

MÜNCHENER ABHANDLUNGEN ZUM ALTEN ORIENT

BAND 11

Münchener Abhandlungen zum Alten Orient

herausgegeben von

Adelheid Otto

unter Mitarbeit von

Ursula Calmeyer-Seidl

Albert Dietz

Berthold Einwag

Kai Kaniuth

Simone Mühl

Michael Roaf

Elisa Roßberger

Die Entwicklung erdbebensicherer Bautechniken in der Frühen und Mittleren Eisenzeit in Ostanatolien

Hardy Maaß



PEWE-VERLAG
2026

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© PeWe-Verlag – Gladbeck 2026

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm usw. ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns die Nutzung unserer Inhalte für Text und Data Mining im Sinne von § 44b UrhG ausdrücklich vor.

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an info@pewe-verlag.de.

Layout und Prepress: Hardy Maaß, Peter Werner

Umschlaggestaltung: PeWe-Verlag, Gladbeck

Umschlagabbildung: Körzüt Kale, Südmauer © Hardy Maaß

Druck und Bindung: Rudolph Druck, Schwinfurt

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier

Printed in Germany

ISBN: 978-3-935012-72-0

Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorwort & Danksagung | 9 |
| 1. Einleitung | 11 |
| 1.1 Motivation und Fragestellung | 11 |
| 1.2 Vorbemerkungen methodischer und terminologischer Art | 13 |
| 1.3 Geographische und chronologische Abgrenzung der Feldforschung | 15 |
| 2. Tektonik und Petrogenese in Vorderasien | 20 |
| 2.1 Die Nordanatolische Störung oder North Anatolian Fault Zone (NAFZ) | 20 |
| 2.2 Geologischer/Tektonischer Aufbau des ostanatolischen Plateaus | 22 |
| 2.2.1 Orogenese und Reliefbildung | 22 |
| 2.2.3 Vulkanismus | 26 |
| 2.2.4 Tektonisch induzierte geochemische Vorgänge | 27 |
| 2.2.5 Polymetallische Lagerstätten und Gesteinsvorkommen | 28 |
| 2.3 Die Ostanatolische Störung oder Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ) | 30 |
| 2.3.1 Geologischer/Tektonischer Aufbau | 30 |
| 2.3.2 Das seismische Verhalten der EAFZ | 31 |
| 2.3.3 Die historische Seismizität der EAFZ | 31 |
| 2.4 Der Jordangraben oder das Dead Sea Transform Fault System (DSTFS) | 33 |
| 2.4.1 Geologischer/Tektonischer Aufbau | 33 |
| 2.4.2 Das seismische Verhalten des DSTFS | 36 |
| 2.4.3 Die historische Seismizität des DSTFS | 37 |
| 2.5 Der Südliche Kaukasus | 47 |
| 2.5.1 Geologischer/Tektonischer Aufbau | 47 |
| 2.5.2 Rezente Seismizität | 48 |
| 2.5.3 Die historische Seismizität Armeniens | 49 |
| 3. Ingenieurgeologie | 51 |
| 3.1 Indizien für Antike Lagerstättenprospektion | 51 |
| 3.1.1 Lagerstättenbewusstsein | 51 |
| 3.1.2 Ägypten | 52 |
| 3.1.3 Ostanatolien & Südlicher Kaukasus | 53 |
| 3.2 Geoingenieure | 57 |
| 3.2.1 Ökonomischer Hintergrund | 57 |
| 3.2.2 Semantische Aufladung mineralischer Rohstoffe | 57 |
| 3.2.3 Apotropäische Absicherung | 58 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3 | Ingenieurseismologie | 60 |
| 3.3.1 | Erhalt des Systemcharakters | 60 |
| 3.3.2 | Anthropogen induzierte Naturrisiken | 61 |
| 3.3.3 | Adjustments | 63 |
| 3.4 | Dynamische Bodenbeschleunigung als Katalysator für Innovationen in der Bautechnik | 65 |
| 3.4.1 | Bauvorsorge gegen Naturgefahren | 65 |
| 3.4.2 | Bauwerkskategorie | 66 |
| 3.4.3 | Transfer seismisch resilienter Konstruktionen | 67 |
| 3.4.4 | Verbundwerkstoffe | 68 |
| 3.5 | Seismische standortbezogene Gefahrenanalyse | 70 |
| 3.5.1 | Gefahrenbestimmung | 70 |
| 3.5.2 | Seismische Gefährdungskarten | 71 |
| 3.5.3 | Makrozonierung | 72 |
| 3.5.4 | Mikrozonierung | 72 |
| 3.5.5 | Skalen zur Bestimmung der Magnitude | 73 |
| 3.5.6 | Abminderungsbeziehungen | 74 |
| 3.5.7 | Lokal- oder Richter-Magnitude | 75 |
| 3.5.8 | Oberflächenmagnitude | 75 |
| 3.5.9 | Seismisches Moment/Momentmagnitude | 75 |
| 3.5.10 | Skalen zur Bestimmung der Makroseismischen Intensität | 76 |
| 4. | Entwicklung des erdbebensicheren Bauens | 78 |
| 4.1 | Indizien für ingenieurseismologische Aktivitäten in der Zeit zwischen 1500 v. Chr.–1000 n. Chr. | 78 |
| 4.1.1 | Alter Orient | 78 |
| 4.1.2 | Philosophie vs. Naturwissenschaft: antike ingenieurseismolo- gische Aktivitäten in Griechenland und im Römischen Reich . | 82 |
| 4.1.3 | Spätantike: Byzanz | 86 |
| 4.1.4 | Armenien | 90 |
| 4.1.5 | Mittelalter: Fortifikatorische Anlagen der Levante | 91 |
| 4.1.6 | Armenien: Haghpap | 92 |
| 4.2 | Neuzeit | 94 |
| 5. | Grundlagen des Bauens I | 98 |
| 5.1 | Das Fundament | 98 |
| 5.1.1 | Der Baugrund | 98 |
| 5.1.2 | Bauwerk und Boden | 100 |
| 5.2 | Antike Fallbeispiele von Fundamentierungsmethoden auf wassergesättigtem Lockergestein | 102 |
| 5.2.1 | Verfestigung: Pfahlgründungen | 102 |
| 5.2.2 | Schwellenrostgründungen | 105 |
| 5.2.3 | Aussteifung des Fundamentsockels | 105 |
| 5.2.4 | Fundamentisolierungen | 108 |
| 5.3 | Antike Fallbeispiele für Fundamentisolierung | 111 |
| 5.3.1 | Sialk III4: Schüttung | 111 |
| 5.3.2 | Troja VI: Dämpfung | 112 |
| 5.3.3 | Susa: Schottersäulen/Granulatschüttungen | 112 |
| 5.3.4 | Polykratischer Tempel im Heraion auf Samos | 114 |
| 5.3.5 | Tempel der Athena Ilias in Troja | 115 |
| 5.3.6 | Japan: Hanchiku-Technik | 116 |
| 5.3.7 | Exkurs: Mechanik des Sandes | 117 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.4 | Bestimmung und Ansprache der technischen Eigenschaften von Lockergestein | 117 |
| 5.4.1 | Klassifizierung | 118 |
| 5.4.2 | Kornverteilung | 118 |
| 5.4.3 | Plastizität | 119 |
| 5.4.4 | Scherfestigkeit | 119 |
| 5.4.5 | Tragverhalten | 120 |
| 5.4.6 | Konsolidierung | 120 |
| 5.5 | Fundamentierungsmethoden auf dem gewachsenen Fels | 121 |
| 5.5.1 | Kluftkörper und Gesteinssubstanz | 121 |
| 5.5.2 | Ausbildung des Trennflächengefüges | 122 |
| 5.5.3 | Deformationseigenschaften | 124 |
| 5.5.4 | Gründungen auf Felsgestein | 125 |
| 5.5.6 | Gesteinseigenschaften | 127 |
| 6. | Grundlagen des Bauens II | 129 |
| 6.1 | Tragwerkstrukturen aus Naturstein | 129 |
| 6.1.1 | Das Mauerwerk | 129 |
| 6.1.2 | Regelmäßige Mauerwerksgefüge | 130 |
| 6.1.3 | Regellose Mauerwerksgefüge | 130 |
| 6.1.4 | Belastung von Mauerwerk | 131 |
| 6.2 | Trockenmauern | 133 |
| 6.2.1 | Struktureller Charakter | 133 |
| 6.2.2 | Kategorisierung der Trockenmauer | 135 |
| 6.2.3 | Terrassenmauern | 135 |
| 6.2.4 | Vergößerung der Steinformate | 139 |
| 6.2.5 | Holzeinlagen im Mauerwerk | 139 |
| 7. | Feldforschung | 144 |
| 7.1 | Fokus: Urartu | 144 |
| 7.1.1 | Verbreitung der Zyklopischen Festungen in Ostanatolien, dem Südkaukasus und Nordwestiran in der Späten Bronze und Frühen Eisenzeit | 144 |
| 7.1.2 | Forschungsansatz | 146 |
| 7.1.3 | Siedlungsmuster | 146 |
| 7.1.3.1 | Armenien | 146 |
| 7.1.3.2 | Azerbaidžan | 150 |
| 7.1.3.3 | Georgien | 150 |
| 7.1.3.4 | Ostanatolien | 153 |
| 7.1.3.5 | Nordiran | 155 |
| 7.1.4 | Typologie des Formenspektrums | 156 |
| 7.1.5 | Materialspezifische Periodisierung der späten Bronze- und frühen Eisenzeit | 157 |
| 7.1.5.1 | Südkaukasus | 158 |
| 7.1.5.2 | Ostanatolien | 161 |
| 7.1.5.3 | Nordiran | 164 |
| 7.1.6 | Materialspezifische Periodisierung der mittleren Eisenzeit | 166 |
| 7.2 | Bautechnische Untersuchungen an der Wehrarchitektur der Urartäer | 170 |
| 7.2.1 | NW-Iran und Urmia-Becken: Einführung des geometrischen Konstruktionsprinzips | 172 |

| | |
|---|------------|
| 7.2.1.1 Sequindel (Libliuni) | 172 |
| 7.2.1.2 Qal'eh Siah | 173 |
| 7.2.1.3 Kiz Kalesi | 173 |
| 7.2.1.4 Isma'il Agha | 174 |
| 7.2.1.5 Qa'leh Haidari/ Qa'leh Khezeru | 178 |
| 7.2.1.6 Oğlankala | 180 |
| 7.2.1.7 Livar | 185 |
| 7.2.2 Die Einführung des isodomen Steinschnitts: Das östliche und nördliche Van-Becken | 186 |
| 7.2.2.1 Prolog: Obsidian als Schleifmittel | 186 |
| 7.2.2.2 Steinbearbeitung | 189 |
| 7.2.2.3 Sägen im Stein | 193 |
| 7.2.2.4 Aliler Kale | 197 |
| 7.2.2.5 Sardursburg/Madır Burç | 200 |
| 7.2.2.6 Unteres & Oberes Anzaf/ Anzaf Aşağı & Anzaf Yukarı Kalesi . | 204 |
| 7.2.2.7 Körzüt Kale/ Arapzengi | 211 |
| 7.2.2.8 Çavuştepe/ ^{URU} Sardurhinili | 218 |
| 7.2.3 Die Expansion des Reiches: nördlich des Ararats | 235 |
| 7.2.3.1 Davtir Blur & Armavir/ ^{URU} Argıştihinili | 235 |
| 7.2.3.2 Karmir Blur/ ^{URU} Teişebai | 242 |
| 7.3 Pillars of Wisdom: Pfeiler-und Säulenhallen | 249 |
| 7.3.1 Das weiche Geschoss | 249 |
| 7.3.2 Bauglieder in Bewegung | 250 |
| 7.4 Fallbeispiele | 252 |
| 7.4.1 Büyükkale, Hattuša, Gebäude D | 252 |
| 7.4.2 Hasanlu IVc: Burnt Building II | 254 |
| 7.5 Urartu | 254 |
| 7.5.1 Die Pfeilerhallen des Rusa, Sohn des Argišti: Kef Kalesi und Ayanis | 255 |
| 7.5.1.1 Kef Kalesi | 256 |
| 7.5.1.2 Ayanis/Ağarti Kalesi/ ^{URU} Rusaḫinili Eidurukai | 260 |
| 7.5.1.3 Erebuni/ ^{URU} Irpuni: 30-Säulen-Halle | 265 |
| 7.5.1.4 Altintepe | 269 |
| 7.6 Die antiseismische Technikentwicklung innerhalb der achämenidischen Architektur | 273 |
| 7.6.1 Die medische Expansion als Katalysator für einen Transfer seismisch resilienter Bautechnik | 273 |
| 7.6.2 Neumodifizierung der urartäischen Technikstandards: Turmtempel | 276 |
| 7.6.3 Durch nichts zu erschüttern: Säulenhallen der achämenidischen Könige | 277 |
| 7.6.3.1 Pasargadae: Palast S & P | 278 |
| 7.6.3.2 Susa: Palast des Darius | 279 |
| 7.6.3.3 Persepolis | 280 |
| 7.7 Resumée | 282 |
| 8. Zusammenfassung | 284 |
| 9. Literaturverzeichnis | 290 |