbe zeigte Spuren von Beheizung, die von einem Ofen, der sich am Anfang derselben befand, ausging“⁶¹. Die Angabe der Länge von 43 Schuh (12,90 m) stimmt exakt mit der Länge des Korridors E überein. So wurden möglicherweise in einer älteren Bauphase (Bauphase 1), welche Fendi in seiner Planskizze (Abb. 8) darstellt, Raum K und dessen Tubulaturen über diesen Heizkanal (Korridor E) mit *praefurnium* an seinem Nordende versorgt (vgl. Abb. 9 und 10). Gestützt wird diese Annahme dadurch, dass die Ausgräber im Bereich von Korridor E viele Kohlen vorfanden⁶².

⁵⁸ KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 17: „längliche, viereckige Wärmeröhren“; VON HEFNER o. J., 00082 f: „*tubuli* mit einem runden Loch an der Schmalseite“.

⁵⁹ KOVACOVICS / KASTLER 2004, 32 Abb. 17; FLEISCHER / MOUCKA-WEITZEL 1998, 46 Abb. 48; 44 Abb. 45.

⁶⁰ WERNER 2015, 27–28.

⁶¹ VON HEFNER o. J., 00082 f.

⁶² GRENIER 1817, 8; KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 12; WERNER 2015, 67–68.

In einer jüngeren Bauphase (Bauphase 2, *Abb. 6*, Plan von Grenier) wollte man den von der Suspensura aufwärts voll-tubulierten Raum K weiter nutzen und speiste diesen dann durch ein im Hypokaust von Raum K gelegenes *praefurnium* an, das von Raum J aus bedient wurde. Das hatte zugleich eine bessere Heizleistung für Raum K zur Folge. Die anschließenden Interpretationsmöglichkeiten 1–3 für Raum K beziehen sich auf diese baulichen Situationen.

Da sich die Wohnverhältnisse vermutlich ständig änderten, wurde möglicherweise in einer weiteren Bauphase das Obergeschoss aufgegeben und Raum K mit seiner speziellen Funktion nicht mehr benötigt. So gestaltete man das Erdgeschoss neu, indem Raum J mit einem *opus-signinum*-Boden ausgestattet wurde⁶³. Einen Hinweis auf diese Bauphase gibt uns unter anderem auch der Vermerk in Greniers Grabungsbericht, dass im mit Mosaikboden ausgestatteten Raum A „Vorspuren eines zweiten Mosaikbodens“ unter dem vorhandenen gefunden wurden⁶⁴. Es ist auch möglich, dass im allgemeinen Niedergang die Bewohner Raum K aufgeben mussten, da durch den langen Betrieb mit hohen Temperaturen die Tubulatur ausgebrannt und viele *tubuli* porös und undicht geworden waren. Ein weiterer Betrieb wäre wegen des Austritts von Rauchgasen (CO und CO₂) zu gefährlich gewesen. Damit verbunden fehlte es auch an technischen (qualitativ hochwertige *tubuli* waren nicht mehr erhältlich) und / oder finanziellen Mitteln für eine Reparatur.

Wie eingangs erwähnt, setzt im Norden (dort, wo bis dahin das *praefurnium* des „Heizkanals“ lag, Bereich Korridor E) an das Gebäude außen eine marmorne Treppenanlage an, die wahrscheinlich ebenfalls im Zuge dieser jüngeren Umbauphasen angebaut wurde, als Zugang zum Gebäude diente und auch mehr oder weniger als Verbindung zum größeren nördlichen Baukomplex anzusehen war⁶⁵.

Auch die Ergebnisse der Geoprospektion stützen die Annahme unterschiedlicher Bauphasen. Die Messungen machen zusätzliche Mauerzüge innerhalb des Gebäudes sichtbar, die abweichend von den Fluchten der bekannten Räume verlaufen⁶⁶.

Interpretation der Beheizung von Gebäudekomplex B

Warum nun dieser enorme bauliche Aufwand? Fast das gesamte Gebäude war hypokaustiert, viele Räume waren mit Tubulaturen ausgestattet, wenn auch möglicherweise nicht in allen Bauphasen, und es wurde speziell ein Raum K geschaffen, der in der folgenden Interpretation im Mittelpunkt stehen soll. Die Beheizung von Gebäude B stellt somit eine sehr komplexe und kostenintensive Anlage dar. Sicherlich konnte sich zur damaligen Zeit nicht jeder diesen Luxus leisten. Der Einbau solcher heizungstechnischer Besonderheiten spricht für sehr wohlhabende Villenbesitzer.

Fest steht, dass die Bewohner der Villa es so behaglich wie möglich haben wollten, da sie es sicher zu ihrer Zeit mit zunehmend widrigem Wetter zu tun hatten. Denn man muss davon ausgehen, dass in den Bereichen Britanniens, des Rheins und der Donau die heutigen Durchschnittstemperaturen vermutlich nur annähernd erreicht wurden und es auch insgesamt feuchter war. Spätestens ab 200 n. Chr. wurde das Klima in diesen Gebieten sukzessive kälter als heute⁶⁷. Regional,

⁶³ GRENIER 1817, 17–18.

⁶⁴ Ebd. 11.

⁶⁵ WERNER 2015, 23–24.

⁶⁶ Ebd. 77–78.

⁶⁷ HEIDE 1997, 182–184; 195; HERODIAN 1996, 6,7,5 (Anlage 5); NICOLUSSI 2009, 121; UBL 1969, 509–510.; 554; 597; VETTERS 1994, 460; VETTERS / ZABEHELICKY 2004, 1–4; ZABEHELICKY 1994, 467.

spricht in *Noricum* und *Pannonia*, scheint diese Entwicklung schon ab ca. 160 n. Chr. eingesetzt zu haben⁶⁸.

Die Annahme, dass die Bewohner der Villa bauliche Maßnahmen ergriffen haben, um der zunehmenden Wetterverschlechterung zu trotzen, wird zusätzlich gestützt, wenn man den Baukomplex D der Villa betrachtet (*Abb. 1*). Anhand geophysikalischer Messergebnisse und einer anschließenden archäologischen Interpretation konnte dieses als freistehendes Badegebäude identifiziert werden⁶⁹. Grundriss, Ausrichtung, Raumgrößen und Raumaufteilung sowie der Nachweis von Hypokaustanlagen in diesem Gebäude erlauben, im Vergleich mit den aus Nordwestnoricum bekannten Badeanlagen, diese Ansprache⁷⁰. Auffällig in Baukomplex D sind hypokaustierte Räume, die in ihrer Größe und Ausrichtung eindeutige Verdoppelungen sind. Da sie sich zwischen dem *caldarium* und *frigidarium* befinden, handelt es sich, nach dem uns bekannten Badeablauf, um Tepidarien. Solche Verdoppelungen, speziell dieser Räume, finden wir z. B. auch bei Villenbädern von Loig (Salzburg), Morzg (Salzburg) und Altheim-Weirading (Oberösterreich) in Nordwestnoricum⁷¹, im Badegebäude der Villa Borg (Saarland)⁷² sowie vielfach in den Kastellthermen in *Pannonia* und *Moesia*⁷³, und sie treten zunehmend in der Zeit der Klimaverschlechterung auf. Man schuf sich sozusagen Plätze bzw. Räume, um sich aufzuwärmen.

Man muss davon ausgehen, dass die Heizungsanlage der Villa von Salzburg-Glas kein einmaliger kompletter Bau war, sondern dass diese stetig baulich gewachsen ist, viele Umbauten und Zubauten bezüglich des Hypokausts und der Tubulaturen erfahren hat, und von Generation zu Generation bauliche Veränderungen, je nach den Bedürfnissen, vorgenommen worden sind. Vermutlich haben auch bestimmte Bereiche der Beheizung nicht funktioniert, sind kaputtgegangen und man baute, auch weil man es sich leisten konnte, dementsprechend um.

Während es zu den meisten Bauteilen der Hypokausten in Gebäude B anderswo genügend vergleichbare Objekte gibt, sieht die Sache bei Raum K ganz anders aus. Was es mit diesem Raum auf sich haben könnte und wozu er gedient haben kann, wird im Folgenden detailliert untersucht.

Annett Werner

Der seltsame Raum K

Bei Betrachtung des Raums K drängt sich die Frage auf: Was soll eine vollflächige, allseitige Wandtubulierung in einem nur 3,90 x 2,40 m großen Raum mit Hypokaustheizung, wahrscheinlich einem eigenen *praefurnium*⁷⁴, der noch dazu mit drei Seiten an beheizte Räume angrenzt, also praktisch keinen Wärmebedarf hat? Wie bereits oben angesprochen, ist in den meisten Fällen die sogenannte „Wandheizung“ (Tubulatur) einer größeren beheizten Hypokaust-Bodenfläche nachgeschaltet, weshalb nur bereits abgekühlte Rauchgase (Heizgase) in sie einströmen, die zu geringe Temperaturen aufweisen⁷⁵, um die Wände zu erwärmen⁷⁶, die diese aber wärmedämmen können. Bei Raum K liegt die Sache jedoch anders.

⁶⁸ HOŠEK 1994, 34; CASS. DIO EPIST. 1932, 71,7,1; LEHAR 2012, 236.

⁶⁹ WERNER / ZICKGRAF 2014, 361–373.

⁷⁰ Ebd. 369–370.

⁷¹ KASTLER / TRAXLER 2012b, 317–323.

⁷² LEHAR 2012, 295–301.

⁷³ Vgl. PHILIPP 1999.

⁷⁴ KURZ VON GOLDENSTEIN 1817, 15; SCHUMANN VON MANNSEGG 1842, 117; WERNER 2015, 28; 67.

⁷⁵ HÜSER 1979, 17; KRETZSCHMER 1953, 24–27; 31; TIMMER 2007, 90.

⁷⁶ HÜSER 1979, 19; KRETZSCHMER 1953, 31–35; LEHAR 2012, 208–212.

Wenn man davon ausgeht, dass das dazugehörige *praefurnium* aus dem unmittelbar daneben liegenden Raum J beheizt wird – also direkt unter der Suspensura vom Raum K das Feuer brennt – oder durch einen Heizkanal direkt versorgt wird (siehe oben und *Abb. 9* und *10*), bedeutet das, dass in diesem Fall die Tubulatur im Gegensatz zum Normalfall mit heißen Rauchgasen (zumindest ca. 95° C)⁷⁷ versorgt wird. Dadurch wird sie zu einer richtigen Wandheizung. Das heißt, wir können – bei Vorhandensein eines eigenen *praefurniums* – in Raum K raumseitig von einer Oberflächentemperatur der Wände von ca. 90° C ausgehen⁷⁸. Entsprechend hoch wäre die Raumtemperatur in Raum K. Bei einer ebenfalls vorstellbaren Versorgung dieses Raums durch einen Heizkanal in einer oben besprochenen früheren Bauphase wäre diese Temperatur zwar etwas niedriger, aber immer noch ziemlich hoch und ein längerer Aufenthalt wäre wohl nicht bekömmlich; die Verwendung als *laconicum* oder *sudatorium* in einem repräsentativen Wohngebäude, zu dem ein großes Thermengebäude (Gebäude D) mit mindestens acht Räumen gehörte (*Abb. 1*), ist demnach eher unwahrscheinlich. Auch sind *laconica* runde Räume ohne Hypokaust (Beheizung durch Holzkohlebecken) mit halbkugel oder kegelförmiger Überwölbung, in der sich eine runde Öffnung befindet, die mit einer Kalotte aus Metall (*clipeus*) zur Temperaturregelung mehr oder weniger verschlossen werden kann⁷⁹. Nimmt man ein Gebäude mit einem Obergeschoss oder einem Dachstuhl an, ist dies nicht machbar. Ein *sudatorium* muss nicht rund sein und kann eine Hypokaustheizung haben. Allerdings besteht auch hier das Problem einer Öffnung nach oben, die zur Entlüftung (Dampf) und Temperaturregelung unbedingt notwendig ist. Ebenso ist die dazu nötige Zufuhr von Frischluft mitten im Gebäude kaum gewährleistet⁸⁰.

Es sind mehrere Möglichkeiten denkbar, wozu diese Anordnung gedient haben könnte. Diese können zwangsläufig nur spekulativ sein, weil sie sich auf alte Grabungsberichte stützen, die nur eine aufgefundene Mauerhöhe von maximal ca. 1,50 m wiedergeben.

Vorauszuschicken ist:

- Diese Überlegungen gehen davon aus, dass das Gebäude ein Obergeschoss hatte, wofür einiges spricht (siehe oben)⁸¹. Die Raumhöhe im OG wird im Folgenden – um eine Größe für die beispielhaften wärmetechnischen Berechnungen zu haben – hypothetisch mit drei Metern angenommen.
- In *Noricum* wusste man zumindest in Einzelfällen, dass eine – ohne Umweg durch ein Hypokaust – auf direktem Weg vom *praefurnium* mit heißen Rauchgasen versorgte Wandtubulatur eine wirksame Heizfläche darstellen kann. Beispiele dafür findet man in *Lauriacum* (Oberösterreich)⁸² (*Abb. 9*) und Mauer an der Url (Niederösterreich)⁸³ (*Abb. 10*).
- Ein Wärmefluss erfolgt immer nur von einer höheren Temperatur in Richtung zu einer tieferen Temperatur; je größer die Differenz, desto größer der Wärmefluss. Keine Temperaturdifferenz bedeutet, es ist kein Wärmefluss möglich⁸⁴.
- Heiße Rauchgase – wie jede Energie – nehmen immer den Weg des geringsten Widerstands, das ist in der Regel der kürzeste. Will man bei unterschiedlich langen Wegen durch verschiedene Tubulusstränge (wie das in einer vollflächigen Tubulatur der Fall ist) eine gleichmäßige

⁷⁷ Abgeleitet aus den aus Oberflächenmessungen errechneten Werten der *villa urbana* im AP Carnuntum in ca. 3,50 m Entfernung vom *praefurnium*; LEHAR 2012, II, 134 (s.a. *Abb. 21*); pers. Mitt. R. Reithofer, AP Carnuntum.

⁷⁸ Errechneter Temperaturverlauf bei k-Wert-Berechnung; *Tab. 1*.

⁷⁹ HEINZ 1983, 24; VITR. 5,10,5; WEBER 1996, 59–61.

⁸⁰ BRÖDNER Erika 1983a, 15.

⁸¹ TRAXLER / KASTLER 2010, 241; WERNER 2015, 57.

⁸² HUBER 1956, 39.

⁸³ NISTLER 1909, 123, *Abb. 57*; PHILIPP 1999, Teil 2, NO1.

⁸⁴ Vgl. Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik.

Durchströmung aller Stränge erreichen, muss man in die kürzeren Stränge Engstellen einbauen, die dort den Durchfluss verlangsamten und dem im längsten Strang angleichen⁸⁵.

- Letztlich sei noch betont, dass Hypothesen und Spekulationen zum Wesen der Archäologie gehören. Da kaum komplett erhaltene Gebäude bewahrt sind, kann in der Regel die restliche Bausubstanz – z. B. gestützt auf Vergleiche – nur hypothetisch ergänzt werden. Das Gleiche gilt oft noch mehr für den Verwendungszweck eines Gebäudes. Wenn man also z. B. bei einem mutmaßlichen Tempel aufgrund seiner Bauweise oder von Statuenresten darüber spekulieren darf, welcher Gottheit das Heiligtum geweiht war, muss es genauso möglich sein, auf Grundlage von vorgefundenen Strukturen und technischen Kenntnissen technische Anlagen spekulativ-hypothetisch zu rekonstruieren. Diese Rekonstruktionen können sich natürlich als falsch herausstellen, doch haben bereits einige vorgenommene Rekonstruktionsvorschläge reale Belege gefunden, weil Kollegen diese zunächst hypothetisch gedeuteten Strukturen bei alten oder neuen Grabungen erkannt haben und sie jetzt (neu bzw. anders) deuten konnten. Denn letztlich findet und deutet man das leichter, was man schon einmal gesehen hat.

Die im Folgenden drei dargestellten Möglichkeiten sind zunächst als alternative, jeweils für sich stehende Lösungen, nicht als Weiterentwicklung aus einer Grundform, gedacht. Eventuell mögliche Zusammenhänge in einer Entwicklung werden nach der Darstellung der drei Möglichkeiten angesprochen werden.

Möglichkeit 1

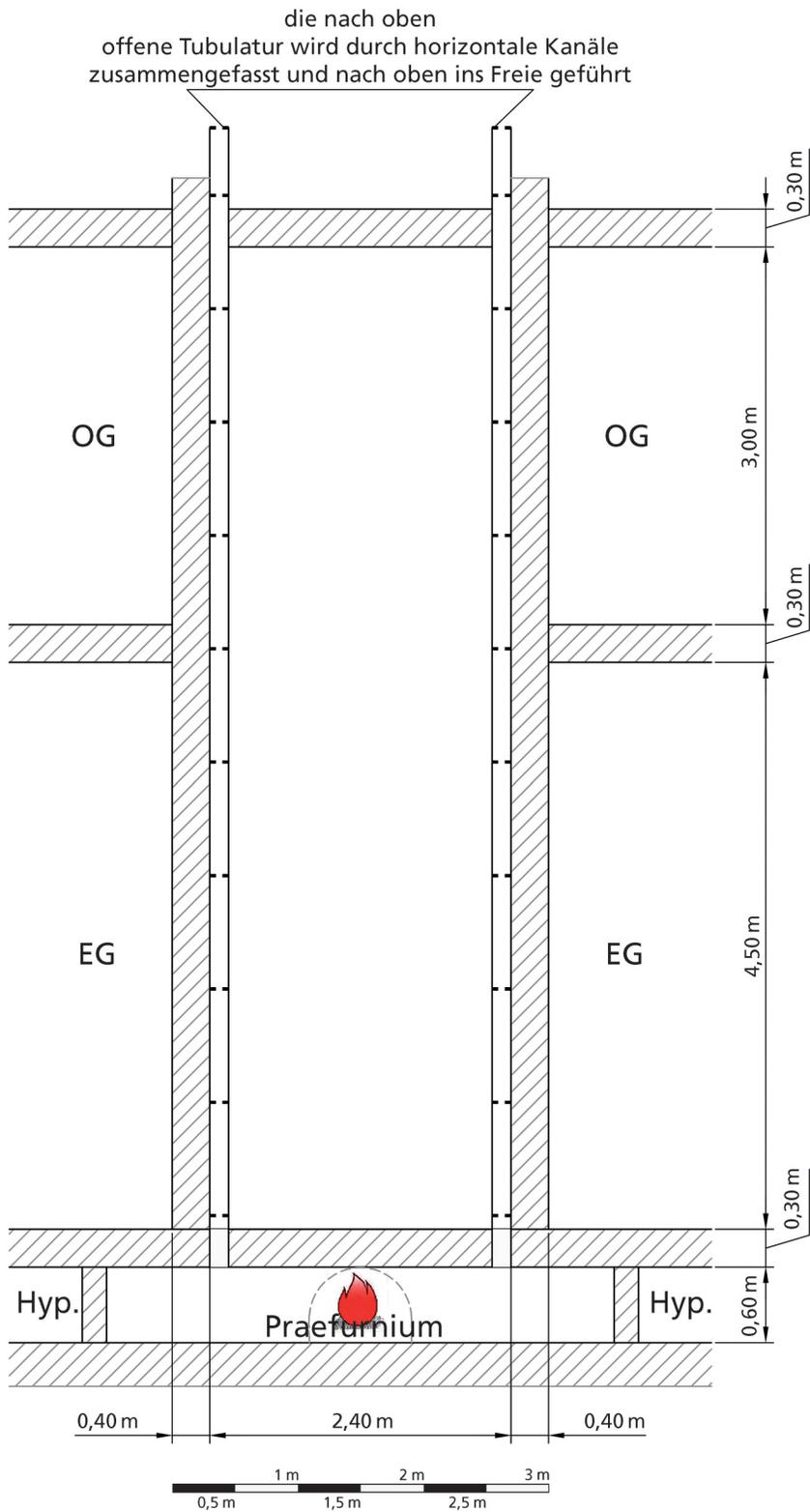
Denkbar ist, dass Raum K vom Erdgeschoss bis in das Obergeschoss reichte und erst dort oben mit einer Decke geschlossen war (*Abb. 11*). Die Tubulatur reichte dann wohl ebenfalls bis zur Decke des Obergeschosses, wurde dort an jeder Raumseite oben mit quer liegenden *tubuli* zusammengefasst und die Rauchgase durch einen oder zwei Tubulusstränge nach oben ins Freie abgeleitet (*Abb. 12* und *13*). Die unterschiedlich langen Wege für die Rauchgase wurden durch teilweise Verengung von Tubulussträngen ausgeglichen, um eine weitgehend gleichmäßige Durchströmung (= Wärmeverteilung) zu erzielen.

Wird das *praefurnium* beheizt, so strömen die heißen Rauchgase (Heizgase) unter der *Suspensura* von K unmittelbar in die Wandtubulatur. Da sie über die nur kleine *Suspensura* (beheizter Fußboden mit 9,36 m²) nicht viel Wärme abgeben können, steigen sie mit hoher Temperatur in die Tubulatur auf und können diese insgesamt ca. 88 m² Heizfläche kräftig erwärmen. *Suspensura* und Tubulatur geben jetzt Wärme in erster Linie an den noch kalten Innenraum von K und in geringem Maß an die umschließenden dickeren Mauern ab (*Abb. 14*).

Da der Raum K selbst praktisch keinen Wärmeverlust nach außen hat, erwärmt sich die Raumluft rasch und damit sinkt die Wärmeabgabe der Heizflächen (*Suspensura* und Tubulatur) in den Raum K. Gleichzeitig jedoch beginnt die Wärme aus der Tubulatur verstärkt in das umliegende dickere Mauerwerk – das ja noch kalt ist – zu fließen, denn die Temperaturdifferenz zum Luftraum wurde klein, die zum Mauerwerk ist dagegen groß (*Abb. 15*).

Die Lufttemperatur in K steigt – wenn auch langsamer – so lange, bis sie der Oberflächentemperatur der Tubulatur gleich ist (ca. 90° C, siehe oben). Ab diesem Moment fließt die gesamte in der Tubulatur verfügbare Wärme in das umgebende Mauerwerk und heizt es auf. Dadurch entsteht

⁸⁵ Vgl. LEHAR 2012, 186–189; 195–199; 201–203.



eine Temperaturdifferenz zwischen der Mauer und dem jeweils angrenzenden Raum. Die Folge ist eine Wärmeabgabe an die im Erdgeschoss angrenzenden Räume F und C sowie – der nur kleinen gemeinsamen Wandfläche wegen – in geringerem Maß an Raum S. Im mit Hypokaust beheizten Erdgeschoss sind die Räume bereits durch die darin befindliche Hypokaustheizung erwärmt, die Wärmeabgabe der Mauer dorthin daher nicht allzu groß. Im Obergeschoss dagegen sind die hier angenommenen Räume über F und C und S unbeheizt, die Temperaturdifferenz von Mauer zu Raum daher groß und dadurch die Wärmeabgabe an jene Räume, die an Raum K angrenzen, hoch. Die Mauer wird dadurch zu einer Wandheizung, in der Wirkung vergleichbar mit einem gemauerten Ofen (*Abb. 16*).

Vorteile dieses Systems:

- Das Obergeschoss hätte eine echte Wandheizung, die dort einerseits die Raumtemperatur erhöht, andererseits durch die Abgabe der Wärme in Form von Strahlungswärme die Behaglichkeit verbessert.

Um die mögliche Auswirkung einer derartigen Konstruktion beispielhaft zu zeigen, nehmen wir im Obergeschoss einen Schlafraum über Raum C und O (L 10,30 m, B 5,80 m, H 3,00 m) mit zwei Fenstern an, der unbeheizt bei einer Außentemperatur von -12°C ⁸⁶ eine Raumtemperatur von 4°C hätte⁸⁷. Dieser könnte durch eine in der Fläche der Tubulatur von Raum K entsprechende auf ca. 28°C ⁸⁸ erwärmte Mauerfläche (L 3,90 m x H 3,00 m = $11,70\text{ m}^2$) um ca. 11°C auf ca. $+7^{\circ}\text{C}$ erwärmt werden⁸⁹.

Das Ergebnis entspricht natürlich nicht dem eines beheizten Raums in einem modernen Wohnhaus, aber für einen sonst unbeheizten Schlafraum römischer Zeit wäre es doch eine fühlbare Verbesserung. Würde man die Betten an die beheizte Mauer heranrücken, so könnte man von einem behaglichen Schlafplatz sprechen. Dass ein Großteil der Wärme als Strahlungswärme abgegeben wird, würde als angenehm empfunden werden.

Bei einem kleineren Raum mit gleicher Heizfläche wäre die Erwärmung natürlich größer. Ebenso bei nicht so kalten Außentemperaturen.

- Im Erdgeschoss in den angrenzenden beheizten Räumen besteht mit dieser Lösung eine Zusatzheizung, die durch eine zusätzliche Wärmezufuhr die zur Wärmebedarfsdeckung notwendige Temperatur des Fußbodens, die bei Hypokaustheizungen tendenziell unangenehm hoch ist, niedriger hält, und damit bei gleichbleibender Raumtemperatur die Behaglichkeit erhöht⁹⁰.

⁸⁶ Laut ÖNORM M 7500 beträgt die Normaußentemperatur für eine Heizungsrechnung in Salzburg sogar 18°C .

⁸⁷ JAUSCHOWETZ 1982, 85.

⁸⁸ Errechneter Temperaturverlauf bei k-Wert-Berechnung; *Tab. 2*.

⁸⁹ Berechnung in *Tab. 3*. Für die Berechnung verwendete Software: Haustechnische Software –

Heizlastberechnung nach ÖNORM M7500; k-Wertberechnung; Gebäudeheizlast nach ÖNORM B8135; Heizkörperauslegung; Rohrnetz; © Dipl.-Ing. Erich Fuß, A-7551 Stegersbach. ⁹⁰ KOLLMAR 1980, 23; LEHAR 1992, 15; DERS. 2012, 181; 217–219; 240–243; RECKNAGEL / SPRENGER / SCHRAMEK 2007, 44–50; 930; 953; 955; TIMMER 2007, 86; ANONYMUS 2005, 7.

← *Abb. 11*. Schnitt durch den diesen Überlegungen zugrunde liegenden denkbaren Raum K: Die Zusammenfassung der Tubulusstränge im oberen Bereich von Raum K (siehe *Abb. 12* und *13*) ist wegen besserer Übersichtlichkeit hier und in den anderen Schnittzeichnungen nicht dargestellt. Die Höhe der Räume in Erd- und Obergeschoss ist hypothetisch angenommen, um eine Grundlage für die beispielhaften wärmetechnischen Berechnungen zu haben.

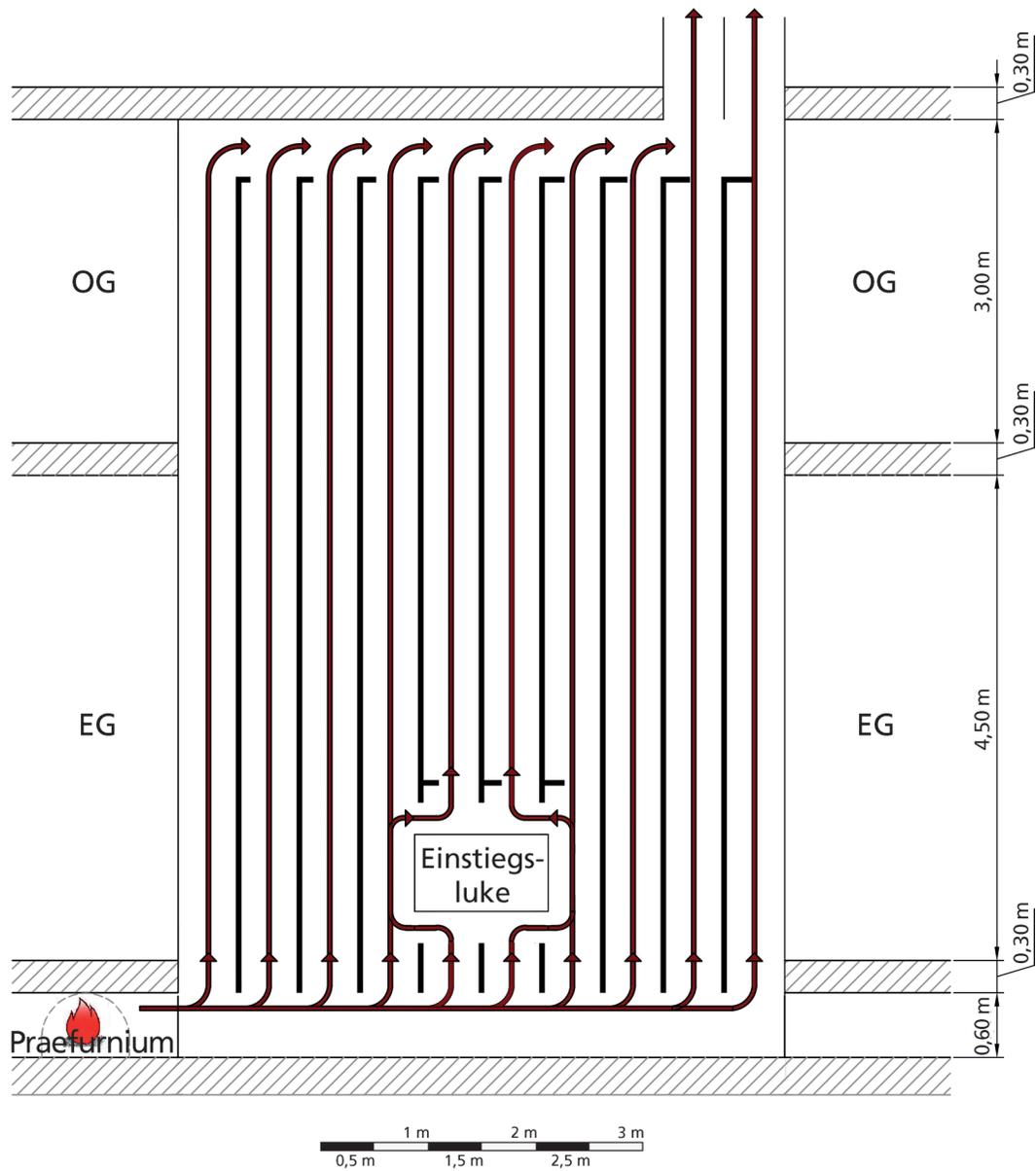


Abb. 12. Ansicht der Tubulatur (fiktiv) an der östlichen Innenwand von Raum K mit Einstiegsöffnung, die während des Betriebs geschlossen sein musste, um einen Wärmeverlust zu verhindern. Die Tubulusstränge mit einem kürzeren Weg und mit deshalb geringem Widerstand für die durchströmenden Rauchgase sind verengt, damit deren Widerstand an den des ungünstigsten Strangs angeglichen wird.

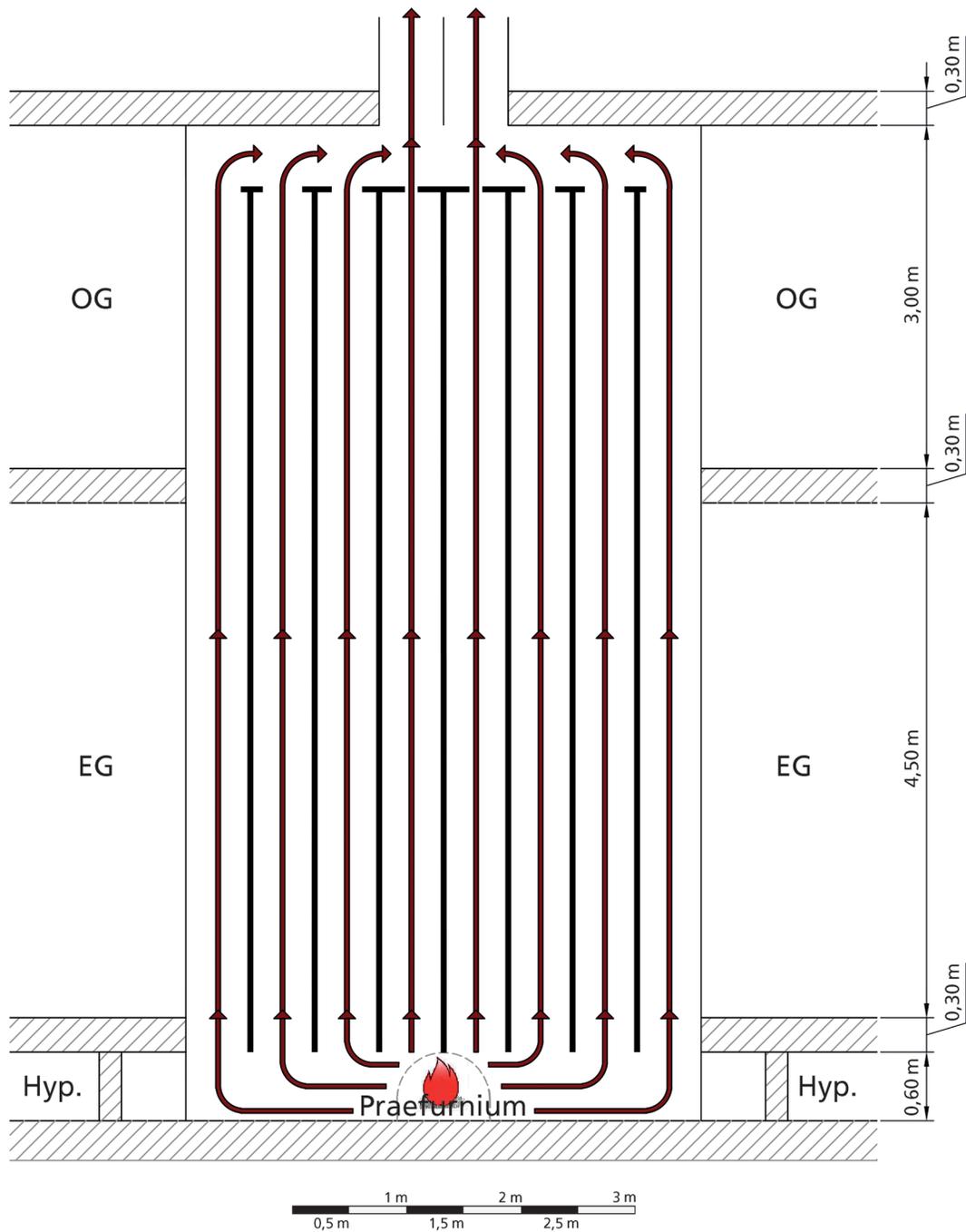


Abb. 13. Ansicht der Tubulatur (fiktiv) an der südlichen Innenwand von Raum K. Die Tubulusstränge mit einem kürzeren Weg und mit deshalb geringem Widerstand für die durchströmenden Rauchgase sind verengt, damit deren Widerstand an den des ungünstigsten Strangs angeglichen wird.

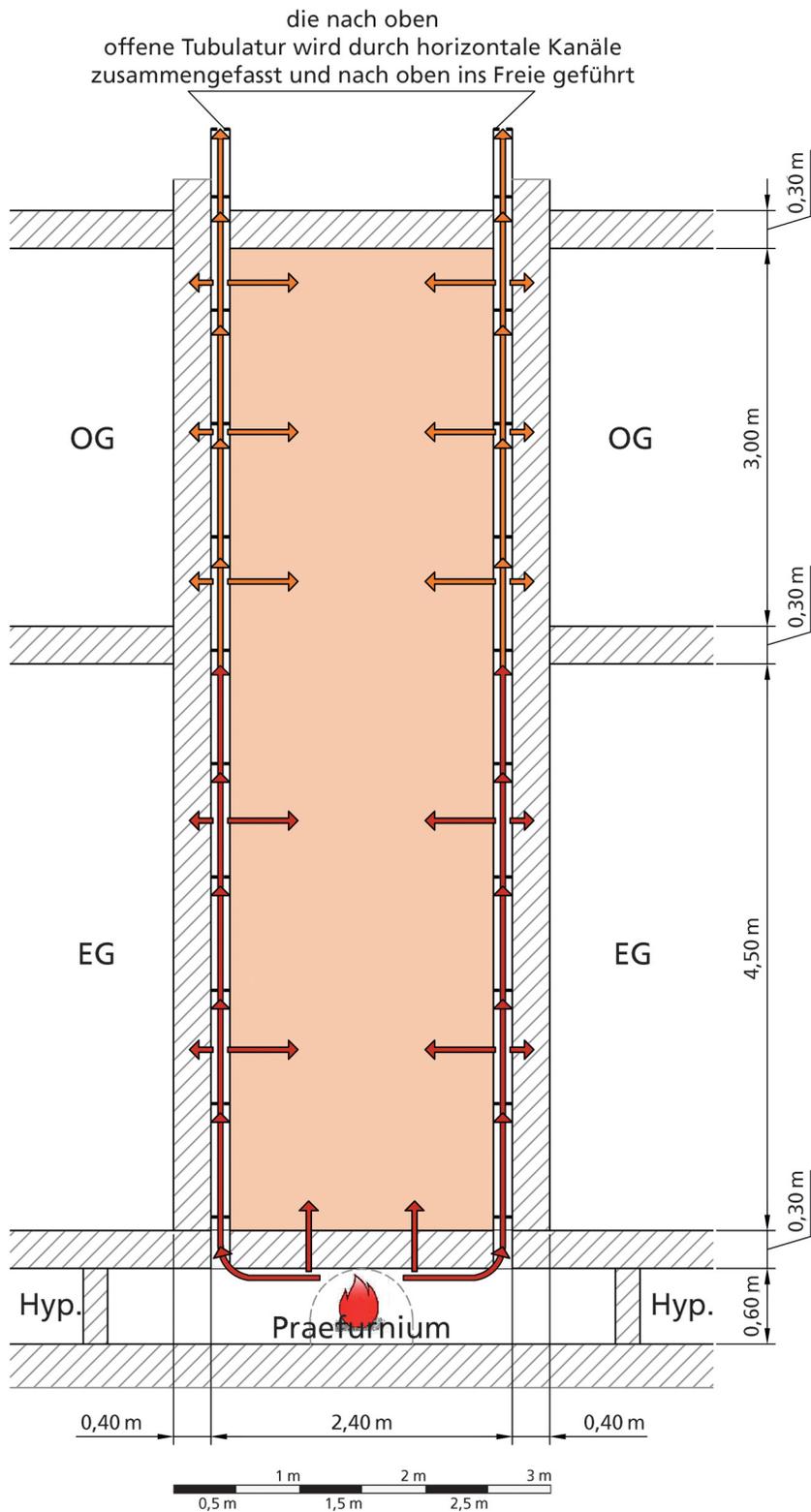


Abb. 14. Durchströmung und Wärmeabgabe (schematisch) in der Anfangsphase der Beheizung.

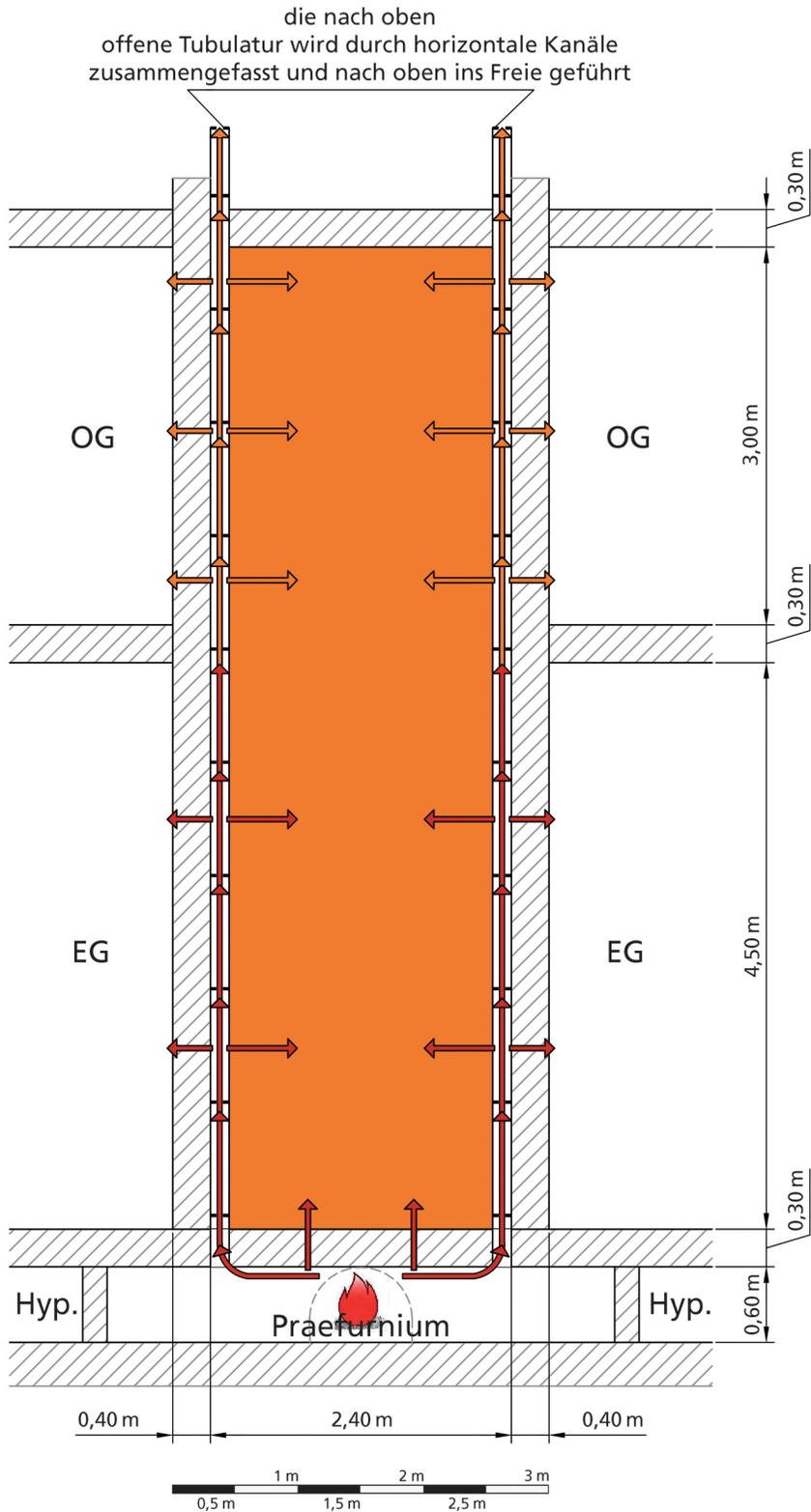


Abb. 15. Durchströmung und Wärmeabgabe (schematisch) nach einiger Zeit des Aufheizens der Anlage.

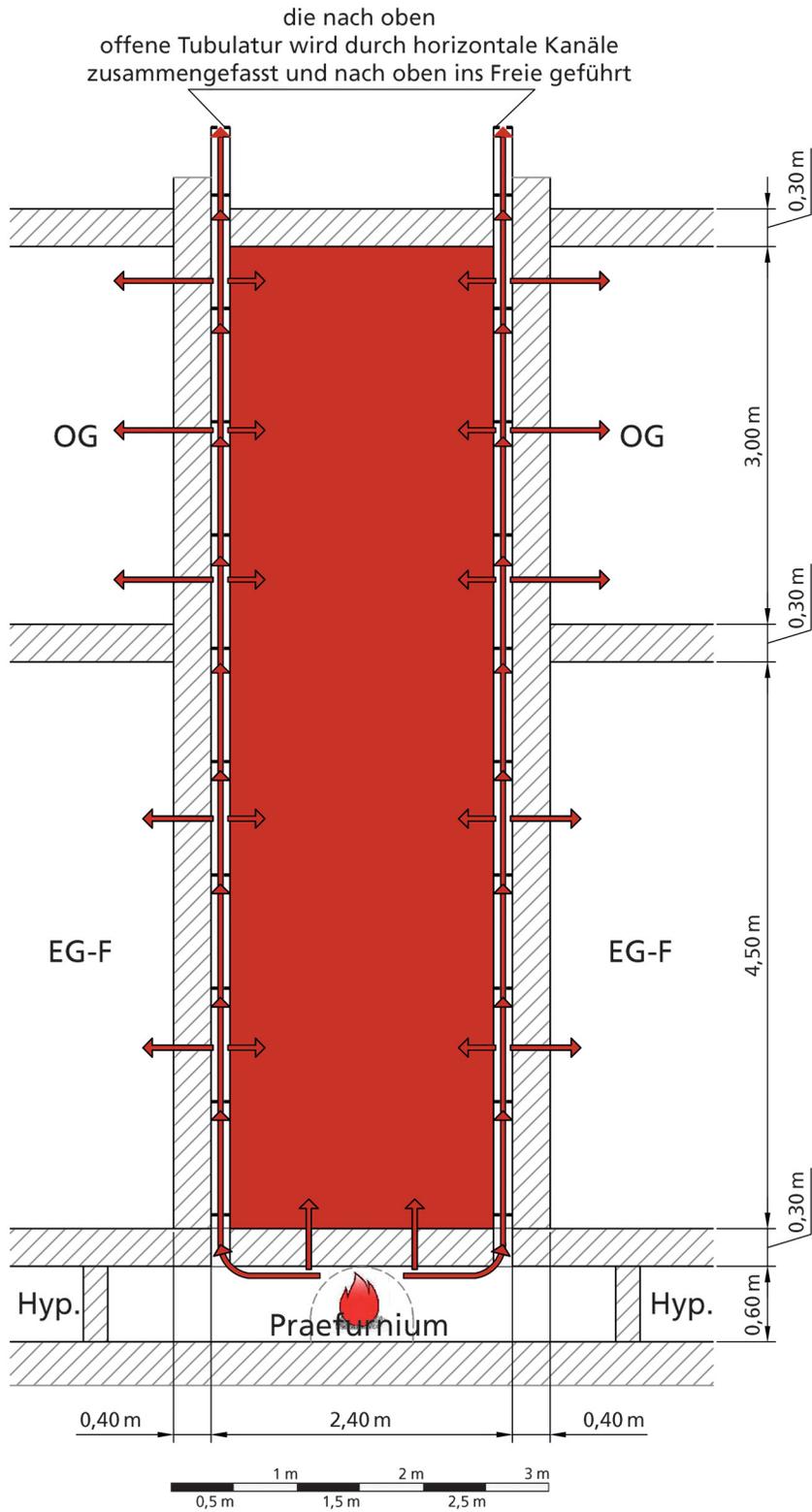


Abb. 16. Durchströmung und Wärmeabgabe (schematisch) im Betriebszustand der Beheizung.

- Ein weiterer großer Vorteil dieses Systems gegenüber den für die Beheizung häufig angenommenen Holzkohlebecken besteht darin, dass keine (übel riechenden bzw. giftigen) Rauchgase in die beheizten Räume gelangen.

Denkt man dieses aus heutiger Sicht mögliche Verfahren weiter, so könnten manche bisher nicht sinnvoll begründbaren Tubulaturen – insbesondere in unmittelbarer Nähe eines *praeefurni-ums* – auch so erklärbar werden. Die Funktion von Raum K als Teil einer Heizung des Obergeschosses kann aber auch anders interpretiert werden (Möglichkeit 2).

Möglichkeit 2

Der Aufbau der Anlage ist weitgehend gleich wie vorstehend beschrieben. Allerdings bestehen im Bereich des Obergeschosses zusätzlich je eine (oder mehrere) Öffnungen, die Raum K mit den angrenzenden Räumen verbinden (*Abb. 17*). Sie sind im oberen Bereich der Wand angeordnet, damit die Heizfläche (= der Wärmetauscher) in Raum K in ihrer vollen Höhe zur Wärmeabgabe an die aufsteigende Luft maximal genutzt werden kann. Die Wand zwischen K und dem zu beheizenden Raum dient hier selbst als Heizfläche, unten liegende Öffnungen wären auch aus diesem Grund nicht vorteilhaft.

Der Aufheizvorgang läuft weitgehend gleich ab, die untere Einstiegsöffnung bleibt geschlossen, bis sich der Innenraum von K kräftig erwärmt hat. Dann wird die Einstiegsöffnung geöffnet und Raumluft aus Raum C wird in Raum K hineingesaugt, weil die aufgeheizte Luft in K aufsteigt und durch die Öffnungen im Bereich des Obergeschosses in die angrenzenden Räume strömt und diese erwärmt. Mittels Klappen an den Luftaustrittsöffnungen in den Räumen des Obergeschosses kann die Wärmezufuhr für den jeweiligen Raum geregelt werden. Diese Klappen kann man sich aus Holz oder Metall, rechteckig horizontal liegend mit Scharnieren an der Längsseite vorstellen. Je nach Wunsch kann durch weiteres oder geringeres Öffnen die Menge der einströmenden Warmluft geregelt werden. Die Betätigung der Klappen wäre am einfachsten durch einen Seilzug von unten, der oberhalb der Klappe über eine Umlenkrolle läuft, zu bewerkstelligen. Auch die Verwendung von Schiebern ist denkbar. Die Betätigung kann hier und alternativ auch bei den Klappen entweder mittels einer Schubstange oder direkt an der Klappe oder dem Schieber erfolgen. Die Einlass-Klappe im Erdgeschoss befindet sich in Bodennähe (um die volle Höhe der Tubuluswand zur Wärmeaufnahme auszunützen) und kann ohne weitere Hilfsmittel direkt bedient werden.

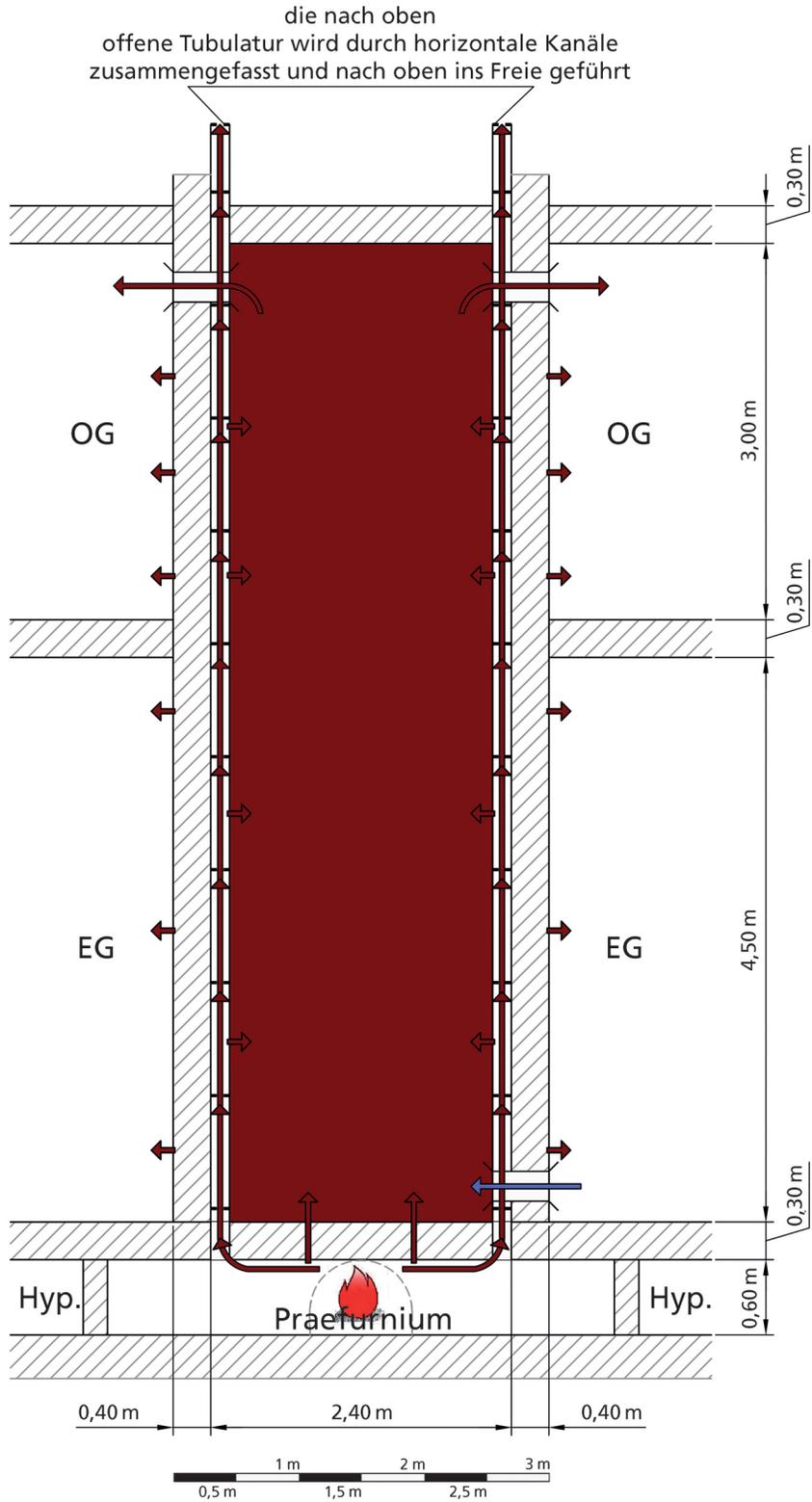
Um die Durchströmung von Raum K mit Luft zu gewährleisten, muss entweder in Erdgeschoss und Obergeschoss je eine Öffnung nach außen bestehen, damit Luft ein- bzw. ausströmen kann (Variante A), oder eine Öffnung in der Decke einen Kreislauf ermöglichen (*Abb. 18*).

Es handelt sich dabei – und auch bei Möglichkeit 3 – im Prinzip um eine sogenannte Schwerkraft-Umluftheizung, wie sie vor allem Ende des 19. Jahrhunderts und gelegentlich auch später in unseren Breiten gebaut wurden⁹¹. Das Funktionsprinzip ist daher erprobt, eine aufwendige Versuchsanlage nicht nötig.

Vorteile dieses Systems:

- Die Räume eines Obergeschosses können kontinuierlich beheizt werden.
- Das System ist durch Variieren der durchströmenden Luftmenge gut und schnell regelbar.

⁹¹ HERRMANN / WEBER 2011, 172; VÖLGER / LAASCH 1999, 721–723.



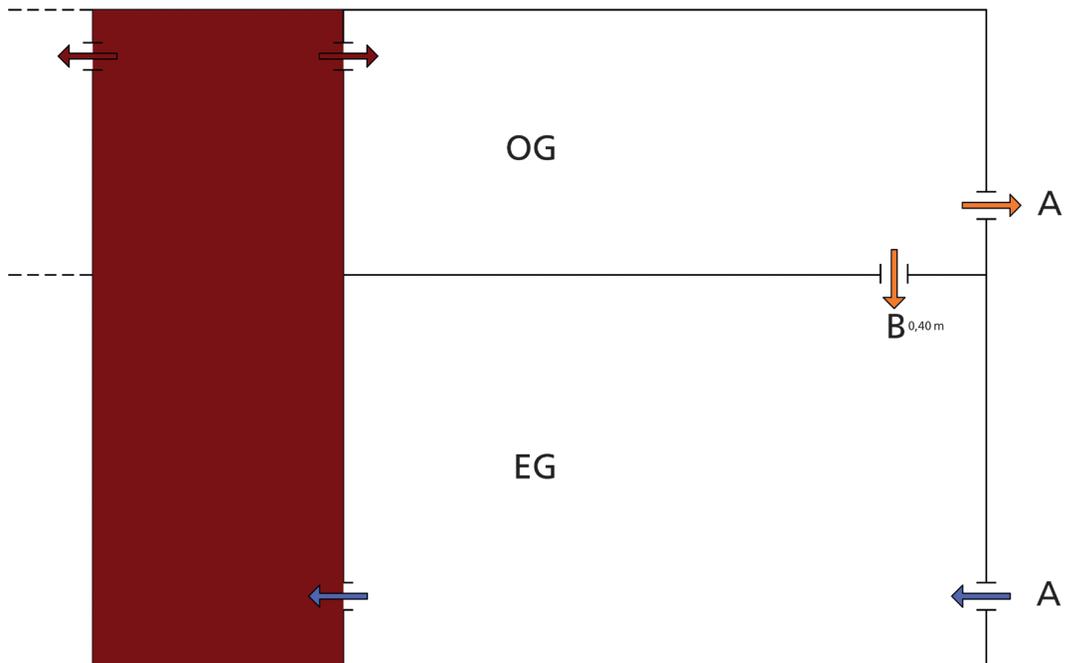


Abb. 18. Schematische Darstellung der Anlage mit möglichem Strömungsverlauf A oder B.

- Rauchgase und Heizungsluft sind völlig getrennt, es kommt keine giftige oder unangenehm riechende Luft in die beheizten Räume.
- Ein Verzicht auf unpraktische Holzkohlebecken, die kompliziert zu bedienen sind und bei deren Einsatz immer die Gefahr einer Rauchgasvergiftung besteht, ist möglich.

Möglichkeit 3

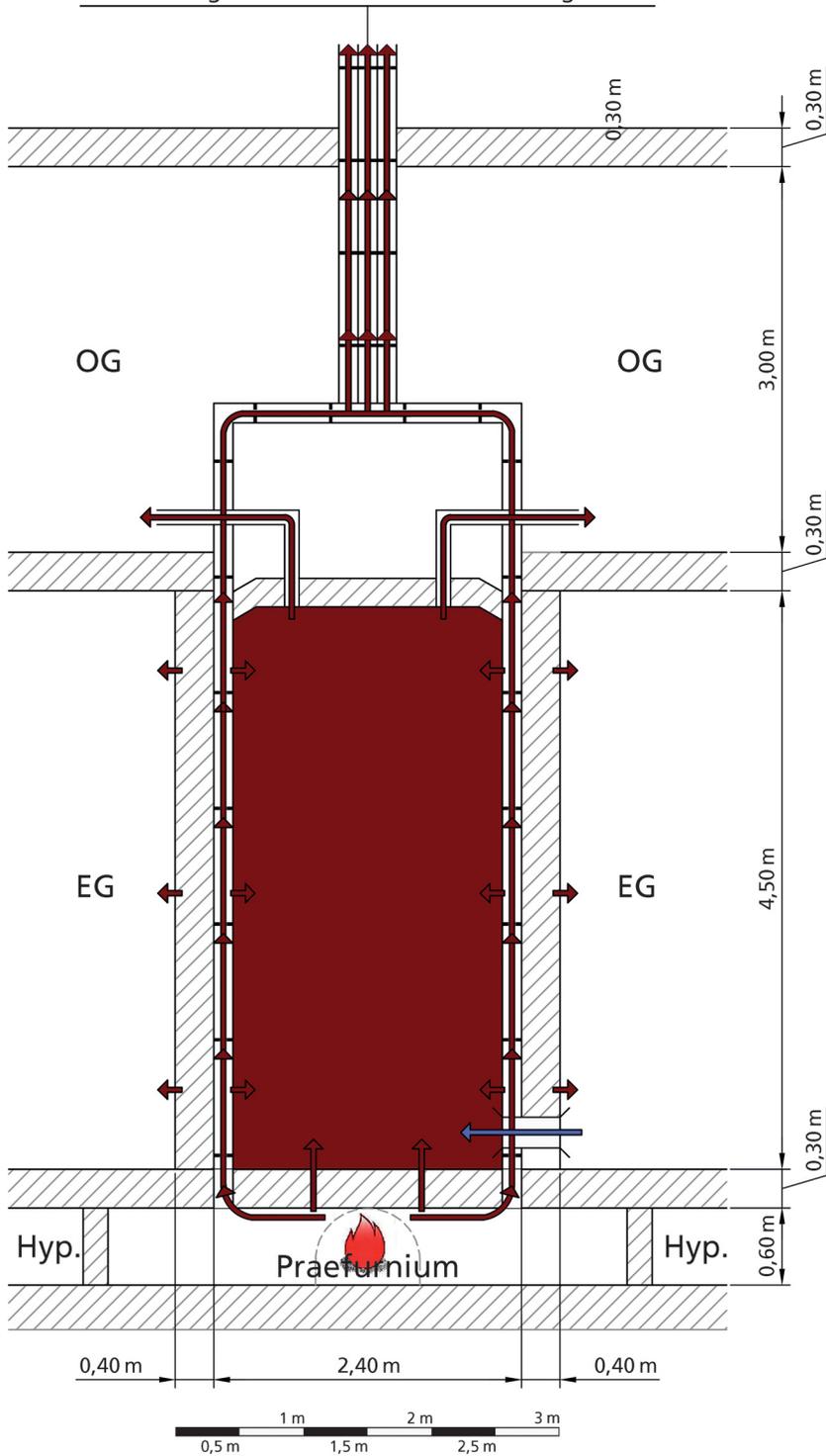
Eine Variante von Möglichkeit 2 könnte in der Beschränkung der Höhe von Raum K auf die des Erdgeschosses liegen. In diesem Fall würde die warme Luft durch Tonröhren in die Räume des Obergeschosses geleitet werden (Abb. 19). Der Betrieb wäre gleich wie bei Variante 2 (Abb. 20).

Die Wärmeausbeute wäre bei Variante 3 geringer als bei Variante 2, weil die Heizfläche zum Aufheizen von Raum K wesentlich kleiner ist. Außerdem ist die Warmluftmenge wegen des geringeren thermischen Auftriebs in einem niederen Raum und wegen des Widerstands in den Tonröhren kleiner. Warum wird sie trotzdem vom Autor in Erwägung gezogen?

Einerseits, weil hier die Raumaufteilung im Obergeschoss nicht an die nach oben durchlaufenden Wände von Raum K gebunden ist und weitgehend frei gestaltet werden kann. Lediglich die zusammengefassten Abzüge müssten z. B. in einem Pfeiler oder einer Säule nach oben über das Dach geführt werden.

← Abb. 17. Schnitt durch die Anlage in bereits vollkommen aufgeheiztem Zustand: Aus dem mit Hypokaust beheizten Raum C strömt Raumlufte in den heißen Innenraum von Raum K. Sie wird dort weiter stark erwärmt, durch den thermischen Auftrieb nach oben gesaugt und strömt als Warmluft durch eine oder mehrere Öffnungen in die Räume des Obergeschosses und erhöht dort die Raumtemperatur.

die nach oben
 offene Tubulatur wird durch horizontale Kanäle
 zusammengefasst und nach oben ins Freie geführt



Diese Darstellung klingt auf den ersten Blick plausibel, kann aber einer genauen Betrachtung, die die spezifischen Eigenheiten der Hypokaustheizungen einbezieht, nicht standhalten:

- Um ein Hypokaust so aufzuheizen, dass es Wärme abgeben kann, dauert es Tage, eventuell Wochen⁹⁵, die theoretisch mögliche Warmluftabgabe dagegen höchstens ein paar Stunden, denn dann ist das Hypokaust abgekühlt und muss wieder aufgeheizt werden. Wozu der Aufwand, um mit Glück vielleicht einmal alle paar Wochen für kurze Zeit Warmluft zu gewinnen?
- Das Anheizen eines Hypokausts ist die kritischste Phase in dessen Betrieb. In dieser Zeit besteht das größte Risiko für eine Versottung der Anlage mit schweren Schäden an Mauerwerk, Verputz und – falls vorhanden – der Wandmalerei⁹⁶. Mit ein Grund für das langsame Aufheizen dieser Heizungen⁹⁷.
- Auch nach einer gründlichen Durchlüftung eines Hypokausts (bei der die gespeicherte Wärme zumindest teilweise verloren geht) bleibt ein kräftiger Geruch nach Rauch zurück, der mit der Luft in die Räume gelangt.

Einen deutlichen Hinweis auf die Trennung der aufgeheizten Raumluft von den Rauchgasen in der Tubulatur bei der Anlage in Ephesos liefert die Tatsache, dass die Tubulatur aus rechteckigen *tubuli* bestand, die Warmluft dagegen durch die noch heute erkennbaren runden Tonröhren aus Raum 8c in das Obergeschoss geleitet wurde. Hätte man die Luft durch die nach Rauchgas riechende Tubulatur in die darüberliegenden Räume leiten wollen, hätte man sich den (in der Grabung ohnedies nicht nachweisbaren) komplizierten Übergang von rechteckigem auf runden Querschnitt sparen können. Da es sich aber um zwei voneinander getrennte Leitungssysteme handelte, waren die unterschiedlichen Querschnitte kein Problem.

Es scheint also sehr wahrscheinlich, dass die Römer, die ja das Prinzip des Wärmetauschers kannten⁹⁸, zumindest in diesen beiden Fällen eine Luftheizung konstruierten, bei der kontinuierlich warme Luft ohne Geruch nach Rauch geliefert wurde und die völlig frei von giftigen Gasen war. Dadurch war es ihnen möglich, auch Obergeschosse zu erwärmen, die sonst mit der konstruktionsbedingt schweren Hypokaustheizung nur selten beheizt waren.

Zwei Briefe von Plinius d. J. könnten bei einer Beschreibung seiner Villa ebenfalls auf eine derartige Konstruktion hinweisen: „Dem Schlafzimmer angefügt ist ein sehr kleiner Heizraum⁹⁹, der durch eine enge Öffnung die von unten heraufströmende Wärme je nach Bedarf herauflässt oder zurückhält“¹⁰⁰. „Gerade dieses Zimmer ist im Winter sehr warm, weil es der starken Sonne ganz ausgesetzt ist. Damit eng verbunden ist ein Heizraum; er ersetzt bei trüber Witterung durch hinübergeleitete Wärme die Sonne“¹⁰¹. Diese beiden Beschreibungen passen – bei entsprechender Interpretation – eigentlich recht gut zu den oben geschilderten Möglichkeiten 2 und 3.

Ob die drei geschilderten Möglichkeiten – unabhängig von der Villa in Salzburg-Glas betrachtet – in einer technologischen Entwicklung aufeinander aufbauen, ist eine Frage, die – mangels Funden – nur Vermutungen zulässt. Denkbar ist, dass ein Baumeister auf die Idee kam, Möglichkeit 1 mit Öffnungen für eine Luftzirkulation zu versehen und so Möglichkeit 2 entstanden ist. Wahrscheinlich erscheint dem Autor, dass aus Möglichkeit 2 Möglichkeit 3 entstanden ist, weil man sich bei einem Bauwerk im Obergeschoss – wie bereits früher erwähnt – von den aus dem Untergeschoss aufsteigenden Mauern räumlich lösen wollte. In Ephesos wurden ja Teile einer derartigen Konstruktion gefunden.

⁹⁵ APC 2011, 7–9; 11–12; 16.

⁹⁶ LEHAR 2012, 137–138; pers. Mitt. R. Reithofer, AP Carnuntum.

⁹⁷ LEHAR 2012, 135–144; 155–158; 162–163.

⁹⁸ SCHIEBOLD 2006, 97.

⁹⁹ STOWASSER 1959, 245: hypocauston = Heizraum *Pli.*

¹⁰⁰ PLIN. EPIST. 1988, II, 17,23.

¹⁰¹ PLIN. EPIST. 1990, V, 6,24–25.

Für den hier behandelten Raum K scheint es zumindest einen Umbau gegeben zu haben. Zunächst (Plan Fendi = unterste Bauschicht = Boden des Hypokausts, *Abb. 8*) dürfte Raum K über einen Heizkanal, der durch den Gang E verlief (siehe oben Werner) und diesen beheizte, mit warmen Rauchgasen (Heizgasen) versorgt worden sein. Der dort nicht eingezeichnete Raum J und der Durchbruch zu Raum K deuten darauf hin. Das *praefurnium* dürfte sich am anderen Ende des Heizkanals – vermutlich im Eingangsbereich zu E – befunden haben. Der lange Heizkanal gibt am Weg zu K einiges an Wärme ab, und die Heizgase erreichen bereits abgekühlt Raum K. Dadurch sinkt dessen Innentemperatur und dadurch – unabhängig welche der gedachten drei Heizmöglichkeiten bestand – dessen Heizleistung. Vermutlich war man damit unzufrieden und versuchte, durch einen Umbau Abhilfe zu schaffen. Daher trennte man den Heizkanal im Übergangsbereich Raum J zu Raum E ab und baute ein neues *praefurnium* in das Hypokaust von K ein, worauf das oben erwähnte (Grenier) Ziegelgewölbe hinweist. Der Zugang für den Heizbetrieb dieses *praefurniums* erfolgte jetzt über Raum J. Das Feuer befand sich nun ganz nahe an der Tubulatur und so gelangten die Heizgase direkt, und daher ohne Abkühlung, in diese, wodurch sich die Wärmeleistung der Anlage erheblich erhöhte. Der Plan von Grenier (wahrscheinlich der Laufhorizont = *Suspensura*, *Abb. 6*) zeigt den abgeschlossenen Raum K samt Tubulatur sowie den Raum J, der durch eine Türöffnung mit E verbunden ist. Raum K weist im Hypokaust selbst keine Tubulatur auf (Plan Fendi), da diese erst im Bereich des Übergangs zur *Suspensura* beginnt, damit die Heizgase gut in die *tubuli* aufsteigen können.

Welche der drei geschilderten Möglichkeiten der Beheizung durch Raum K zur Anwendung kam, lässt sich nur vermuten. Einen deutlichen Hinweis auf die Möglichkeit 2 (Warmluftumluftheizung) liefern Kurz von Goldenstein in seinem Bericht (siehe oben), in dem er einen Durchstieg von K zu C (Größe leider nicht feststellbar) erwähnt, und Pezold, der in seinem Plan (*Abb. 7*) einen solchen eingezeichnet hat. Zumindest eine der drei Möglichkeiten ist jedenfalls nach Überzeugung des Verfassers im Raum K zum Einsatz gekommen.

Wie schon oben angedeutet, könnten die in diesem Beitrag geschilderten drei Varianten der Beheizung eines Obergeschosses noch viel öfter angewendet worden sein, nur hat man sie bisher nicht beachtet oder als solche interpretiert. Die Tatsache, dass je ein Exemplar in Salzburg und eines in Ephesos identifizierbar ist, spricht nach Meinung des Verfassers dafür. Dass eine Technologie eine so weite Strecke zurückgelegt hat, ohne auch in anderen Gegenden des Römischen Reichs zumindest teilweise Verbreitung zu finden, erscheint unwahrscheinlich. Eine kritische Betrachtung alter Grabungen und ein aufmerksames Auge bei neuen Grabungen könnten diesbezüglich neue Erkenntnisse bringen.

Hannes Lehar

Literaturverzeichnis

ANONYMUS 2005

ANONYMUS, Vorlesung Technischer Ausbau, Heiztechnische Anlagen 2, SS 2005. Universität Hannover, Institut für Entwerfen und Konstruieren, Abteilung Technische Gebäudeausrüstung. www.unics.uni-hannover.de/tarsb/downloads/SS2005/SS05_05_Heizflaechen.pdf (letzter Zugriff: 12.01.2017).

APC 2011

ARCHÄOLOGISCHER PARK CARNUNTUM,

Hypokaustum – Heizanleitung. Unveröffentlichtes Arbeitspapier für den internen Gebrauch 2011, zur Verfügung gestellt durch F. Humer.

BRÖDNER Erika 1983a

E. BRÖDNER, Die römischen Thermen und das antike Badewesen (Darmstadt 1983).

BRÖDNER Erika 1983b

DIES., Klimatechnik in römischen Bauten.

- Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 3, 1983, 157–174.
- BRÖDNER Ernst 1983
E. BRÖDNER, Diskussionsbeitrag. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 3, 1983, 175–176.
- BUTHMANN / KASTLER / ZICKGRAF 2010
N. BUTHMANN / R. KASTLER / B. ZICKGRAF, Die römische Villa von Glas bei Salzburg – historische Grabungstätigkeit und geophysikalische Prospektion. Eine salzburgisch-hessische Kooperation. Fundber. Hessen 50, 2010, 557–593.
- CASS. DIO EPIST. 1932
LUCIUS CASSIUS DIO, Römische Geschichte. Übersetzung Leonhard Tafel (Stuttgart 1932).
- CZYSZ 2016
W. CZYSZ, *per analogiam* – Rekonstruktionszeichnungen von Streifenhäusern im römischen Vicus. In: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Römische Vici und Verkehrsinfrastruktur in Raetien und Noricum. Colloquium Bedaium Seebuck 26. bis 28. März 2015. Schriftenreihe Bayer. Landesamt Denkmalpfl. 15 (München 2016) 59–67.
- DURM 1905
J. DURM, Die Baukunst der Etrusker. Die Baukunst der Römer 2. In: E. Schmitt (Hrsg.), Handbuch der Architektur, Teil 2: Die Baustile: Historische und technische Entwicklung² (Stuttgart 1905).
- FLEISCHER / MOUCKA-WEITZEL 1998
R. FLEISCHER / V. MOUCKA-WEITZEL, Die römische Straßenstation Immurium-Moosham im Salzburger Lungau. Archäologie in Salzburg 4 (Salzburg 1998).
- FUSCH 1910
G. FUSCH, Über Hypokausten-Heizungen und mittelalterliche Heizungsanlagen (Hannover 1910).
- GENSER 1994
K. GENSER, Die ländliche Besiedlung und Landwirtschaft in Noricum während der Kaiserzeit (bis einschließlich 5. Jh.) In: H. Bender / H. Wolff (Hrsg.), Ländliche Besiedlungen und Landwirtschaft in den Rhein-Donau-Provinzen des Römischen Reiches. Passauer Universitätsschriften zur Archäologie 2 (Espelkamp 1994) 331–376.
- GESSEL 2007
M. GESSEL, Zur Funktion des Hypokaustum im Raum 8 (sog. *basilica privata*) der Wohneinheit 6 im Hanghaus 2 von Ephesos. Forum Archaeologiae – Zeitschrift für klassische Archäologie 44, IX, 2007, 1–8. <http://farch.net> (letzter Zugriff: 06.11.2016).
- GRENIER 1817
L. GRENIER, Journal ueber die in den Monaten May, Juny, July und August in der Entfernung einer Stunde von der Hauptstadt des Herzogthums Salzburg, rechts neben dem Schlosse Aigen liegenden Ortschaft Glass ausgegrabenen Alterthümer, bestehen in den Ruinen einer ansehnlichen Römischen Villa, in einer merkwürdigen Wasserleitung (vermuthlich zu einem Bade) dann ihrer Beheizung- und Bauart. Mit der Entstehungs-Geschichte begleitet (unveröffentlichter Grabungsbericht), Transkription. Ehemals Bibliothek des Städtischen Museums Carolino Augusteum, jetzt Magistrat der Stadt Salzburg, Abt. 2/01 Archiv und Statistik, Archivsammlung PA 932.
- VON HEFNER O. J.
J. VON HEFNER, Die römischen Gebäude-reste und Mosaik Fussboeden Salzburgs und seines weitem Gebietes von Professor Joseph von Hefner (Nachlass). Hefneriana 8 2584, Bayerische Staatsbibliothek, Manuskript.
- HEGER 1989
N. HEGER, Die ländliche Besiedlung Salzburgs in der Spätantike. In: E. Zacherl (Hrsg.), Die Römer in den Alpen – I Romani nelle Alpi. Historikertagung in Salzburg – Convegno Storico di Salisburgo vom 13. bis 15.11.1986 (Bozen 1989) 167–173.
- HEIDE 1997
A. HEIDE, Das Wetter und Klima in der römischen Antike im Westen des Reiches (Mainz 1997).
- HEINZ 1983
W. HEINZ, Römische Thermen – Badewesen und Badeluxus im Römischen Reich (München 1983).
- HERODIAN 1996
HERODIAN, Geschichte des Kaisertums nach

- Marc Aurel, Übersetzung F. L. Müller (Stuttgart 1996).
- HERRMANN / WEBER 2011
M. HERRMANN / J. WEBER, Öfen und Kamine – Raumheizungen fachgerecht planen und bauen (Berlin, Wien, Zürich 2011).
- HOŠEK 1994
R. HOŠEK, Die Donauflotte als militärischer und wirtschaftlicher Faktor in Europa. In: H. Friesinger / J. Tejral / A. Stuppner (Hrsg.), Markomannenkriege: Ursachen und Wirkungen. VI. Internationales Symposium „Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im nördlichen Mitteldonauebiet“ (Brno 1994) 33–37.
- HUBER 1956
W. HUBER, Hypokausten. Saalburg-Jahrb. XV, 1956, 38–40.
- HÜSER 1979
H. HÜSER, Wärmetechnische Messungen an einer Hypokaustheizung in der Saalburg. Saalburg-Jahrb. XXXVI, 1979, 12–30.
- JAUSCHOWETZ 1982
R. JAUSCHOWETZ, Leitfaden zur Berechnung der Heizlast von Gebäuden (Graz 1982).
- JOBST 1982
W. JOBST, Römische Mosaiken aus Salzburg (Wien 1982).
- KAINRATH 1998
B. KAINRATH, Die römische Villa von Unterbaar. Bayer. Vorgeschbl. 63, 1998, 111–165.
- KASTLER / TRAXLER 2012a
R. KASTLER / ST. TRAXLER, Römische Bäder in Nordwest-Noricum. Altgrabungen, neue Forschungen, typologische Aspekte. In: R. Kreiner / W. Letzner (Bearb.), Spa. Sanitas per aquam. Tagungsband des internationalen Frontinus-Symposiums zur Technik- und Kulturgeschichte der antiken Thermen. Aachen, 18. bis 22. März 2009. Bulletin antieke beschaving. Annual Papers on Classical Archaeology, Suppl. 21 (Leuven 2012) 131–145.
- KASTLER / TRAXLER 2012b
DIES., Große Villenbäder in Nordwest-Noricum: Neue Rauminterpretationen für Salzburg Loig und Alheim-Weirading. In: C. Reinholdt / W. Wohlmayr (Hrsg.), Klassische und Frühgäaische Archäologie. Akten des 13. Österreichischen Archäologentages, Paris-Lodron-Universität Salzburg vom 25. bis 27. Februar 2010 (Wien 2012) 317–323.
- KOLLMAR 1980
A. KOLLMAR, Technik und Berechnung der Multibeton-Flächenheizung (Bergisch-Gladbach 1980).
- KOVACSOVICS / KASTLER 2004
W. K. KOVACSOVICS / R. KASTLER (Hrsg.), Domgrabungsmuseum Salzburg. Schriftenreihe des Salzburger Museums Carolino Augusteum 10 (Salzburg 2004).
- KRETZSCHMER 1953
F. KRETZSCHMER, Hypokausten. Saalburg-Jahrb. XII, 1953, 8–41.
- KURZ VON GOLDENSTEIN 1817
P. KURZ VON GOLDENSTEIN, Journal über die Umgegend von Glas ober Aign, dem Lustschlosse und Park seiner Durchlaucht des Herrn Fürsten und Bischofes, Ernest von Schwarzenberg, eine Stunde von der Hauptstadt Salzburg hervorgegrabenen Alterthümer (Salzburg 1817).
- LEHAR 1992
H. LEHAR, Behaglichkeit, nicht Wärmebedarfsdeckung – Das ist hier die Frage; Seminarunterlage für HTL – Jenbach (Innsbruck 1992 [unveröffentlicht])
- LEHAR 2012
DERS., Die römische Hypokaustheizung. Berechnungen und Überlegungen zu Leistung, Aufbau und Funktion (Aachen 2012).
- NICOLUSSI 2009
K. NICOLUSSI, Klimaentwicklung in den Alpen während der letzten 7000 Jahre. In: K. Oeggel / M. Prast (Hrsg.), Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23. bis 26.10.2008 in Silbertal (Innsbruck 2009) 109–124.
- NISTLER 1909
M. NISTLER, Die Grabungen in Mauer-Öhling. In: M. v. Groller, Der römische Limes in Österreich 10 (Wien, Leipzig 1909) 118–136.
- OFFENBERGER / GEISCHLÄGER 1999
J. OFFENBERGER / A. GEISCHLÄGER, Archäologische Untersuchungen der Abteilung für

- Bodendenkmale des Bundesdenkmalamtes in der Marktgemeinde Reichersberg. Ein Vorbericht. *Der Bundschuh* 2, 1999, 5–9.
- ÖNORM M 7500
Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.), ÖNORM M 7500. Heizlast von Gebäuden (Wien 1980).
- PEZOLT 1870
G. PEZOLT, Ergebnisse der Ausgrabungen antiker Reste auf dem Felde des Kohlerbauern zu Glasenbach nächst Salzburg. *Mitt. Ges. Salzburger Landeskd.* 10, 1870, 104–117.
- PHILIPP 1999
M. PHILIPP, Kastellbäder in den nördlichen Provinzen des römischen Reiches. Studien zu ihrer Typologie und Funktion [unveröff. Diss. Univ. Innsbruck] (Innsbruck 1999).
- PLIN. EPIST. 1988
C. PLINIUS SECUNDUS, *Epistulae Liber II*. Übersetzt und herausgegeben von H. Philips (Stuttgart 1988).
- PLIN. EPIST. 1990
DERS., *Epistulae Liber V*. Übersetzt und herausgegeben von H. Philips (Stuttgart 1990).
- RECKNAGEL / SPRENGER / SCHRAMEK 2007
H. RECKNAGEL / E. SPRENGER / E. R. SCHRAMEK, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 07/08 (München 2007).
- REINECKE 1961
P. REINECKE, Kaiserzeitliche Bauten bei Langacker, Gemeinde Karlstein, Landkreis Berchtesgaden. *Mitt. Ges. Salzburger Landeskd.* 101, 1961, 161–171.
- RIESE / KASTLER 2011
T. RIESE / R. KASTLER, Die Villa von Glas – eine Pioniergrabung vom Anfang des 19. Jahrhunderts im Spiegel der modernen geophysikalischen Prospektion. In: J. Cemper-Kiesslich / F. Lang / K. Schaller / C. Uhlir / M. Unterwurzbacher (Hrsg.), *Tagungsband zum Zweiten Österreichischen Archäometrie-Kongress* 13. bis 14. Mai 2010. *Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris-Lodron-Universität* 2 (Salzburg 2011) 23–34.
- SCHIEBOLD 2006
H. SCHIEBOLD, Heizung und Wassererwärmung in römischen Thermen². *Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft*, Sonderband 3 (Siegburg 2006).
- SCHULZ 2006
M. SCHULZ, Die Befunde der Grabungen Altheim Simetsberg, Altheim Weirading und Altheim Wagharn. In: ders. / S. Jäger Wersönig, *Archäologische Forschungen in Altheim 1991–1998*. *Sonderschriften des Österreichischen Archäologischen Instituts* 40 (Wien 2006) 13–144.
- SCHUMANN VON MANNSEGG 1842
I. SCHUMANN VON MANNSEGG, *Juvavia*. Eine Archäologisch-historische Darstellung der Merkwürdigkeiten der an dem Platze des jetzigen Salzburg einst bestandenen Celten-, Römer- und Colonialstadt (Salzburg 1842).
- SOMMER 2002
C. S. SOMMER, Hoch und immer höher – zur dritten Dimension römischer Gebäude in Obergermanien. In: R. Goggräfe / K. Kell (Hrsg.), *Haus und Siedlung in den römischen Nordwestprovinzen – Grabungsbefund, Architektur und Ausstattung*. *Internationales Symposium der Stadt Homburg* 23. bis 24. November 2000. *Forschungen im römischen Schwarzenacker IV* (Homburg 2002) 47–62.
- SOMMER 2013
DERS., *Villae rusticae und Stadthäuser und ihr Beitrag zur Rekonstruktion römischer Militärbauten*. In: Ch. Flügel / J. Obmann (Bearb.), *Römische Wehrbauten. Befund und Rekonstruktion*. *Kolloquiumsband. Arbeitsgespräch „excelsae turres quater divisae“* am 5. Juli 2010 in der Landesstelle für nichtstaatliche Museen im Alten Hof München. *Schriftenreihe Bayer. Landesamt Denkmalpf.* 7 (München 2013) 132–139.
- STEPHAN 1817
K. J. STEPHAN, Nachricht von einem neuen Funde römischer Altertümer auf Juvavia's klassischem Boden bey Glas oberhalb Aigen. *Kaiserlich-königlich Österreichisches Amts- und Intelligenzblatt von Salzburg für das Jahr 1817*, Stück 77 vom 26.9.1817, 1106–1117.
- STOWASSER 1959
Der kleine Stowasser. *Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch* (Wien 1959).
- THÜR 2014
H. THÜR, Hanghaus 2 in Ephesos Wohnnein-

- heit 6, VIII Heizungsanlagen. In: dies. / E. Rathmayr (Hrsg.), *Hanghaus 2 in Ephesos*. Textband 1 (Wien 2014) 219–224.
- TIMMER 2007
H. TIMMER, Die Antike als Vorbild für moderne Flächenheizungen. *gi Gesundheits-Ingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik* 128,2, 2007, 86–90.
- TRAXLER / KASTLER 2010
ST. TRAXLER / R. KASTLER, Römische Guts- und Bauernhöfe in Nordwest-Noricum. Gehöftstrukturen, Wohn- und Badegebäude. *Fines Transire* 19 (Rahden / Westf. 2010) 233–252.
- UBL 1969
H. UBL, Waffen und Uniform des römischen Heeres der Prinzipatsepoche nach den Grabreliefs Noricums und Pannoniens. [unveröff. Diss. Univ. Wien] (Wien 1969).
- VETTERS 1994
W. VETTERS, Der Taupo und das Klima um 200 A. D. in Europa. In: In: H. Friesinger / J. Tejral / A. Stuppner (Hrsg.), *Markomannenkriege: Ursachen und Wirkungen*. VI. Internationales Symposium „Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im nördlichen Mitteldonauegebiet“ (Brno 1994) 457–461.
- VETTERS / ZABEHELICKY 2004
DERS. / H. ZABEHELICKY, Eine Klimakatastrophe um 200 n. Chr. und ihre archäologische Nachweisbarkeit. *Forum Archaeologiae – Zeitschrift für klassische Archäologie* 30,III, 2004, 1–3. <http://farch.net> (letzter Zugriff: 06.11.2016).
- VITR. 2008
VITRUV, *Zehn Bücher über Architektur*. Übersetzung C. Fensterbusch (Darmstadt 2008).
- VOLGER / LAASCH 1999
K. VOLGER / E. LAASCH, *Haustechnik. Grundlagen – Planung – Ausführung*¹⁰ (Stuttgart, Leipzig 1999).
- WEBER 1996
M. WEBER, *Antike Badekultur* (München 1996).
- WERNER 2015
A. WERNER, *Die römische Villa von Salzburg-Glas. Eine archäologische Bestandsaufnahme zum Baukomplex B der Villenanlage* [unveröff. Masterarbeit Univ. Salzburg] (Salzburg 2015).
- WERNER / ZICKGRAF 2014
DIES. / B. ZICKGRAF, Zur Interpretation von Struktur und Funktion römischer Baukomplexe anhand archäologisch-geophysikalischer Prospektionsergebnisse. Detailbeobachtungen an Gebäude D der Villa von Glas, Stadt Salzburg. In: F. Lang / R. Kastler / W. K. Kovacovics / St. Traxler (Hrsg.), *Colloquium Iuvavum 2012. Das municipium Claudium Iuvavum und sein Umland. Bestandsaufnahme und Forschungsstrategien*. Tagung im Salzburg Museum, 15. bis 17. März 2012 (Salzburg 2014) 361–373.
- ZABEHELICKY 1994
H. ZABEHELICKY, Kriegs- oder Klimafolgen in archäologischen Befunden? In: H. Friesinger / J. Tejral / A. Stuppner (Hrsg.), *Markomannenkriege: Ursachen und Wirkungen*. VI. Internationales Symposium „Grundprobleme der frühgeschichtlichen Entwicklung im nördlichen Mitteldonauegebiet“ (Brno 1994) 463–469.

Anhang

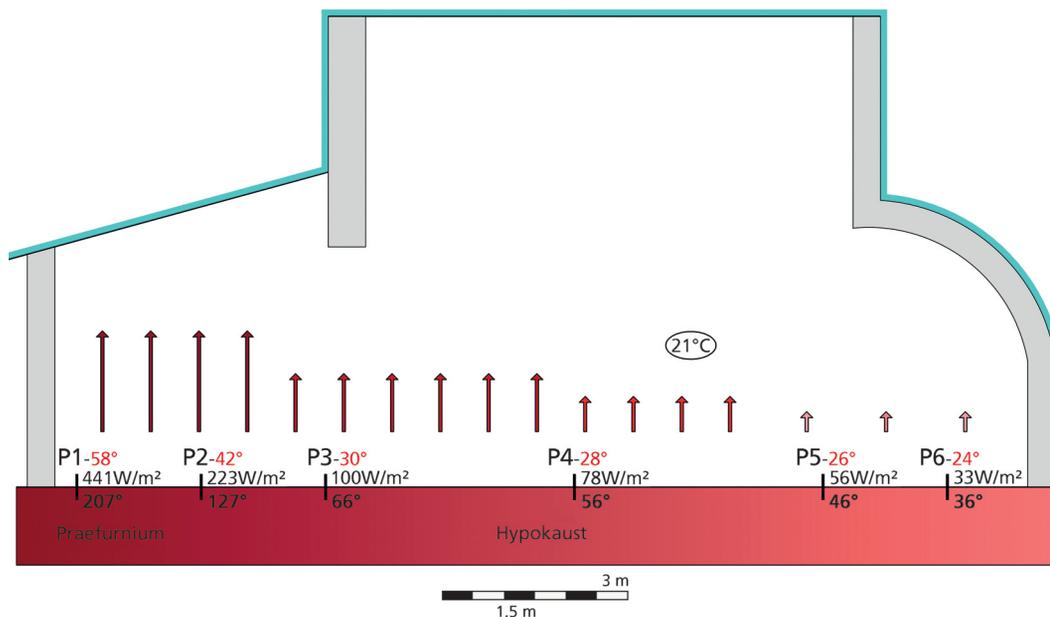


Abb. 21. *Villa urbana* – Carnuntum, Temperaturen der Suspensura. Rot: gemessene Oberflächentemperaturen des Fußbodens (Suspensura); schwarz: errechnete Temperaturen an der Unterseite der Suspensura.

ÖNORM – M7500 – k-Wert Berechnung
Projektdatei: sbgglass

Die roten Zahlen in den Berechnungen sind jene Werte/Ergebnisse, die im Textteil verwendet wurden.

5. Tubuluswand raumseitig	Dicke (mm)	Lambda (W/mk)	Dämmwert (m ² k/W)	Ti = 95
1. Tubuluswand	15	0,760	Ri = 0,130 0,020 Ra = 0,130	90,4 89,8
k-Wert = 3,57 (W/m ² K)	gesamt: 15		0,28	Ta = 85

Tab. 1. Temperaturverlauf aus der Tubulatur in den Raum K.

ÖNORM – M7500 – k-Wert Berechnung
Projektdatei: sbgglass

Die roten Zahlen in den Berechnungen sind jene Werte/Ergebnisse, die im Textteil verwendet wurden.

4. Tubuli und Trennwand	Dicke (mm)	Lambda (W/mk)	Dämmwert (m ² k/W)	Ti = 95
1. Tubuluswand	15	0,760	Ri = 0,130 0,020	74,3 71,1
2. Mörtel	5	0,800	0,006	70,1
3. Kalkstein	240	1,700	0,141	47,6
4. Mörtel	60	0,800	0,075	35,7
5. Verputz	40	0,800	0,050	27,7
k-Wert = 1,81 (W/m ² K)	gesamt: 360		Ra = 0,130 0,28	Ta = 85

Tab. 2. Temperaturverlauf aus der Tubulatur in den fiktiven Schlafräum.

Anschriften der Verfasserin und des Verfassers:

Annett Werner
Universität Salzburg
Fachbereich Altertumswissenschaften
Residenzplatz 1
A-5020 Salzburg
E-Mail: annett.werner@stud.sbg.ac.at

Hannes Lehar
Universität Innsbruck
Institut für Archäologien
Fachbereich Klassische und Provinzialrömische Archäologie
Zentrum für alte Kulturen
Langer Weg 11
A-6020 Innsbruck
E-Mail: hannes.lehar@aon.at

Abbildungsnachweise:

Abb. 1; 3: Posselt & Zickgraf Prospektionen GbR, Marburg. – *Abb. 2:* A. Werner. – *Abb. 4–5; 11–21:* H. Lehar. – *Abb. 6:* KHM-Museumsverband, Inv.-Nr. XIV/107. – *Abb. 7:* Salzburg Museum, Grafiksammlung, Inv.-Nr. 15108-49. – *Abb. 8:* nach JOBST 1982, 86 Abb. 21. – *Abb. 9:* Zeichnung H. Lehar nach HUBER 1956. – *Abb. 10:* NISTLER 1909, 123 Abb. 57. – *Tab. 1–3:* H. Lehar, Grafik K. Ruppel, RGK.