

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsnachweis	4	V.2 Die relative Feuchte in den Räumen	19
		V.3 Die Heizleistung für den Warmwasserkessel	19
Abstract	5	V.4 Die Wasser-Erwärmung im Alveus	19
		V.5 Der zeitliche CO ₂ -Verlauf in den Heizgasen	20
Zu diesem Buch	6	V.6 Die Gastemperaturen im Hypokaustum	21
		V.7 Die Abgastemperaturen	23
Vorwort	7	V.8 Die Temperaturen auf den Wänden und in den Tubuli	23
		V.9 Der Holzverbrauch	24
I. Einleitung	7	V.10 Fußboden- und Hypokausttemperatur	26
		V.11 Die Beschickung des Feuers	28
II. Wesentliche Grundlagen aus antiken Quellen und modernen Forschungen	8	V.12 Der Einfluss der Holzfeuchte	29
		V.13 Die Energiebilanz	30
II.1 Vitruvius, De architectura libri decem	8		
II.2 F. Kretschmer, Hypokausten (1953)	8	VI. Zusammenfassung der heizungstechnischen Untersuchungen	30
II.3 F. Kretschmer, Die Heizung der Aula Palatina in Trier (1955)	9		
II.4 T. Rook, The Development and Operation of Hypokausted Baths (1975)	9	VII. Aufgabenstellung zur Klärung der Strömungsverhältnisse	32
II.5 H. Hüser, Wärmetechnische Messungen an einer Hypokaustanlage in der Saalburg (1979)	10	VII.1 Wie Strömungen in den Tubulaturen entstehen	32
II.6 E. Brödner, Die römischen Thermen und das antike Badewesen (1983)	11	VII.2 Einfluss der seitlichen Öffnungen der Tubuli	32
II.7 Deutsche Industrienorm DIN 4701	11	VII.3 Einfluss der geometrischen Abmessungen der Tubulisteine	34
II.8 A. Rieche & T. Rook, Fuel Trials in Xanten (1993)	11	VII.4 Temperaturen und Wärmeleistungen	35
II.9 H.-Chr.Grassmann, Wirkungsweise und Energieverbrauch antiker römischer Thermen ermittelt mit modernen wärmetechnischen Methoden für die Großen Thermen in Weißenburg (1994)	11	VIII. Allgemeine Berechnungen für Tubulaturen	36
II.10 H.-Chr.Grassmann, Heizungstechnische Auswertung der Heizversuche vom Sommer 1993 und Winter 1993/94 in den rekonstruierten Herbergsthermen in Xanten (unveröffentlicht)	12	VIII.1. Abmessungen der Tubuli zur Beheizung einer bestimmten Wandhöhe	36
II.11 H.-Chr. Grassmann, Heizungstechnische Untersuchungen der Viehmarktthermen in Trier (unveröffentlicht)	12	VIII.2 Eintrittstemperatur in die Tubulatur	38
		VIII.3 Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Ausströmung in einem Tubulistrang	38
III. Der Heizbetrieb in den rekonstruierten Herbergsthermen in Xanten	12	VIII.4 Von der Tubulatur in den Raum abgegebene Leistung	38
		VIII.5 Effektiver Einfluss verschiedener Tubulus-Querschnitte	38
III.1 Das Heizsystem	12	VIII.6 Effektiver Einfluss unterschiedlicher Querschnitte der seitlichen Tubulusöffnungen	38
III.2 Beschreibung der räumlichen Anordnung der Herbergsthermen	13	VIII.7 Erkenntnisse über Tubulaturen unterschiedlicher Höhe	39
III.3 Betrieb der Thermen	13	IX. Zusammenwirken von Hypokaustum und Tubulatur	39
IV. Die Messungen in den rekonstruierten Herbergsthermen in Xanten	15		
		X. Einfluss des Raumklimas auf das Wohlbefinden	40
IV.1 Messgeräte und Messanordnungen	15		
IV.2 Aufbereitung der Messwerte	17	XI. Zusammenfassung	42
IV.3 Kontinuierliche Messungen	17	Anhang I: Ergebnistabellen für die Tubuliberechnung und Klimaberechnung für die Therme Weißenburg	43
IV.4 Einzelmessungen	17		
IV.5 Nicht gemessene Werte	17	Anhang II: Das Rechenprogramm	49
V. Die Ergebnisse der Heizversuche in den Herbergsthermen in Xanten	17	1. Möglichkeiten des Rechenprogrammes	49
V.1 Raumtemperaturen und Außentemperatur	18		

2. Ermittlung der Abmessungen und Wärmedurchgangswerte der Bauelemente	49	7. Berechnung der Heizleistung Q_{ges} , der Abluftverluste Q_{abgas} und des Wirkungsgrades η_{syst}	52
3. Ermittlung des Raumwärmebedarfes	50	8. Ermittlung des Brennholzbedarfes G_{holz}	52
4. Von Tubulatur und Hypokaustum nach außen abgegebene Wärmeleistung	51	9. Zusammenhang zwischen vom Feuer angesaugtem Luftvolumen V_{luft} und dem erforderlichen Heizvolumen V_{heiz}	52
5. Bestimmung der Eintrittstemperatur T_{t1} , Austrittstemperatur T_{t2} und Gasgeschwindigkeit v_{tub} in den Tubulisträngen	51	10. Rechnerausdruck und weitere Rechnungsblätter für die Viehmarktthermen in Trier	52
6. Temperatur θ_{r1} und Volumen V_{heiz} der in das Hypokaustum einfließenden Heizgase	52		