



<https://publications.dainst.org>

**iDAI.publications**

DIGITALE PUBLIKATIONEN DES  
DEUTSCHEN ARCHÄOLOGISCHEN INSTITUTS

Das ist eine digitale Ausgabe von / This is a digital edition of

Jakowski, Anorte Elisabeth

## **Wasserversorgung im 4. und 3. Jt. v. Chr. in Andalusien. Die Wasserleitung von Los Millares und daraus ableitbare Hinweise auf Klimaschwankungen.**

aus / from

**Madrider Mitteilungen, 62 (2021) 148–181**

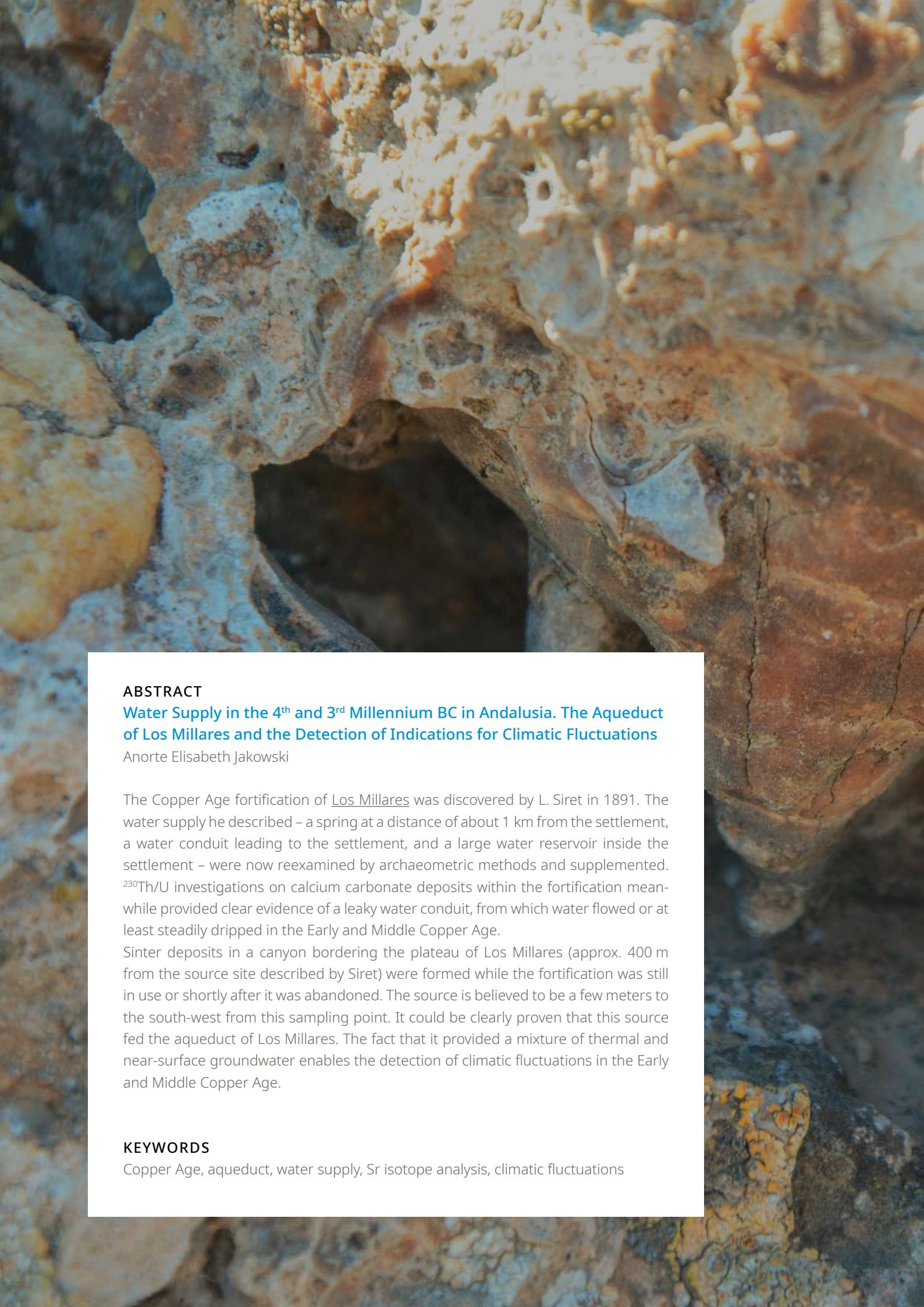
DOI: <https://doi.org/10.34780/564d-5l6d>

**Herausgebende Institution / Publisher:**  
Deutsches Archäologisches Institut

**Copyright (Digital Edition) © 2022 Deutsches Archäologisches Institut**  
Deutsches Archäologisches Institut, Zentrale, Podbielskiallee 69–71, 14195 Berlin, Tel: +49 30 187711-0  
Email: [info@dainst.de](mailto:info@dainst.de) | Web: <https://www.dainst.org>

**Nutzungsbedingungen:** Mit dem Herunterladen erkennen Sie die Nutzungsbedingungen (<https://publications.dainst.org/terms-of-use>) von iDAI.publications an. Sofern in dem Dokument nichts anderes ausdrücklich vermerkt ist, gelten folgende Nutzungsbedingungen: Die Nutzung der Inhalte ist ausschließlich privaten Nutzerinnen / Nutzern für den eigenen wissenschaftlichen und sonstigen privaten Gebrauch gestattet. Sämtliche Texte, Bilder und sonstige Inhalte in diesem Dokument unterliegen dem Schutz des Urheberrechts gemäß dem Urheberrechtsgesetz der Bundesrepublik Deutschland. Die Inhalte können von Ihnen nur dann genutzt und vervielfältigt werden, wenn Ihnen dies im Einzelfall durch den Rechteinhaber oder die Schrankenregelungen des Urheberrechts gestattet ist. Jede Art der Nutzung zu gewerblichen Zwecken ist untersagt. Zu den Möglichkeiten einer Lizenzierung von Nutzungsrechten wenden Sie sich bitte direkt an die verantwortlichen Herausgeberinnen/Herausgeber der entsprechenden Publikationsorgane oder an die Online-Redaktion des Deutschen Archäologischen Instituts ([info@dainst.de](mailto:info@dainst.de)). Etwaige davon abweichende Lizenzbedingungen sind im Abbildungsnachweis vermerkt.

**Terms of use:** By downloading you accept the terms of use (<https://publications.dainst.org/terms-of-use>) of iDAI.publications. Unless otherwise stated in the document, the following terms of use are applicable: All materials including texts, articles, images and other content contained in this document are subject to the German copyright. The contents are for personal use only and may only be reproduced or made accessible to third parties if you have gained permission from the copyright owner. Any form of commercial use is expressly prohibited. When seeking the granting of licenses of use or permission to reproduce any kind of material please contact the responsible editors of the publications or contact the Deutsches Archäologisches Institut ([info@dainst.de](mailto:info@dainst.de)). Any deviating terms of use are indicated in the credits.



## ABSTRACT

### Water Supply in the 4<sup>th</sup> and 3<sup>rd</sup> Millennium BC in Andalusia. The Aqueduct of Los Millares and the Detection of Indications for Climatic Fluctuations

Anorte Elisabeth Jakowski

The Copper Age fortification of Los Millares was discovered by L. Siret in 1891. The water supply he described – a spring at a distance of about 1 km from the settlement, a water conduit leading to the settlement, and a large water reservoir inside the settlement – were now reexamined by archaeometric methods and supplemented.  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  investigations on calcium carbonate deposits within the fortification meanwhile provided clear evidence of a leaky water conduit, from which water flowed or at least steadily dripped in the Early and Middle Copper Age.

Sinter deposits in a canyon bordering the plateau of Los Millares (approx. 400 m from the source site described by Siret) were formed while the fortification was still in use or shortly after it was abandoned. The source is believed to be a few meters to the south-west from this sampling point. It could be clearly proven that this source fed the aqueduct of Los Millares. The fact that it provided a mixture of thermal and near-surface groundwater enables the detection of climatic fluctuations in the Early and Middle Copper Age.

## KEYWORDS

Copper Age, aqueduct, water supply, Sr isotope analysis, climatic fluctuations

# Wasserversorgung im 4. und 3. Jahrtausend v. Chr. in Andalusien

Der Aquädukt von Los Millares und daraus ableitbare Hinweise auf Klimaschwankungen

## 1 Einleitung

1 Ca. 15 km nördlich der Hafenstadt Almería bei Santa Fe de Mondújar in der Provinz Almería liegt Los Millares, eine der größten kupferzeitlichen Steinbefestigungen auf der Iberischen Halbinsel. Zu der 5 ha großen Siedlung gehören eine 13 ha große Kuppelgrabnekropole mit etwa 80 Kollektivbestattungen sowie dreizehn bisher bekannte Vorbefestigungen auf den umliegenden Höhen. Los Millares wurde in den Jahren 1891/1892 von Louis Siret entdeckt und untersucht<sup>1</sup>. Auf den Übersichtskarten des Llano de Los Millares von Siret (Abb. 1. 2) ist ein »conduite«, eine Wasserleitung, verzeichnet, die von einer »ancienne source«, einer ehemaligen Quelle, außerhalb zu einer »citerne«, einem Wasserspeicher, innerhalb der befestigten Siedlung geführt haben soll<sup>2</sup>. Die Wasserbauten wurden außerdem von Siret präzise beschrieben<sup>3</sup>.

2 Heute ist, vor allem dank der Ausgrabungstätigkeiten von Antonio Arribas Palau

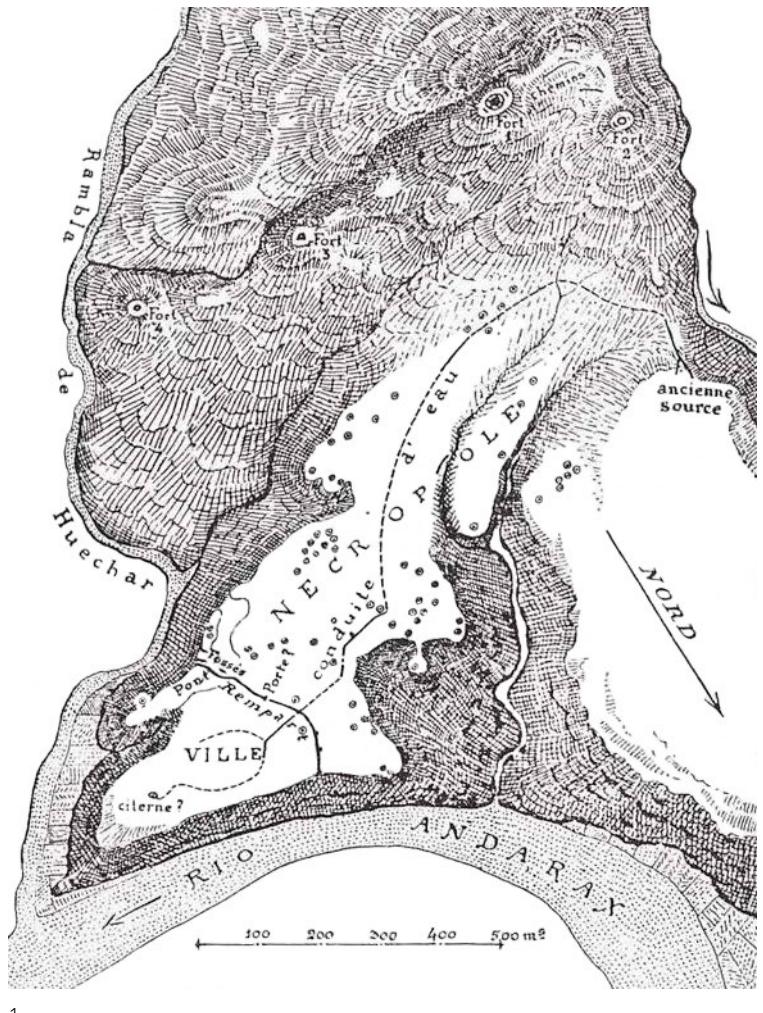
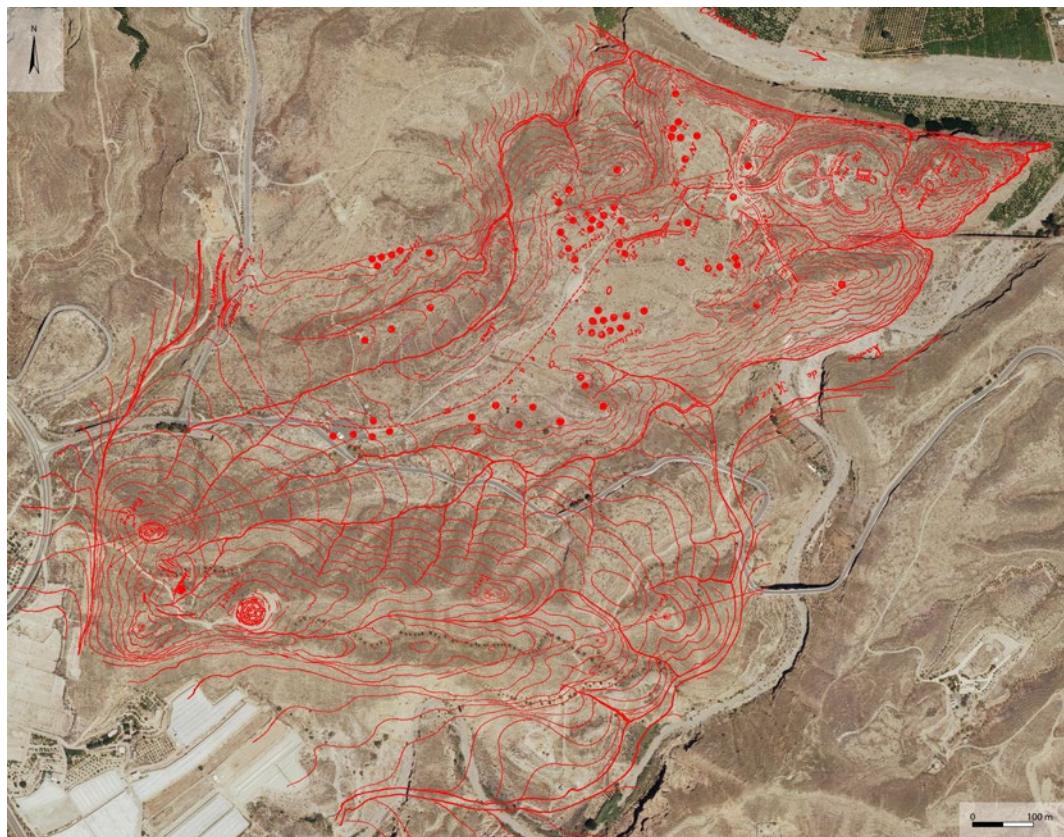


Abb. 1 Karte von Louis Siret 1893.

1 Molina González – Cámara Serrano 2005.

2 Im deutschen Sprachgebrauch versteht man unter einer »Zisterne« einen Sammelbehälter für Niederschlagswasser. Um Missverständnisse zu vermeiden, werden im Folgenden konsequent die Begriffe »Wasserspeicher« oder »Wasserreservoir« verwendet.

3 Siret 1892, 164; Siret 1893a, 518 f.



2

Abb. 2 Karte von Louis Siret 1893, georeferenziert.

(1953 bis 1958) und Fernando Molina González (1978 bis Ende der 1990er Jahre), ein Großteil des Areals ergraben und restauriert. Von der Wasserversorgungsanlage wurden im Bereich der Befestigungsanlage ein mutmaßlicher Durchlass in der äußeren Befestigungsmauer, ein stark versinterter Fundament zwischen der äußeren und der zweiten Befestigungsmauer sowie vier mutmaßliche Wasserspeicher an der ersten (äußeren) sowie innerhalb der dritten und der vierten Befestigungsmauer gefunden. Ein archäometrischer Nachweis für die von Siret beschriebenen Wasserversorgungsanlagen lag bislang jedoch nicht vor.

## 2 Vorgehen

3 Um einen Nachweis für die Wasserversorgungsanlagen von Los Millares zu erbringen, eventuell auch den Aquäduktverlauf sowie die Lage der Wasserfassung(en) rekonstruieren zu können, waren vielfältige topografische, hydrologische, geologische und hydrogeologische Recherchen zu den generellen Möglichkeiten der Grundwassergewinnung im Einzugsgebiet des Río Andarax nötig. Außerdem spielten die klimatischen Bedingungen in der Kupferzeit eine große Rolle.

4 Bei der archäologischen Prospektion der Aquäduktabschnitte inner- und außerhalb der Befestigungsanlage wurden Gesteinsproben entnommen. Ihre Altersbestimmung erfolgte im Institut für Umweltphysik (IUP) der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Arbeitsgruppe Norbert Frank. Die Ergebnisse der Altersuntersuchungen sind umfassend in den »Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada«<sup>4</sup> dargestellt.

5 Die Aquäduktabschnitte wurden von Doris Schäffler, Karlsruhe, vermessen; von ihr wurde außerdem ein 3D-Modell des zentralen Aquäduktfundaments zur exakten Dokumentation des Befunds und der Probenahmepunkte erstellt.

6 Bei der hydrogeologischen Geländebegehung der näheren Umgebung der kupferzeitlichen Siedlung mit José Miguel Alonso Blanco (Almería) wurden mögliche ehemalige Quellaustritte prospektiert und deren Ablagerungen beprobt sowie aktuelle Grund- und Thermalwasserproben aus dem Umfeld von Los Millares gezogen. Ein Vergleich der Spurenstoffe in den verschiedenen Wasser- und Gesteinsproben ermöglichte die eindeutige Zuordnung des Aquädukts zur kupferzeitlichen Quelle.

7 Die Durchführung der umfangreichen Geländearbeiten und Laboruntersuchungen wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

### 3 Kurzer Abriss der Forschungsgeschichte von Los Millares

8 Im Zuge des Eisenbahnbaus gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Anlage von dem belgischen Bergbauingenieur Siret entdeckt. Dieser führte mit Vermessung und Stratigrafie nicht nur naturwissenschaftliche Methoden in die spanische Archäologie ein, sein Lebenswerk umfasste die Durchführung einer Vielzahl von Ausgrabungen und die Dokumentation der Funde unterschiedlicher Epochen, vor allem aber des Neolithikums, der Kupfer- und der Bronzezeit im Südosten Spaniens, im Gebiet der heutigen Provinzen von Almería und Murcia<sup>5</sup>.

9 In Los Millares erstreckte sich die Ausgrabungstätigkeit Sirets und seines Vorarbeiters Pedro Flores in den Jahren 1891/1892 vor allem auf die Kuppelgräber der westlich an die Siedlung anschließenden Nekropole und weniger auf die Siedlung selbst. Seine Erkenntnisse über die Anlage sind diversen Plänen und Publikationen zu entnehmen<sup>6</sup>. Basierend auf persönlichem Kontakt und unveröffentlichten Unterlagen Sirets nahmen Georg und Vera Leisner 1943 die Gräber von Los Millares in den ‚Megalithgräber-Corpus‘ auf<sup>7</sup>.

10 In den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, zwischen 1953 und 1958, wurden von Martín Almagro Basch und Arribas Palau vier Ausgrabungskampagnen in der Siedlung und in der Nekropole von Los Millares durchgeführt und im Jahr 1963 publiziert<sup>8</sup>. Unterstützt wurden sie im Jahr 1955 von Beatrice Blance und Edward Sangmeister<sup>9</sup>.

11 Umfangreiche Ausgrabungen im Bereich der Siedlung, vor allem an der Festigungsanlage, erfolgten in den Jahren 1978 bis Ende der 1990er Jahre durch die Universität Granada unter der Leitung von Molina González<sup>10</sup>. Eine abschließende Monografie über die Ausgrabungsergebnisse liegt noch nicht vor, jedoch kann auf diverse Publikationen zurückgegriffen werden<sup>11</sup>.

5 Digital einsehbar im ‚Archivo Siret‘ unter <[www.man.es/man/coleccion/catalogos-tematicos](http://www.man.es/man/coleccion/catalogos-tematicos)>.

6 Siret 1892; Siret 1893a; Almagro Basch – Arribas 1963, 19 Abb. 3.

7 Leisner – Leisner 1943.

8 Almagro Basch – Arribas Palau 1963.

9 Almagro Basch – Arribas Palau 1963, 27; Kunst 2017, 436–441.

10 Ein Übersichtsplan der Grabungsschnitte ist Kunst 2001, 76 Abb. 20 zu entnehmen.

11 Arribas u. a. 1979; Arribas u. a. 1981; Arribas – Molina González 1982; Arribas u. a. 1983; Molina González u. a. 1986; Arribas u. a. 1987; Molina González 1989; Molina González – Cámara Serrano 2005; Molina González – Cámara Serrano 2010; Cámara Serrano – Molina González 2010.

12 Um die bislang freigelegten Befunde dieser beeindruckenden Anlage zu erhalten, wurden Siedlung, Gräberfeld und Vorposten in einen archäologischen Park umgewandelt, in welchem die Befunde vorsichtig konserviert und restauriert werden<sup>12</sup>.

## 4 Die Befestigungsanlage

13 Die archäologische Fundstätte von Los Millares liegt rechtsseitig des Río Andarax ca. 70 m über dem heutigen Talniveau auf der Spornspitze eines gleichnamigen Plateaus, der Ebene von Los Millares<sup>13</sup>. Es ist davon auszugehen, dass die Höhendifferenz in der Kupferzeit sogar bis max. 90 m betrug (s. u.).

14 Die von einer Befestigungsanlage umgebene Siedlung hat in Längs-, d. h. Ost-West-Richtung eine Ausdehnung von ca. 500 m. Sie besteht aus vier hintereinander liegenden (Wohn-)Flächen, die jeweils durch eine Befestigungsmauer getrennt und geschützt sind. Die erste oder äußere Mauer liegt bergseits, ganz im Westen. Nach Osten, in Richtung Río Andarax, folgen die zweite und dritte Mauer, vermutlich direkt aneinander anschließend. Etwas abgesetzt und nur über einen schmalen Grat erreichbar ist die vierte oder innerste Mauer, welche die sog. Zitadelle umschließt. Diese sitzt an der Spitze des Geländesporns direkt über dem Río Andarax.

15 Die Befestigungsanlage von Los Millares wurde in mehreren Phasen erbaut, wobei die Zitadelle nach den vorliegenden <sup>14</sup>C-Daten der älteste und auch am längsten genutzte Anlagenteil war<sup>14</sup>. Die vierte (östlichste), die zweite und wahrscheinlich auch die dritte Befestigungsmauer entstanden um 3200–3100 v. Chr., die äußere Mauer sowie die ersten Außenposten ab ca. 3000–2900 v. Chr. Molina González u. a. gehen davon aus, dass die Befestigungsanlage ab 2200 v. Chr. verlassen war<sup>15</sup>.

16 Direkt an die äußere Befestigungsmauer der Siedlung schließt die zugehörige Kuppelgrabnekropole an. Diese dehnt sich mit etwa 80 Kollektivgräbern über eine Fläche von 13 ha und damit weit über die Ebene von Los Millares aus.

## 5 Die Wasserversorgungsanlagen

17 L. Siret beschreibt in »Recherches préhistoriques en Espagne«<sup>16</sup> und »L'Espagne Préhistorique«<sup>17</sup> minutiös die von ihm gefundenen und in den Plänen dargestellten Wasserversorgungsanlagen von Los Millares (s. Abb. 1. 2):

Weiter als die Mauern dehnt sich die Ebene etwa einen Kilometer in der Länge aus, an deren Ende früher eine Quelle existiert haben kann, die rings um die Austrittsstelle Kalktuffablagerungen gebildet hat. Heute ist sie komplett trocken; vom Quellaustritt bis zum Inneren der Stadt finden sich ab und zu die Reste einer Wasserleitung. Sie war mittels Steinen und Erde gebaut, zeitweilig eine Mauer von über 2,50 m Höhe bildend; das Wasser hat die Erde komplett durchdrungen und in einen [Kalk-]Tuff verwandelt, dessen Hohlräume sich mit Pflanzen und Mollusken gefüllt haben, die sich auf der gesamten

12 Zu den vorbereitenden Materialuntersuchungen sowie der am Original orientierten, möglichst schonenden Restaurierung s. Haro Navarro 2011, Kap. 3.

13 Sofern nicht anders angegeben dienten als Grundlage für dieses Kapitel Arribas – Molina González 1982, 9–29 *passim* und Molina González – Cámara Serrano 2005, *passim*.

14 Molina González u. a. 2004, 149 Tab. 3.

15 Molina González u. a. 2004, 152.

16 Siret 1892 (span. Übersetzung).

17 Siret 1893a, 519.

Strecke entwickelt haben; der obere Teil ist komplett zerstört und es bleiben gewöhnlich nur Fragmente des Kalktuffs und Molluskenschalen übrig, um die Wasserleitung zu markieren; in der Stadt hat sie sich anscheinend in verschiedene Verästelungen geteilt, die sich in einem großen Speicher vereinen. Die Wasserleitung wird ebenso wie die ganze Ebene von einer Reihe von Hügeln beherrscht, auf deren Spitze sich, sorgfältig geplant, drei Türme zur Verteidigung befinden<sup>18</sup> (Übersetzung: Autorin).

Am jenseitigen, der Stadt entgegengesetzten Ende der Ebene, etwa 1 km von der Stadt entfernt, befindet sich eine heute versiegte Quelle. Eine [Kalk-]Tuffablagerung lässt diese erkennen. Zwischen der Quelle und dem Stadtkern lassen sich die Reste einer Wasserleitung verfolgen. Die Senken werden durch Aquädukte überbrückt, Mauern aus Stein oder Erde bis 2,5 m Höhe; das Wasser hat diese durchnässt und verdichtet, die Erde in [Kalk-]Tuff verwandelt und Hohlräume mit einem Belag aus Stalagmiten erzeugt. Die Oberfläche der Ebene wird von horizontalen Kalkkrusten gebildet: Das war einer der Steinbrüche für die Einwohner der Stadt; aber insgesamt musste für die Strecke der Wasserleitung das Ausgangsgestein berücksichtigt werden, so wurden Rinnen in das Relief geschlagen; gelegentlich wurden diese verdichtet mit Füllmaterial aus Steinen und Erde, wenn sie durch die Sickerwässer in [Kalk-]Tuff verwandelt worden waren; an anderen Stellen sieht man aufgestellte Steine im Feld, die den Kanal bildeten; schließlich sieht man auf der ganzen Strecke Molluskenschalen, vor allem von Melanopsiden<sup>19</sup>. Das generelle Gefälle beträgt 2 %. Am Eingang der Stadt scheint sich die Leitung zu teilen und in etwas zu enden, was wir für einen Wasserspeicher halten, wie man ihn in allen prähistorischen Städten, römischen und arabischen, sieht<sup>20</sup> (Übersetzung Autorin).

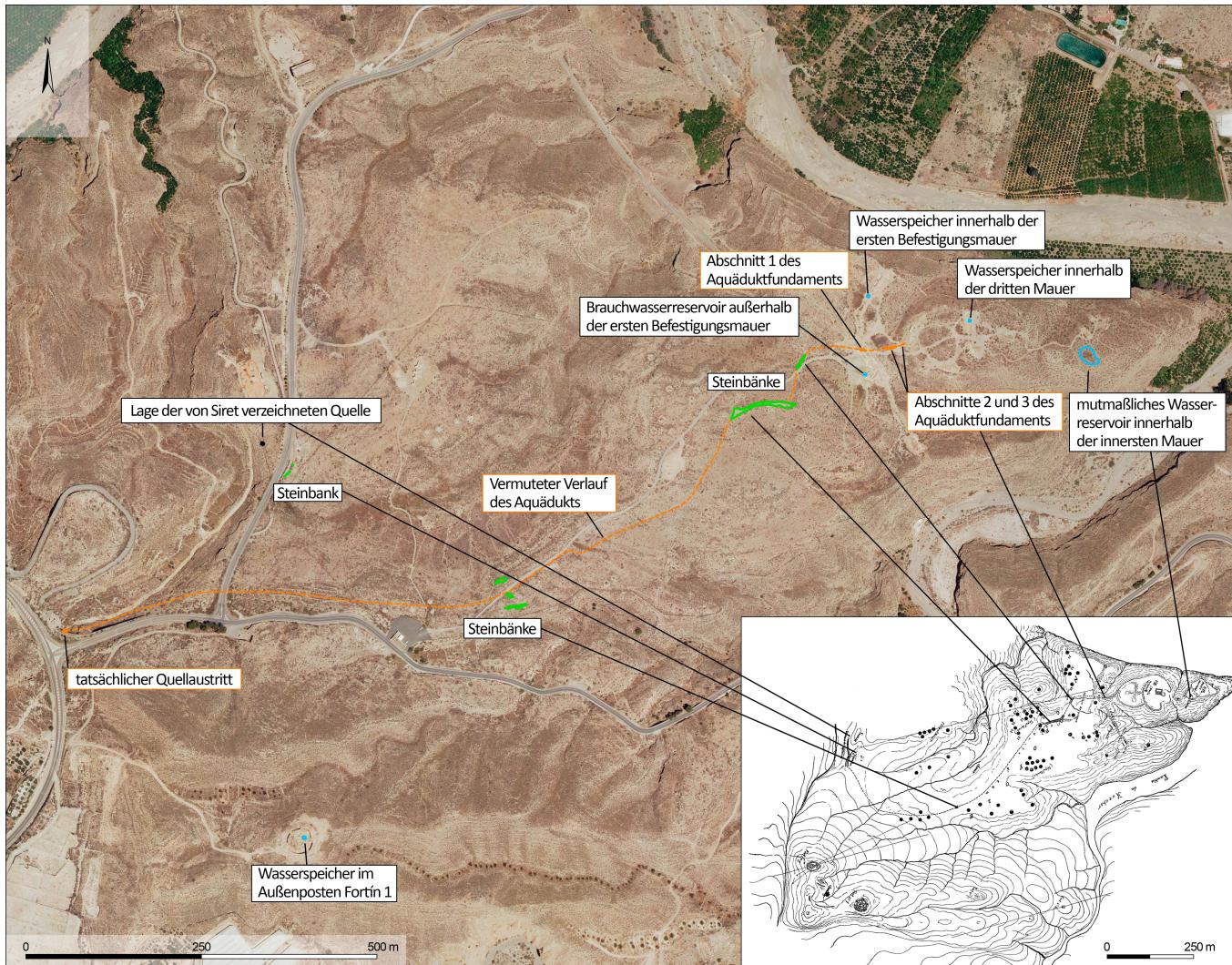
18 Die detaillierte Beschreibung der Wasserversorgungsanlagen von Los Millares weist darauf hin, dass Siret die Existenz einer Quelle und einer Wasserleitung nicht nur vermutete, sondern zumindest Teile der Wasserleitung tatsächlich freigelegt hatte<sup>21</sup>.

19 Wilhelm Schüle stellte in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts fest, dass »diese Anlage durch spätere Grabungen restlos zerstört wurde, so dass eine Kontrolle der Angaben Siret's unmöglich ist«<sup>22</sup>. Tatsächlich hat es sich dabei wohl nicht nur um »spätere Grabungen« gehandelt, gemäß Molina González und Cámara Serrano wurde die archäologische Fundstätte jahrzehntelang als Steinbruch für den Straßenbau genutzt<sup>23</sup>. Trotzdem konnten bei den aktuellen Begehungen noch vermutlich zur Wasserversorgung gehörende Bereiche inner- und außerhalb der Befestigungsanlage begutachtet und aufgenommen werden.

21 Auf geologischen Karten werden nachgewiesene Störungen mit durchgezogenen Linien gekennzeichnet, während gestrichelte Linien eine vermutete Störung anzeigen. Diese Art der Darstellung war sicher schon den Bergbauingenieuren Siret vertraut, da sie bei der Zeichnung der Wasserleitung angewendet wurde (Abb. 1. 2 in diesem Artikel). Wahrscheinlich hat Siret den Verlauf der Wasserleitung dort, wo sie als durchgezogene Linie dargestellt ist, erkannt, während er ihn dort, wo sie gestrichelt ist, nur vermutete.

22 Schüle 1967, 96.

23 Molina González – Cámara Serrano 2005, 12.



3

Abb. 3 Vergleich der aktuellen Geländeaufnahmen mit Siretscher Karte.

## 6 Aufnahme der Befunde der Wasserversorgungsanlage (Abb. 3)

### 6.1 Wassertransport

20 Während es bezüglich einer Quelle, welche den Aquädukt gespeist haben soll, über den oben beschriebenen Befund Sirets hinaus bislang keine weiteren Ausgrabungen oder Befunde gibt, erwähnen Arribas Palau und Molina González, den Aquädukt betreffend, folgende Strukturen, welche bei den Ausgrabungskampagnen der Universität Granada in den Jahren 1978 bis 1985 freigelegt wurden<sup>24</sup>:

#### 6.1.1 Abschnitt 1 des Aquäduks innerhalb der Befestigungsanlage

21 Im Bereich der äußeren Befestigungsmauer existiert eine viertelkreisförmige gemauerte Struktur, von der aus zwei geradlinige Steinreihen schräg zur Mauer ins Innere führen (Abb. 4). Arribas u. a. vermuteten wegen der deutlichen Ausrichtung dieses Mauerrests auf den stark versinterten Fundamentabschnitt innerhalb der Siedlung (s. u.), dass es sich hierbei um den Eintrittsbereich des Siretschen Aquäduks in

24 Arribas u. a. 1981; Arribas – Molina González 1982; Arribas u. a. 1983; Arribas u. a. 1987; Übersichtsplan der Grabungsschnitte s. Kunst 2001, 76 Abb. 20.



4

die Befestigungsanlage handelte<sup>25</sup>. Trotz intensiver Suche im Rahmen der aktuellen Prospektion konnten jedoch an den im unteren Bereich noch original vorhandenen Mauerresten<sup>26</sup> keinerlei Kalksinter gefunden werden, die einen Hinweis darauf gegeben hätten, dass auf diesem Mauerrest ursprünglich Wasser geflossen ist.

#### 6.1.2 Abschnitt 2 des Aquädukts innerhalb der Befestigungsanlage

22 Eine Vielzahl von Kalksintern unterschiedlicher Größe und Ausbildung (Abb. 5) finden sich aber auf einem West-Ost verlaufenden Rest eines Mauerfundaments zwischen der äußeren und der zweiten Mauer der Befestigungsanlage (Abb. 6). Dieser ist in den Plänen Sirets dargestellt und bildet(e) wohl schon für Siret und auch heute noch die Kernzone für die Annahme des Bestehens eines Aquädukts in Los Millares<sup>27</sup>. Die versinterten Bereiche beweisen eindeutig, dass hier dauerhaft Wasser geflossen ist, bei dem es aufgrund der Änderung der Druck- bzw. Temperaturbedingungen zu Kalkausfällungen kam<sup>28</sup>. Eine vertikale stratigrafische Gliederung lässt sich aus den unterschiedlichen Höhenlagen der Sinter nicht ableiten, da sich fließendes oder in diesem Fall eher tropfendes Wasser nicht an Schichten hält, sondern diese vertikal durchdringt und sich dabei immer wieder neue Wege sucht.

Abb. 4 Abschnitt 1 des Aquäduktfundaments, Ausrichtung West-Ost.

25 Arribas u. a. 1987, 250 f.

26 Die oberste Steinreihe wurde bei der Restaurierung der Mauer nachträglich aufgesetzt.

27 Arribas u. a. 1987, 251.

28 Die Begriffe »Sinter« bzw. »Kalksinter«, »Kalktuff« und »Travertin« sollen kurz erläutert werden: Bei allen drei Kalksteinvarianten handelt es sich um Süßwasserkalke, die durch Veränderung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts in karbonatgesättigtem Grundwasser entstehen. Die Bildung von Sintern erfolgt hauptsächlich anorganisch. Durch Druck- und/oder Temperaturänderungen, z. B. beim Übertritt des Grundwassers an die Erdoberfläche, entweicht das im Grundwasser gelöste Kohlendioxid und Calciumcarbonat fällt aus. Sinter weisen eine gut erkennbare Schichtung und nur eine sehr geringe Porosität auf. Demgegenüber spielt bei der Bildung der porösen Kalktuffe die organische Ausfällung an Pflanzen, z. B. Algen und Moosen, eine zentrale Rolle. Diese nutzen das freie Kohlendioxid des karbonatgesättigten Wassers zur Fotosynthese, wodurch es zu einer Verschiebung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts und zur Ausfällung von Calciumcarbonat kommt. Ebenfalls hauptsächlich organisch, jedoch unter Einwirkung von Cyano- und anderen fotosynthetebetreibenden Bakterien in warmem Wasser entstehen die dichten, gebänderten Travertine (Sürmelihindi 2013, 5–12).



5



6

Abb. 5 Typische Versinterungen des Aquäduktfundaments:  
a Stalagmitenrasen; b Geröll mit Kalksinterüberzug; c vertikale Versinterung; d Stalaktit.

Abb. 6 Abschnitt 2 des Aquäduktfundaments innerhalb der Befestigungsanlage, Blick nach Süden.

23 Die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Sinterbruchstücks aus diesem Bereich zeigt deutliche Ähnlichkeiten mit einer entsprechenden Aufnahme aus einem römischen Aquädukt bei Köln<sup>29</sup>. Arribas u. a. gehen davon aus, dass der Aquädukt in der Phase 2 des Siedlungsbaus in der mittleren Kupferzeit entstand, als die äußere Befestigungsmauer angelegt wurde<sup>30</sup>.

#### 6.1.3 Abschnitt 3 des Aquäduks innerhalb der Befestigungsanlage

24 Östlich des Aquäduktabschnitts 2 liegt ein weiterer kleiner Fundamentrest mit Kalksintern (Abb. 7).

#### 6.1.4 ›Schnitt Nr. 3‹, verfüllt

25 Zwischen der ersten und zweiten Befestigungsmauer wurde während der Ausgrabungen der Jahre 1953–1958 unter anderem der ›Schnitt Nr. 3‹ angelegt. Dieser verlief parallel zu den o. g. versinterten Mauerresten sowie über diese hinaus

29 Untersuchung: H. D. Schulz, s. Molina González – Cámara Serrano 2005, 48.

30 Arribas u. a. 1987, 260 Abb. 12.

in Richtung der zweiten Befestigungsmauer. Die hierin gefundenen stark zementierten Kalkreste wurden von den Ausgräbern ebenfalls dem Aquädukt Sirets zugeordnet<sup>31</sup>. Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Molina González am 23.11.2018 wurden im Hangenden dieser Struktur kupferzeitliche Hausmauern freigelegt. Der Schnitt war sehr tief und wurde später wieder verfüllt. Er ist jedoch auf der Taf. V der Publikation von Almagro Basch und Arribas Palau<sup>32</sup> dargestellt und auch auf dem Luftbild der Taf. I in der Publikation von Arribas u. a.<sup>33</sup> zu erkennen.

#### 6.1.5 Aquäduktverlauf außerhalb der Befestigungsanlage

26 Außerhalb der Festung hatte Siret vier weitere Teile der Wasserleitung erkannt und mit durchgezogenen Linien dargestellt. Diese sind heute im Gelände noch sichtbar (Abb. 8) und wurden eingemessen.

27 Untersucht man die im umzäunten Parkbereich befindlichen, hauptsächlich West-Ost bis Südwest-Nordost verlaufenden Siretschen Aquäduktteile, so handelt es sich um eine etwa 90 m lange und 2–12 m breite sowie verschiedene 10–30 m lange und 2–4 m breite Steinbänke. Diese wurden augenscheinlich in der Vergangenheit freigestellt, d. h. es wurden auf beiden Seiten Steine abgeschlagen, wobei unklar ist, ob dieser Steinbruch schon in der Kupferzeit erfolgte. Versinterungen oder andere Hinweise auf den Aquädukt konnten trotz intensiver Suche bei den aktuellen Geländebegehungen nicht gefunden werden, eine Überprüfung der Siretschen Zuordnung zum Aquädukt ist daher heute nicht mehr möglich.

28 Ca. 800 m westlich der Siedlung befindet sich der vierte von Siret außerhalb der Festung erkannte Aquäduktteil, wo dieser auch den Quellaustritt in der Kupferzeit vermutete. Er liegt heute im Bereich der Straße nach Santa Fe de Mondújar. Nachgewiesen wurden in diesem Bereich bei den Geländebegehungen Kalktuffe, welche beprobt wurden (Abb. 9).

#### 6.1.6 Probenahme

29 Um eine möglichst exakte Aufnahme der Sinter innerhalb der Befestigungsanlage zu gewährleisten, wurden diese eingemessen und fotografiert. Anschließend wurden alle am Aquäduktfundament innerhalb der Befestigungsanlage vorhandenen Sinter beprobt. Insgesamt wurden 57 Proben entnommen. Ein Plan der Probenahmepunkte wird in den »Cuadernos de Prehistórica y Arqueología de la Universidad de Granada« publiziert<sup>34</sup>.



7

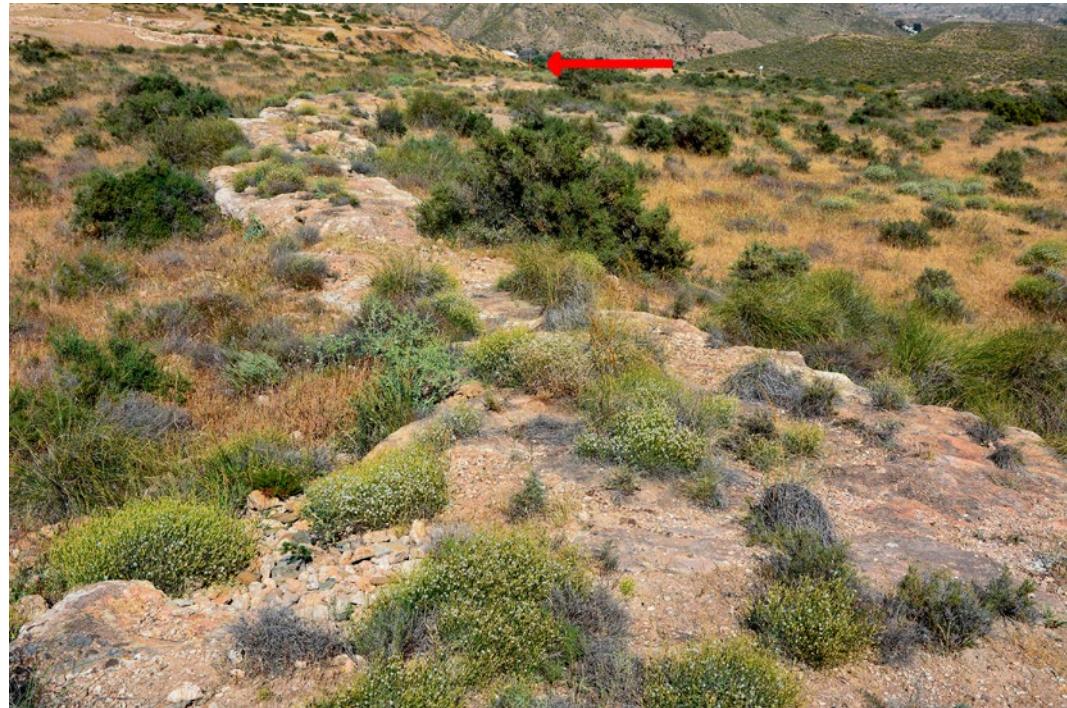
Abb. 7 Abschnitt 3 des Aquäduktfundaments innerhalb der Befestigungsanlage, verfüllter Schnitt mit Fundamentrest im Vordergrund. Blickrichtung: Osten.

31 Almagro Basch – Arribas Palau 1963, 38 f.; Arribas u. a. 1987, 251.

32 Almagro Basch – Arribas Palau 1963, 272.

33 Arribas u. a. 1983, 183.

34 Jakowski u. a. im Druck.



8

Abb. 8 Steinbank außerhalb der Befestigungsanlage; von Siret verzeichneter Aquäduktverlauf. Blick nach Osten zur Befestigungsanlage. Die Fluchtstange im Hintergrund (Bildmitte) markiert das Ende der Steinbank. Links etwa auf Höhe der Fluchtstange ist das Haupteingangs-/Zangentor erkennbar.

Abb. 9 Kalktuffablagerung im Bereich des von Siret verzeichneten Quellstandorts.



9

## 6.2 Wasserspeicherung

30 Des Weiteren sind vier Wasserspeicher in oder in unmittelbarer Nähe der Befestigungsanlage bekannt:

### 6.2.1 Brauchwasserreservoir außerhalb der ersten Befestigungsmauer

31 Gabriel Martínez Fernández und José Andrés Afonso Marrero sowie Molina González und Cámarra Serrano erwähnen außerhalb der äußeren Befestigungsmauer auf der Nordseite direkt vor dem Haupttor einen Tümpel<sup>35</sup>, der nach freundlicher, mündlicher Mitteilung von Molina González und Martínez Fernández am 23.11.2018 aufgrund des sandigen Materials und von Pflanzenresten am Boden wohl als Viehtränke direkt vor dem Haupttor genutzt worden war. Der Befund wurde nach der Ausgrabung wieder verfüllt (Abb. 10).

### 6.2.2 Wasserspeicher innerhalb der ersten Befestigungsmauer

32 In der Bastion VIII der äußeren Befestigungsmauer wurde außerdem eine 3 m tiefe und an der Sohle 2 m breite, an der Oberkante 0,8 m breite, glockenförmige Vorratsgrube freigelegt, welche mit einer Schieferplatte abgedeckt war<sup>36</sup>. Aufgrund des »dicken Lehmbewurfs«<sup>37</sup> der Wände wurde diese als Wasserspeicher gedeutet. Auch dieser Befund wurde nach der Ausgrabung wieder verfüllt (Foto der Bastion VIII s. Abb. 11).

35 Martínez Fernández – Afonso Marrero 2003, 97; Molina González – Cámarra Serrano 2005, 40.

36 Arribas u. a. 1981, 95.

37 Arribas – Molina González 1982, 17.



10



11

### 6.2.3 Wasserspeicher innerhalb der dritten Befestigungsmauer

33 Im Bereich der dritten Befestigungsmauer wurde im Jahr 1981 »ein tiefes Silo oder ein Wasserspeicher [freigelegt], der das [anstehende] Gestein durchschnitt«<sup>38</sup>. Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Francisco Carrión Méndez am 23.02.2017 beträgt der Durchmesser des Wasserspeichers, welcher heute noch einsehbar ist, am Boden ca. 4 m. Nach eigenen Messungen ist er 2,1 m unter die Steinabdeckung eingetieft (Abb. 12). Nach Aussagen der Ausgräber war der Wasserbehälter direkt in den anstehenden Fels gegraben worden, Mauerwerk konnte nicht nachgewiesen werden, jedoch scheint ein bindiges Material als Abdichtung aufgetragen worden zu sein.

Abb. 10 Wieder verfüllte Viehränke neben dem Zangentor der äußersten Befestigungsmauer. Blickrichtung Osten.

Abb. 11 Bastion VIII der äußersten Befestigungsmauer, Wasserspeicher wurde wieder verfüllt. Blickrichtung Nordosten.

38 Arribas u. a. 1983, 131.



12

Abb. 12 Wasserspeicher innerhalb der dritten Befestigungsmauer.  
Blickrichtung Westen.

#### 6.2.4 Großes Wasserreservoir innerhalb der Zitadelle

34 Innerhalb der innersten bzw. vierten Befestigungsmauer besteht eine ca. 47 m lange und 30 m breite ovale Vertiefung, welche schon von Siret als Wasserreservoir gedeutet wurde. Die Vermessung des stufig aufgebauten Innenraums (Aufsicht und Schnitte s. Abb. 13) ergab, dass die Vertiefung im Südosten über einen Überlauf verfügt, was auch sinnvoll ist, wenn ständig fließendes Wasser durch die Siedlung geleitet wurde. Ein Nachweis dafür, dass es sich hier tatsächlich um ein Wasserreservoir aus der Kupferzeit handelt, konnte bei den aktuellen Untersuchungen nicht erbracht werden. Über einen an der tiefsten Stelle des mutmaßlichen Wasserreservoirs befindlichen, ebenfalls stark überwucherten kleinen Profilschnitt, der vermutlich in den 50er Jahren von Arribas Palau erstellt wurde, gibt es keinerlei Unterlagen.

35 Zur Abschätzung des Volumens des mutmaßlichen Wasserreservoirs wurden ein Längs- und ein Querprofil gelegt<sup>39</sup>. Der maximale Wasserstand wurde auf Höhe des o. g. Überlaufs angenommen. Daraus ergibt sich ein max. Volumen von ca. 270 m<sup>3</sup>, wobei davon ausgegangen werden muss, dass der mutmaßliche Wasserspeicher ursprünglich noch tiefer war, da der Boden heute von Gesteinsschutt bedeckt ist. Diese Volumengröße lässt die Annahme Sirets, dass es sich bei der Eintiefung um ein Wasserreservoir handelte, als durchaus möglich erscheinen.

#### 6.2.5 Wasserspeicher im Außenposten Fortín 1

36 Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass innerhalb des Außenpostens Fortín 1 ebenfalls ein Wasserspeicher freigelegt wurde: Als solchen deutete Molina González die Grube wegen ihrer Abmessungen von 2 m Durchmesser und 3 m Tiefe, wegen des Bruchsteinmauerwerks und der Sedimentfüllung<sup>40</sup>.

39 Die Vermessung und Volumenberechnung erfolgte durch D. Schäffler, Karlsruhe.

40 Molina González 1989, 212; s. auch Molina González – Cámara Serrano 2005, 66, unteres Foto.

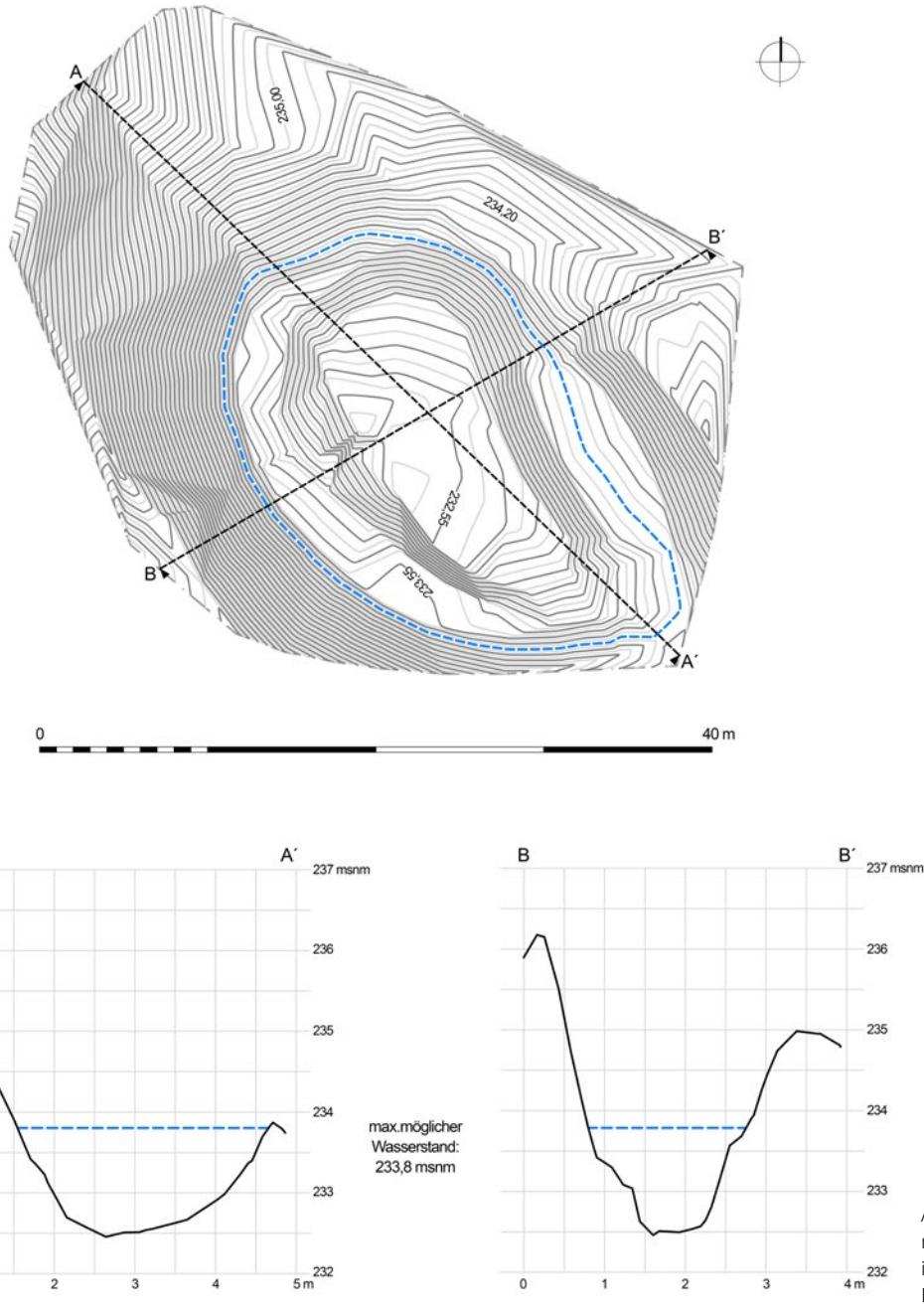


Abb. 13 Vermessung des mutmaßlichen Wasserreservoirs innerhalb der vierten Befestigungsmauer. Aufsicht und Profilschnitte.

### 6.3 Zur Bezeichnung Aquädukt

37 Das Wasserversorgungssystem innerhalb der Siedlung kann man sich aufgrund der Befunde etwa folgendermaßen vorstellen: Das über eine Wasserleitung herantransportierte und ins Innere der Siedlung geführte Wasser wurde mittels eines noch unbekannten Leitungssystems an verschiedene Abgabestellen und Wasserspeicher innerhalb der Siedlung befördert. An dem oben erwähnten, am tiefsten Punkt liegenden großen Wasserreservoir innerhalb der innersten Befestigungsmauer ist ungenutztes Wasser vermutlich übergelaufen und der Rambla de Huéchar zugeflossen, sofern nicht die Wasserzufuhr bei fehlendem Bedarf innerhalb der Siedlung unterbrochen bzw. außerhalb der Siedlung zur Feldbewässerung und für die Viehwirtschaft umgeleitet wurde.

38 Da im Zusammenhang mit Los Millares immer wieder der Begriff »Aquädukt« verwendet wird, soll kurz eingegangen werden, ob es sich bei dem Aquädukt von Los Millares tatsächlich um einen Aquädukt handelte:

39 Schaut man im französischen Originaltext von »L'Espagne Préhistorique«<sup>41</sup>, so verwendet Siret dort vor allem den Begriff »une conduite d'eau«, in der spanischen Übersetzung »un conducto de agua«<sup>42</sup>, also eine Wasserleitung. Doch er benutzt auch den Begriff »Aquädukt« im Zusammenhang mit der Überbrückung von Senken: »Les cols sont traversés par des aqueducs, ...«<sup>43</sup>.

40 Almagro Basch und Arribas<sup>44</sup> sowie Arribas u. a.<sup>45</sup> verwenden die Bezeichnung »Aquädukt« für die Abschnitte 1 und 2 im Innern der Siedlung generell in Anführungszeichen. An anderer Stelle sprechen Arribas Palau und Molina González von einer »Teilstrecke des hypothetischen Aquädukts«<sup>46</sup>. Die Bezeichnung »Aquädukt« wurde von diesen Autoren wohl bewusst gewählt, um zu unterstreichen, dass es auf der Iberischen Halbinsel schon im 3. Jahrtausend v. Chr. eine über 1 km lange Wasserleitung gegeben haben soll, denn im klassisch archäologischen Sinn war der Aquädukt von Los Millares kein Aquädukt und nicht zu vergleichen mit den 2.500 Jahre jüngeren römischen Aquädukten. Aber die Abschnitte 2 bis 3 innerhalb der Siedlung dienten sehr wohl der Überbrückung einer Vertiefung, gut erkennbar auf einem Foto aus dem Jahr 1983<sup>47</sup>. Auch heute noch fällt das Gelände hier nördlich und südlich ab. Außerdem sind die unter 6.1 beschriebenen Strukturen nicht unähnlich dem von Mathias Döring fotografierten, mehrere Kilometer langen Aquäduktfundament bei Kheurbet Rhazâlé in Syrien<sup>48</sup>.

41 In der vorliegenden Publikation wird der Begriff »Aquädukt« im Sinne von *aquaeductus*, d. h. Wasserleitung, verwendet.

## 7 Beschreibung der relevanten naturräumlichen Faktoren

42 Für die Wasserversorgung einer Siedlung spielen generell folgende Faktoren eine Rolle: die Morphologie, der geologische bzw. hydrogeologische Aufbau des Untergrundes, das Klima und die technischen Möglichkeiten der Wassernutzung. Auf das Klima wird weiter unten eingegangen.

### Geografische Lage und morphologische Verhältnisse

43 Die Ebene von Los Millares (ca. 260 m ü. d. M.) wird im Norden durch den dort auf einer Höhe von ca. 190 m über dem Meeresspiegel fließenden Río Andarax begrenzt. Weitere Grenzen bilden eine in den Río Andarax mündende Schlucht im Westen, die Rambla de Huéchar im Osten und die Anhöhen von La Merina (ca. 340 m ü. d. M.) im Süden (Abb. 14). Die Sierra de Gádor im Westen mit einer Höhe von max. 2.249 m über dem Meeresspiegel ist über die Travertinplattform von Alhama de Almería morphologisch mit der Ebene von Los Millares verbunden. Auf der anderen Seite des Río Andarax befinden sich die Sierra Nevada im Nordwesten, die Sierra de los Filabres im Norden und Nordosten und die Sierra Alhamilla im Osten. Los Millares liegt am Unterlauf des Río Andarax, der Abstand zur Mittelmeerküste beträgt nur etwa 16 km.

41 Siret 1893a, 519.

42 Siret 1893b, 196.

43 Siret 1893a, 519.

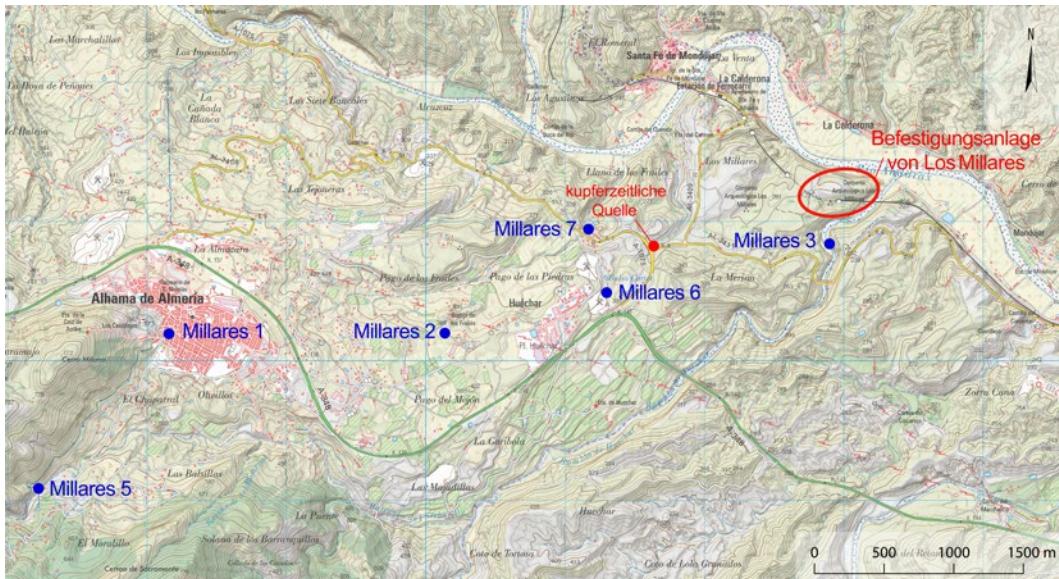
44 Almagro Basch – Arribas Palau 1963, 38 f.

45 Arribas u. a. 1983, 128; Arribas u. a. 1987, 250.

46 Arribas – Molina González 1982, 21.

47 Arribas u. a. 1983, 138 Taf. 1.

48 Döring 2012, 233 Abb. 8.



14

## Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

44 Das Río-Andarax-Tal unterhalb von Los Millares ist mit ca. 20–30 m mächtigen gut durchlässigen holozänen Sanden und Kiesen in sandiger Matrix angefüllt<sup>49</sup>, welche einen sehr guten Grundwasserleiter bilden.

45 Auf der Ebene von Los Millares stehen plio-/pleistozäne, kantige Konglomerate in einer tonig-sandigen Matrix mit einer Mächtigkeit von 40 m oder mehr an<sup>50</sup>. Teilweise auftretende Kalkinkrustierungen der Konglomerate werden nach den Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 50.000 Blatt-Nr. 1045 Almería noch dem Pleistozän zugeordnet und sind in einem »warmen und etwas humideren Klima« entstanden<sup>51</sup>.

46 Diese mehr oder weniger stark zementierten Konglomerate mit Kiesen, sandigen Schluffen und tonig-schluffigen Bereichen bilden einen gemeinsamen Grundwasserleiter mit der holozänen Talfüllung. Die Fließrichtung ist von Westen nach Osten auf den Río Andarax ausgerichtet, welcher Vorflutfunktion für das oberflächennahe Grundwasser hat.

47 Am Westrand der Ebene von Los Millares stehen über den Konglomeraten 2–8 m mächtige Travertine und Kalktuffe an, die Einlagerungen von Schluffen, Süßwasserschnecken und Pflanzenresten bzw. -abdrücken aufweisen. Sie sind durch Kalkausfällungen an ehemaligen (und teilweise auch heute noch bestehenden) Quellen entstanden<sup>52</sup>. Die ›Travertin-Fazies‹ von Alhama de Almería wird dem Mittel- bis Jungpleistozän zugeordnet<sup>53</sup>. Abhängig von der Höhe des Grundwasserspiegels führen die Travertine in Klüften und Karstspalten Grundwasser und entwässern in den oben beschriebenen, aus klastischen Gesteinen bestehenden Grundwasserleiter.

48 Weiter westlich stehen triassische Kalke und Dolomite mit einer Mächtigkeit von bis zu 500 m an. Diese bilden einen mächtigen Grundwasserleiter, das Grundwasser wird heute mittels Pumpen aus großer Tiefe gefördert. Für Los Millares ist dieser Grundwasserleiter insofern relevant, als aufgrund einer geothermischen Anomalie an den Störungszonen am Ostrand Thermalwässer aufsteigen, welche im Raum Alhama

Abb. 14 Lagekarte der Befestigungsanlage von Los Millares und der beprobenen Wasserfassungen (s. Abb. 18).

49 IGME 1986.

50 IGME 1978a, 21.

51 IGME 1978b, 35.

52 MAGNA\_50 1044.1978, 22; Lozano Rodríguez u. a. 2010, 287.

53 Dies konnte im Zuge der durchgeföhrten Altersuntersuchungen bestätigt werden (s. u.).

de Almería nur eine geringe Mineralisation, jedoch eine Temperatur von ca. 40° C aufweisen<sup>54</sup>.

### Lage des Grundwasserspiegels

49        Zwar existierten die o. g. grundwasserleitenden bzw. -stauenden Schichten in der Kupferzeit ebenso wie heute, die Höhe des Grundwasserspiegels in den Schichten und damit die Möglichkeit, Grundwasser zu erschließen, wird jedoch außerdem von verschiedenen klimatischen wie morphologischen Faktoren bestimmt, die sich im Laufe der Jahrtausende geändert haben können. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Höhe des Meeresspiegels, auf den die Flüsse und damit das oberflächennahe Grundwasser ausgerichtet sind. Den Untersuchungen von José Luis Goy u. a. am Strandwallkomplex von Campo de Dalías (Almería) zufolge lag der Meerwasserspiegel im Raum Almería um 3400 v. Chr. etwa 80 cm höher als heute, bis 2200 v. Chr. sank er um ca. 60 cm<sup>55</sup>.

50        Gemäß Schüle war der Río Andarax in der Vorgeschichte bis ca. 5–10 km unterstromig von Los Millares schiffbar<sup>56</sup>, die Küstenlinie lag nach Arribas Palau und Molina González ca. 10 km südlich von Los Millares<sup>57</sup>. Starke Aufschotterungen der Talaue des Río Andarax aufgrund torrentieller Niederschläge in der frühen Neuzeit<sup>58</sup> haben seitdem eine Anhebung des Flussbettes bewirkt, denn im Delta des Río Andarax wurden in einer 26 m tiefen Bohrung 20 m Kiese und Schotter über 6 m marinen Feinsanden erbohrt<sup>59</sup>. Im Bereich von Los Millares ist ebenfalls noch mit einer beträchtlichen Aufschotterung des Bachbetts in den letzten Jahrtausenden zu rechnen, die sich an den Talhängen auf den Abstand des Grundwassers zur Geländeoberfläche ausgewirkt haben. Der Ruhewasserspiegel des oberflächennahen Grundwassers, in der Kupferzeit auf einen stärker als heute eingetieften Vorfluter ausgerichtet, kann im Bereich der Befestigungsanlage einige Meter tiefer als heute gelegen haben.

51        Auf die Höhe des Grundwasserspiegels nehmen außerdem Niederschlag und Verdunstung wesentlichen Einfluss. Hierüber liegen für die Kupferzeit keine gesicherten Erkenntnisse vor. Ein etwas humideres Klima, wie es Molina González u. a. sowie Molina González und Cámara Serrano für die Kupferzeit annehmen<sup>60</sup>, bewirkte wahrscheinlich eine Erhöhung des Grundwasserspiegels. Eine eindeutige Aussage lässt sich anhand der vorhandenen Informationen nicht treffen.

### Möglichkeiten der Wassererschließung im Umfeld von Los Millares

52        Aus der oben beschriebenen naturräumlichen Situation ergibt sich folgendes Bild zu den Möglichkeiten der Wassererschließung in der Kupferzeit:

53        Die offensichtlichste Möglichkeit der Wassererschließung ist die Wasserentnahme aus dem Río Andarax, welcher Vorflutfunktion für das oberflächennahe Grundwasser hat. Eine Trinkwasserversorgung der Siedlung von Los Millares aus dem Río Andarax war in der Kupferzeit generell möglich, allerdings aufgrund des heute bestehenden Höhenunterschieds zwischen Flusstal und Siedlung von ca. 70 m, welcher in der Kupferzeit wohl noch größer war, beschwerlich und daher unwahrscheinlich.

54        Als weitere Möglichkeit kommt die Niederbringung eines Brunnens in der Siedlung oder in der Ebene von Los Millares in Betracht. Derartige Anlagen sind auf der

---

54        Sánchez Martos u. a. 2004, 171; Pulido Bosch u. a. 2008, 1582 Abb. 1.

55        Goy u. a. 2003, 263.

56        Schüle 1980, 12 f.

57        Arribas – Molina González 1982, 9.

58        Hoffmann 1988, 121 f.

59        Hoffmann 1988, 18. 155.

60        Molina González u. a. 2004, 144 f.; Molina González – Cámara Serrano 2010, 61.

Iberischen Halbinsel für die Kupferzeit aus El Jadramil (Provinz Cádiz) bekannt; dort deutet María Lazarich González elf 4–9 m tiefe Schächte als Brunnen<sup>61</sup>.

55 In der Ebene von Los Millares war eine Wassererschließung durch einen Brunnen, der in den anstehenden plio-/pleistozänen Konglomeraten mindestens bis auf das Talniveau niedergebracht werden musste, mit einem hohen Erschließungsrisiko verbunden, denn es ist sowohl bezüglich des Aufwands als auch der Erfolgsschancen wesentlich schwerer, in den verfestigten plio-/pleistozänen Konglomeraten Grundwasser zu erschließen, bei denen der Wassertransport hauptsächlich in Klüften funktioniert, als in Lockersedimenten.

56 In einem 18 m tiefen Brunnen in der Rambla de Huéchar nahe der Befestigungsanlage lag der Ruhewasserspiegel am 29.06.2018 bei 185 m über dem Meeresspiegel<sup>62</sup>. Unter Ansatz der Geländeoberkante im Bereich der innersten Befestigungsmauer von 258 m über dem Meeresspiegel müsste heute ein Brunnen dort mindestens 73 m tief gegraben werden, um diesen Wasserspiegel zu erreichen. Außerdem muss ein Brunnen zur Wassergewinnung zusätzlich einige Meter in den Grundwasserleiter eingetieft werden. D. h. selbst im südöstlichen, tiefstgelegenen Teil der Befestigungsanlage musste ein Brunnen 70–80 m im Festgestein abgeteuft werden. Diese Art der Wassererschließung für die Siedlung ist daher nach jetzigem Kenntnisstand unwahrscheinlich.

57 Als weitere und wahrscheinlichste Erschließungsmöglichkeit bleibt die Fassung einer natürlich austretenden Quelle in der Nähe der Siedlung, welche schon von Siret in Betracht gezogen wurde. Sofern es sich bei der möglichen Grundwassergewinnung um eine ›absteigende‹ Quelle handelte, bei der Grundwasser auf einer Schichtgrenze am Talrand frei ausfloss, kann diese im Tal des Río Andarax ausgetreten sein und diesen gespeist haben – hiervon mag es je nach den klimatischen Bedingungen in der Kupferzeit mehrere Quellen oder Quellchen gegeben haben – in diesem Fall gelten jedoch dieselben Überlegungen wie bei der Flusswasserentnahme, dass der Wassertransport aus dem Tal nach oben beschwerlich war.

58 Die Quelle kann jedoch auch am Rand der Ebene von Los Millares gelegen haben und als Kluftquelle aus den plio-/pleistozänen Konglomeraten oder den pleistozänen Travertinen ausgetreten sein. Ihr Einzugsgebiet hätte sich dann in Richtung Westen erstreckt.

59 Sollte es sich jedoch bei der möglichen Grundwassergewinnung um eine ›aufsteigende‹ Quelle gehandelt haben, bei der Grundwasser unter erhöhtem Druck aus größerer Tiefe an einer Störung nach oben steigt, wie das bei der Thermalquelle von Alhama de Almería der Fall ist, so lag der Quellaustritt nicht zwangsläufig am Rand der Ebene von Los Millares.

## Diskussion der Siretschen Aquäduktbeschreibung

60 Liest man die Siretsche Beschreibung<sup>63</sup> kritisch mit dem Hintergrund, dass östlich der Ebene von Los Millares die ›Travertin-Fazies‹ von Alhama de Almería aus metermächtigen Travertinen und Kalktuffen mit Einlagerungen toniger, gelblich-weißer und grauer Schluffe mit Süßwasserschnecken und Pflanzenresten besteht, so gibt es für das Vorhandensein der Kalktuffe<sup>64</sup> auf der Ebene von Los Millares plausiblere Erklärungsmöglichkeiten als die von Siret genannte. Einerseits können lose Steine des westlich anstehenden Travertins durch Erosionsprozesse aufgrund des Oberflächengefälles nach Osten gelangt sein, andererseits wurden die Kalktuffe eventuell abgebaut und als Baumaterial über die Ebene von Los Millares transportiert, denn Kalktuffe

---

61 Lazarich González 2003, 130–135; Kunst 2010, 123 f.

62 Grundwasserentnahmestelle Millares 3 in Abb. 14, Wasserspiegelmessung J. M. Alonso-Blanco.

63 Siret 1892, 164; Siret 1893a, 518 f.

64 Im Original: ›toba‹ (Siret 1892, 164; Siret 1893a, 518 f.).

entstehen nicht durch sekundäre Auflösungsprozesse, wie von Siret dargelegt (s. o.). Einen direkten Beweis für das Vorhandensein eines Aquädukts geben die von Siret beschriebenen Kalktuffe daher nicht. Auch bei den von ihm erwähnten Melanopsiden, die er als Aquäduktanzeiger sah, handelt es sich um Gastropoden, die seit der Oberen Kreidezeit existieren und in den westlich der Ebene von Los Millares anstehenden pleistozänen Travertinen massenhaft auftreten. Hinweise auf den Aquädukt geben nur die o. g. Kalksinter (Abb. 5), die Siret als »Belag aus Stalagmiten« definiert.

## 8 Mögliche Quellstandorte

61 Basierend auf den geologischen und hydrogeologischen Bedingungen und der Annahme, dass es sich bei dem Aquädukt um eine Freispiegelleitung handelte, bei der das Wasser in freiem Gefälle der Siedlung zulief, wurde die den Aquädukt speisende Quelle am Rand der Ebene von Los Millares gesucht. Es wurden insgesamt acht Aufschlüsse beprobt, bei denen Kalktuffe oder -sinter auf fließendes Wasser in der Vergangenheit hinweisen.

62 Nach langem Suchen konnten im Bereich des von Siret vermuteten Quellzulaufs tatsächlich Kalktuffe entdeckt werden (Abb 9; s. auch Abb. 3). Die Struktur der Karbonatausfällungen entsprach jedoch nicht jener am ca. 880 m weiter östlich gelegenen versinterten Mauerfundament.

63 Interessant war ein Aufschluss am oberen Ende der die Ebene von Los Millares im Westen begrenzenden Schlucht direkt unterhalb der Brücke (Abb. 15 a; s. auch Abb. 3). Er verwirrt durch eine ca. 37 cm breite Rinne jüngeren Alters mit glatter Wandung. Linksseitig ist eine moderne Wasserleitung DN 125 PE<sup>65</sup> verlegt, rechtsseitig befindet sich darin eine weitere, ca. 17 cm breite Rinne (Abb. 15 b. c). Diese wurde in Sinterkalke gehauen, welche in ihrer Struktur den Sintern der ca. 1,25 km ostnordöstlich liegenden Mauerfundamente von Los Millares entsprechen.

Abb. 15 Versinterungen der in der Kupferzeit zur Wasserversorgung von Los Millares genutzten Quelle: a Lage direkt unter der Straßenbrücke an der A-1075 nördlich der Kreuzung mit der AL-3411; b Detail mit Probenahmestellen, Blick von oben; c Detail, Blick von Osten.



## 9 Zusammenfassung der Ergebnisse der $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Untersuchungen zur Altersbestimmung<sup>66</sup>

64 Die Untersuchung von 17 der 57 über das Aquäduktfundament verteilten Sinterablagerungen auf ihre  $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Isotope erbrachte das Ergebnis, dass die Sinter in der frühen und mittleren Kupferzeit zwischen 3449 v. Chr. (+/- 92 Jahre) und 2591 v. Chr. (+/- 22 Jahre), d. h. im Zeitraum zwischen 3541 und 2569 v. Chr. entstanden sind<sup>67</sup>. Damit wurde der Nachweis für die wahrscheinlich älteste Wasserleitung auf der Iberischen Halbinsel erbracht.

65 Entgegen der Annahmen von Arribas u. a.<sup>68</sup> bestand die Wasserleitung allerdings schon während der ersten Bauphase von Los Millares in der frühen Kupferzeit. Vergleicht man die vorliegenden Altersuntersuchungen am Aquädukt mit den Radiokarbondatierungen von Molina González u. a.<sup>69</sup> aus dem Bereich der Befestigungsanlage, zweier befestigter Außenposten und eines Kuppelgrabs von Los Millares, welche zwischen 3285 v. Chr. und 2150 v. Chr. entstanden sind, so kann die bislang an diesen Radiokarbondatierungen festgemachte Gründung von Los Millares »en torno al 3200/3100 A. C.«<sup>70</sup> sogar um mindestens 150 Jahre vordatiert werden.

66 Die Tatsache, dass es Altersdaten der Sinter des Aquäduktfundaments nur aus der frühen und mittleren Kupferzeit, nicht jedoch aus der späten und Endkupferzeit gibt, deckt sich mit der freundlichen mündlichen Mitteilung von Molina González, dass sich über dem in den 1950er Jahren freigelegten, heute aber nicht mehr einsehbaren Aquäduktteil im Bereich der zweiten Befestigungsmauer kupferzeitliche Hausmauern befanden.

67 Während die Kalksinter und -tuffe in der Umgebung von Los Millares größtenteils mittel- bis jungpleistozänen Alters sind – das gilt auch für die Kalktuffe an dem von Siret markierten Quellstandort –, war die Untersuchung von Sintern am oberen Ende der die Ebene von Los Millares im Westen begrenzenden Schlucht erfolgreich. Aus hydrogeologischer Sicht war an dieser Stelle ein Quellaustritt zu erwarten; aufgrund gravierender Bodeneingriffe im Rahmen mehrfacher Straßen-/Brückenbaue bestand jedoch nur eine geringe Hoffnung, noch Hinweise auf einen kupferzeitlichen Quellaustritt zu finden. Sinterproben direkt vor und in einer in den Kalkstein gearbeiteten Rinne (Abb. 15) erbrachten jedoch die Alter 1832 v. Chr. (+/- 224 Jahre) und 1936 v. Chr. (+/- 233 Jahre) und passen damit zum Ende der Kupferzeit bzw. zum Beginn der Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel. Das älteste Datum dieser Sinterablagerungen, 2169 v. Chr., deckt sich mit dem für Los Millares bzw. für dessen Außenposten ‚Fortín 4‘ von Molina González publizierten jüngsten Datum von 2150 v. Chr.<sup>71</sup>. D. h. in diesem Quellbach ist nachweislich noch Wasser geflossen, als bzw. kurz nachdem Los Millares aufgelassen wurde. Das Artefakt, die in die Kalksinter geschlagene Rinne, ist allerdings, wie in Abb. 15 c gut erkennbar, wesentlich jüngeren Datums.

66 Eine umfassende Darstellung der Methode der  $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Untersuchungen, der Probenahmestellen und der Einzelergebnisse erfolgt in den »Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada« (Jakowski u. a. im Druck).

67 Die Datierung, d. h. die Vorbereitung und Messung der Sinterproben, wurde durch das Institut für Umweltphysik (IUP) der Universität Heidelberg, Arbeitsgruppe N. Frank, durchgeführt. Die Messungen erfolgten mittels induktiv gekoppelter Massenspektrometrie (MC-ICPMS). Damit können Alter von nur wenigen Jahren bis zu 500.000 Jahren bestimmt werden.

68 Arribas u. a. 1987, 260 Abb. 12.

69 Molina González u. a. 2004, 149 Tab. 3.

70 Molina González u. a. 2004, 152.

71 Molina González u. a. 2004, 149 Tab. 3: Fortín 4.

## 10 Isotopenuntersuchungen zur Herkunft des im Aquädukt beförderten Wassers

68 Auch wenn, wie oben gezeigt, an diesem Punkt nachweislich noch Wasser geflossen ist, als bzw. kurz nachdem Los Millares aufgelassen wurde, bedeutet das nicht zwangsläufig, dass das Wasser, welches den Aquädukt speiste, tatsächlich von dort gekommen sein muss.

69 Eine Spurenelementanalyse der Sinter und ein Vergleich der Parameter mit aktuellen Grund- und Thermalwasserproben kann jedoch Auskunft über den Ursprung des im Aquädukt beförderten Wassers geben. Hierüber gibt die Dissertation von Raghid Sabri am Institut für Geologie der TU Bergbauakademie Freiberg Aufschluss<sup>72</sup>. Neben  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Isotopen bieten sich hierfür  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotope an, da es bei diesen nicht zu einer temperaturbedingten Fraktionierung kommt<sup>73</sup>.

### Grundwasserproben

70 Um die Kalksinter des Aquäduktfundaments mit den verschiedenen Grundwasserkörpern in der Umgebung von Los Millares vergleichen zu können, wurde das Grundwasser beprobt, welches aus Richtung Westen dem Río Andarax bei Los Millares zuströmt (Abb. 14. 18):

71 Die Wasserprobe Millares 1 stammte aus dem ›Sondeo de Sillero‹, dem ca. 250 m tiefen Thermalwasserbrunnen von Alhama de Almería. Nachweisbar seit der Römerzeit verfügte der Ort über eine Thermalquelle, die jedoch während eines starken Erdbebens im Jahr 1522 versiegte. Die Thermalquelle befand sich 4,8 km westlich des in der Befestigungsanlage gelegenen Aquäduktabschnitts. Schon im 16. Jahrhundert wurde das Thermalwasser der Region wieder durch einen Stollen gefasst, den Mitte des 20. Jahrhunderts ein Bohrbrunnen ersetzte<sup>74</sup>. Das Thermalwasser, das heute mit 46° C an die Erdoberfläche kommt, kann in der Kupferzeit durchaus zur Wasserversorgung genutzt worden sein, nach María Desamparados Martínez San Pedro und Manuela García Pardo ist es aus bakteriologischer Sicht zum Trinken geeignet<sup>75</sup>.

72 Die Wasserprobe Millares 2 wurde am Überlauf eines Quellstollens in den pleistozänen Travertinen, der ›Fuente-Galería Cortijo Los Frailes‹, entnommen, welche 2,9 km westsüdwestlich des Aquädukts von Los Millares liegt und den oberflächennahen, plio-/pleistozänen Grundwasserleiter erschließt. Diese Art der Wassergewinnung war im 18./19. Jahrhundert weit verbreitet.

73 Die Wasserprobe Millares 3 wurde aus einem flachen, nur 18 m tiefen Brunnen in der ›Rambla de Huéchar‹, ca. 400 m südlich des Aquädukts, gezogen. Auch dieser Schachtbrunnen erschließt unter holozänen Ablagerungen den oberflächennahen, plio-/pleistozänen Grundwasserleiter.

74 Die Wasserprobe Millares 5 stammte aus dem Tiefbrunnen des Wasserwerks von Alhama de Almería, der ca. 1 km südwestlich von Alhama de Almería im ›Barranco del Pasillo‹, 6 km westsüdwestlich des Aquädukts von Los Millares, liegt. Der 250 m tiefe Brunnen steht in den triassischen Kalken und Dolomiten der Sierra de Gádor und fördert ein Mischwasser aus Thermal- und Neubildungswasser mit einer Entnahmetemperatur von ca. 28,9° C zutage<sup>76</sup>. Diese Wasserprobe vervollständigte die Bandbreite der grundwasserchemischen Parameter der Grundwasserleiter westlich von Los Millares, war jedoch als Vergleichsprobe für Los Millares ungeeignet.

72 Sabri 2016.

73 Sabri 2016, 30.

74 Martínez San Pedro – García Pardo 1997, *passim*.

75 Martínez San Pedro – García Pardo 1997, 544.

76 Temperatur vor Ort am 22.11.2018.

75 Die Wasserprobe Millares 6 entstammte dem 45 m tiefen Brunnen ›Pozo Balsa Cortés‹ 1,7 km westsüdwestlich des Aquädukts von Los Millares. Der Brunnen erschließt in der oberen Hälfte pleistozäne Travertine, welche im benachbarten Steinbruch abgebaut werden, und im Liegenden plio-/pleistozäne Konglomerate. Der Wasserspiegel lag zum Probenahmezeitpunkt in den plio-/pleistozänen Konglomeraten.

76 Die Wasserprobe Millares 7 wurde einem Quellschacht im ›Barranco de la Fuentecilla‹ entnommen, einer Schlucht jenseits der mit kupferzeitlichen Vorbefestigungen besetzten Höhen westnordwestlich von Los Millares. Die Quelle liegt 1,7 km westlich des Aquädukts von Los Millares und wird aus den plio-/pleistozänen klastischen Gesteinen gespeist.

## Ergebnisse

77 Insgesamt wurden die Isotopenverhältnisse von fünf Sinterproben – vier Proben aus dem Aquäduktfundament<sup>77</sup> und einer Probe endkupferzeitlichen Datums aus der die Ebene von Los Millares im Westen begrenzenden Schlucht<sup>78</sup> – mit den Isotopenverhältnissen der fünf o. g. Wasserproben verglichen. Eine Wasserprobe stammte aus dem Thermalwasserbrunnen von Alhama de Almería, die anderen vier aus dem oberflächennahen, plio-/pleistozänen Grundwasserleiter.

78 Wie der Abb. 16<sup>79</sup> zu entnehmen ist, sind die Isotopenverhältnisse von Strontium und Uran in den Sintern ähnlich und entsprechen am ehesten den Isotopenverhältnissen des Thermalwassers von Alhama de Almería (Millares 1) und des Brunnenwassers aus dem ›Pozo Balsa Cortés‹ (Millares 6). Dieser Brunnen liegt dem Aufschluss mit den endkupferzeitlichen Versinterungen am nächsten (Abb. 14).

79 Bei Auftrag des Strontiumisotopenverhältnisses gegen den reziproken Wert der Strontiumkonzentration (Abb. 17) ist noch besser erkennbar, dass die Strontium-isotopenverhältnisse in den Kalksintern von Los Millares und in der Schlucht westlich von Los Millares sehr ähnlich sind. Da ihre Strontiumisotopenverhältnisse zwischen denen der quartären Neubildungswässer und dem des Thermalwassers liegen, ist

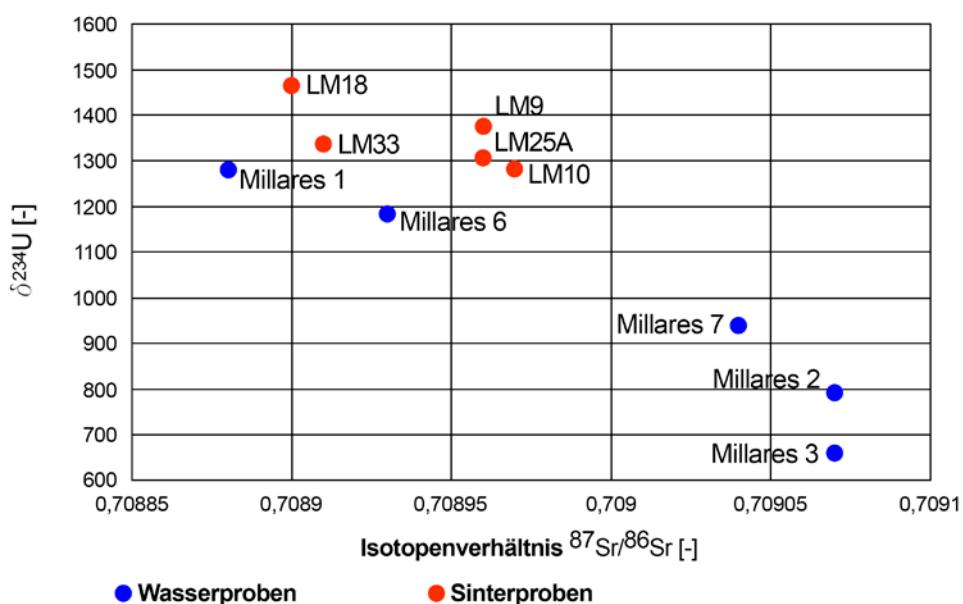


Abb. 16 Strontium - und Uranisotopenverhältnisse in den Sintern des Aquäduktfundaments sowie in verschiedenen Grundwässern im Untersuchungsgebiet.

77 Sinterproben LM9, LM10, LM25, LM33 (s. Jakowski u. a. im Druck). Die Proben wurden so ausgewählt, dass sich eine möglichst breite zeitliche Streuung über die frühe und mittlere Kupferzeit ergab.

78 Sinterprobe LM18 (s. Jakowski u. a. im Druck).

79 Das Uranisotopenverhältnis wird üblicherweise als Delta-Notation angegeben. Diese entspricht dem Aktivitätsverhältnis von  $^{234}\text{U}$  zu  $^{238}\text{U}$  minus 1, multipliziert mit 1.000.

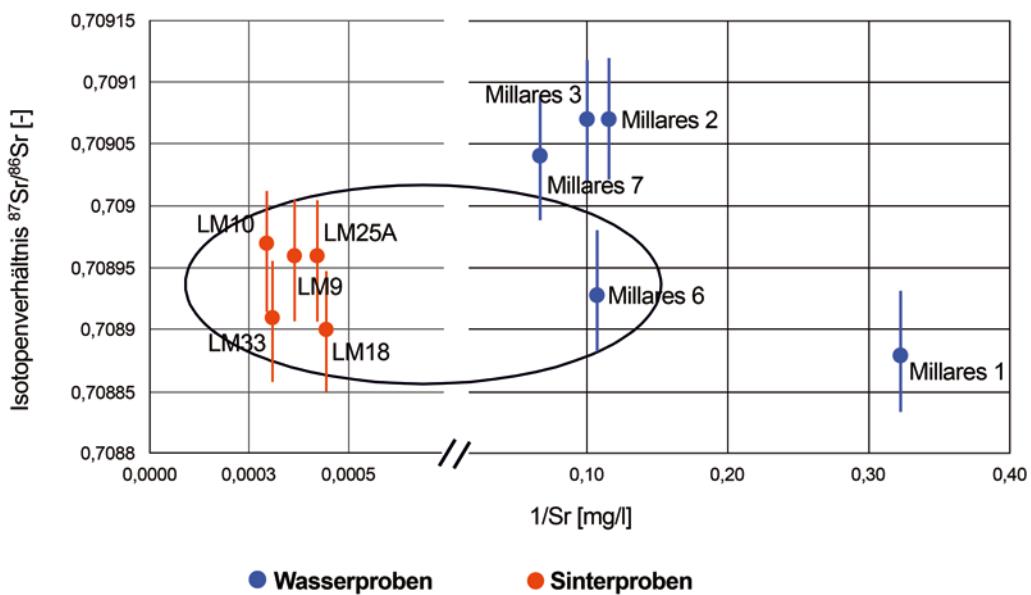


Abb. 17 Strontiumisotopenverhältnisse, aufgetragen gegen die reziproken Werte der Strontiumkonzentrationen in den Sintern des Aquäduktfundaments sowie in verschiedenen Grundwässern im Untersuchungsgebiet.

17

davon auszugehen, dass durch den Aquädukt von Los Millares ein Mischwasser aus Neubildungs- und Thermalwasser geleitet wurde.

80 Generell bestände die Möglichkeit, dass es in der Kupferzeit einen Quellwasseraustritt mit oberflächennahem Grundwasser und einen anderen mit Thermalwasser gab und dass in Abhängigkeit von den vorhandenen Quellschüttungen der Aquädukt mit dem einen oder anderen Wasser beschickt wurde. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass in der Kupferzeit unweit der Rinne am Ende der Schlucht ein gefasster Quellaustritt existierte, an dem ein Mischwasser aus oberflächennahem Neubildungswasser und Thermalwasser austrat, denn die Strontiumisotopenverhältnisse der kupferzeitlichen Sinter entsprechen am ehesten denen des Grundwassers aus dem ›Pozo Balsa Cortés‹ (Millares 6), der, wie in der Abb. 17 deutlich wird, ein Mischwasser aus quartärem, oberflächennahem Grundwasser und Thermalwasser erschließt<sup>80</sup>.

81 Zusammenfassend erbrachten die Isotopenuntersuchungen das Ergebnis, dass das Wasser, welches durch den Aquädukt von Los Millares floss, mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Gebiet um den ›Pozo Balsa Cortés‹ stammte und in der die Ebene von Los Millares im Westen begrenzenden Schlucht in einer Quelle ausgetreten ist. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die gesuchte Quelle der Wasserversorgung von Los Millares ein Mischwasser aus Thermal- und Neubildungswasser schüttete<sup>81</sup>.

## 11 Hinweise auf klimatische Veränderungen in der Kupferzeit

### Klima und Vegetation in Los Millares

82 Auf der Basis anthrakologischer, karpologischer, archäozoologischer und geoarchäologischer Untersuchungen beschreiben Molina González und Cámara Ser-

80 Eine einfache Mischungsberechnung des Thermalwassers (Millares 1) mit den oberflächennahen Grundwässern Millares 2, 3 und 7 zeigt, dass das Brunnenwasser des ›Pozo Balsa Cortés‹ (Millares 6) 70–75 % Thermalwasser und 25–30 % oberflächennahes Grundwasser enthält.

81 Die Verwendung von Thermalwasser als Trink- und Brauchwasser ist in Spanien nicht ungewöhnlich. Auch die moderne Wasserversorgung von Alhama de Almería beruht auf einem Tiefbrunnen, der ein Mischwasser aus Thermal- und Neubildungswasser mit einer Temperatur von 28,9° C zutage fördert (Millares 5, s. o.). Dabei handelt es sich allerdings um Neubildungswasser aus den triassischen Kalken und Dolomiten der Sierra de Gádor.

| Proben-name | Name<br>IGME-Nr.   | Fassungsart                                 | Höhe<br>[msnm] | Brunnen-<br>Tiefe [m] | GW-Spiegel<br>[m] u.<br>GOK* am | Wasser-<br>temperatur<br>[° C] | Durchfluss<br>[l/s] | Grundwasserleiter                                     |
|-------------|--|---|----------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|---|
| Millares 1  | Sondeo del Sillero   | Bohrbrunnen                                 | ca. 530        | 250                   | 119,88<br>21.06.2018            | 46**                           |                     | Trias, kalzitisch-<br>dolomitisch, Sierra<br>de Gádor |
| Millares 2  | Fuente-Galería<br>Cortijo Los Frailes/<br>2243-4-0113        | Quellstollen                                | ca. 386        |                       |                                 |                                | 1,2                 | Plio-/ pleistozäne<br>klastische Gesteine             |
| Millares 3  | Pozo Rambla de<br>Huéchar/<br>2343-1-0018                    | Schachtbrunnen                              | ca. 200        | 18                    | 14,3<br>29.06.2018              |                                | außer<br>Betrieb    | Plio-/ pleistozäne<br>Klastische Gesteine             |
| Millares 5  | Sondeo<br>abastecimiento<br>Alhama de Almería<br>2243-4-0135 | Bohrbrunnen                                 | 520            | 250                   |                                 | 28,9                           | 68.000              | Trias, kalzitisch-<br>dolomitisch,<br>Sierra de Gádor |
| Millares 6  | Pozo Balsa Cortés<br>2343-4-055                              | Schachtbrunnen<br>m. Horizontal-<br>stollen | ca. 345        | 45                    | 37<br>22.11.2018                | 17,7                           | ca. 3               | Plio-/ pleistozäne<br>klastische Gesteine             |
| Millares 7  | Barranco de la<br>Fuentecilla                                | Quellsammel-<br>schacht                     | ca. 300        |                       |                                 |                                | ca. 2               | Plio-/ pleistozäne<br>klastische Gesteine             |

18

rano für Los Millares im Neolithikum ein humideres Klima als heute, wobei es ab dem 4. Jahrtausend v. Chr. zu einer Verringerung der Niederschläge, zwischen 3300 und 2200 v. Chr. aber wieder zu einer ›relativen‹ Verbesserung kam<sup>82</sup>. Wichtig für die Höhe der Humidität in Los Millares war jedoch nicht nur der Niederschlag, sondern auch die Bodenbedeckung, welche ein rasches Austrocknen verhinderte. Nachgewiesen ist diese anhand von Untersuchungen von Flora und Fauna der Kupferzeit<sup>83</sup>. So wird dichter Pflanzenbewuchs z. B. durch das Vorhandensein von Kaninchenknochenfunden in der kupferzeitlichen Siedlung bestätigt. Während die Talaue des Río Andarax bis zu den Ufern nach antraktologischen Untersuchungen mit dichtem Laubwald, bestehend aus Erlen, Eschen, Pappeln, Tamarisken und Holunder, bewachsen war, gab es in den höheren Lagen (bis etwa 600 m über dem Meeresspiegel) einen dichten Bewuchs aus Leguminosen, Rosmarin, Heidekraut, Zistrosen, Mastixsträuchern und Eichen.

<sup>83</sup> Im Bereich der Befestigungsanlage von Los Millares und ihrer befestigten Außenposten 1 und 4 fanden sich nach Lucía Ruano Posada Reste folgender Kulturpflanzen: Getreide (*Hordeum vulgare*, *Hordeum vulgare nudum*, *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicoccum*), Leguminosen (*Pisum sativum*, *Vicia faba minor*), außerdem wilder Wein und wilde Oliven (*Olea europaea oleaster*), Eiche (*Quercus*) und Reste weiterer wilder Pflanzen (*Asphodelus* sp., *Bromus sterilis*)<sup>84</sup>. Gerade das Vorhandensein von wildem Wein bestätigt für Ruano Posada die Existenz zumindest humiderer Zonen, da diese Pflanzen eine erhöhte Feuchtigkeit benötigen<sup>85</sup>. Generell muss nach Ramón Pérez-Obiol u. a. die dichte Vegetation in Los Millares jedoch als lokales Phänomen angesehen werden, bedingt durch an dieser Stelle ausreichend vorhandenes Oberflächenwasser<sup>86</sup>.

<sup>84</sup> Nach Molina González u. a. deuten die Knochen von Wasserratten und Süßwasserschildkröten auf fließendes Wasser »zumindest im Río Andarax« hin<sup>87</sup>.

Abb. 18 Angaben zu den Entnahmestellen der Grundwasserproben. Alle Angaben außer zum Grundwasserspiegel und zur Wassertemperatur: InfoIGME.  
\* GOK = Geländeoberkante;  
\*\* Martínez San Pedro – García Pardo 1997, 543.

<sup>82</sup> Molina González – Cámara Serrano 2010, 61.

<sup>83</sup> Molina González u. a. 2004, 144–146; Molina González – Cámara Serrano 2005, 83–85.

<sup>84</sup> Ruano Posada 2014, 19.

<sup>85</sup> Ruano Posada 2014, 25.

<sup>86</sup> Pérez-Obiol u. a. 2011, 86.

<sup>87</sup> Molina González u. a. 2004, 145.

## Klimaanzeiger in den Sintern des Aquäduks

85 Sofern die Sinter dem Wasser einer an Neubildungsprozesse gekoppelten Quelle entstammen, lassen sich anhand der Isotopenzusammensetzung der stabilen Isotope  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  und  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  und auch anhand der Verhältnisse der Erdalkali-Ionen  $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Sr}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  gegebenenfalls Aussagen zum Paläoklima bzw. zu Temperatur und Verdunstung treffen<sup>88</sup>.

86 An den Sintern des Aquäduktfundaments von Los Millares sind entsprechende Untersuchungen jedoch nicht zielführend, da in diesem gemäß den oben beschriebenen  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - und  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ -Isotopenverhältnissen der Sinter ein Mischwasser aus Thermalwasser und Neubildungsgrundwasser floss. Während aus Niederschlag neugebildetes Grundwasser die zur Zeit der Neubildung durch Temperatur und Höhenlage bedingten  $^{16}\text{O}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Werte aufweist, die sich dann im Kalksinter niederschlagen, lassen die aus Thermalwasser gewonnenen Isotopenverhältnisse diese Rückschlüsse nicht zu. Auf Basis der neuen Erkenntnisse zum Ursprung des durch den Aquädukt von Los Millares geleiteten Wassers ist m. E. eine Interpretation zum Klima aus  $^{13}\text{C}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Werten, wie sie von Josefa Capel u. a.<sup>89</sup> vorgenommen wurde, nicht zulässig.

87 Klimainformationen können aus den untersuchten Sintern allerdings trotzdem gewonnen werden, gerade weil das nach Los Millares abgeleitete Wasser eine Thermalwasserkomponente enthielt. Aus hydrogeologischer Sicht stellen die kupferzeitlichen Sinter von Los Millares wegen ihres Thermalwasseranteils ein Klimaarchiv dar, wie nachfolgend erläutert wird:

88 Wie in Abb. 17 gut zu erkennen ist, hatte das Quellwasser am Ende der die Ebene von Los Millares begrenzenden Schlucht<sup>90</sup> einen höheren Thermalwasseranteil als das Wasser, welches durch die Abschnitte 2 und 3 des Aquäduktfundaments floss<sup>91</sup>. Die Sinter in der Schlucht wurden am Ende der Kupferzeit bzw. zu Beginn der Bronzezeit gebildet, als in Zentralspanien eine langanhaltende Dürre mit extremer Trockenheit auftrat<sup>92</sup>, die im Raum La Mancha, ca. 150–300 km nördlich von Los Millares, zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels und dem Versiegen der »überwiegenden Mehrheit der Quellen« führte<sup>93</sup>. Da sich klimatische Veränderungen als erstes auf das oberflächennahe Grundwasser auswirken, das am Wasserkreislauf teilnimmt, war eine prozentuale Erhöhung des Thermalwasseranteils des Quellwassers, einhergehend mit einer geringeren Grundwasserneubildung des oberflächennahen Wassers, zu erwarten. Bei Trockenheit wird weniger oberflächennahes Grundwasser neugebildet, die Schüttungen der Quellen, die nur Neubildungswasser führen, nehmen ab. Tiefenwässer werden von den klimatischen Bedingungen entweder überhaupt nicht oder sehr verzögert beeinflusst. Bei einer Quelle mit Thermalwasseranteil wird dieser daher bei Trockenheit prozentual zunehmen. So ist der erhöhte Thermalwasseranteil der Sinterablagerungen aus der Schlucht westlich von Los Millares ein weiterer Beleg für den >4,2 ka cal BP-Event<.

89 Entsprechend lassen sich mittels der Strontiumisotopen-Untersuchungen auch Klimaschwankungen in der frühen und mittleren Kupferzeit erkennen. Allerdings wurden diese bislang nur an vier Sinterproben durchgeführt. Für weitere Untersuchungen zum Klima anhand der Strontiumisotopen-Verhältnisse stehen jedoch 14 weitere altersdatierte und 40 nicht datierte Sinterproben des Aquäduktfundaments sowie eine weitere Sinterprobe aus der Schlucht westlich von Los Millares zur Verfügung.

88 Entsprechende Untersuchungen hat Emine Gül Sürmelihindi 2013 in ihrer Dissertation im Fach Geologie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz ausführlich dargestellt.

89 Capel u. a. 1998.

90 Sinterprobe LM18 (s. Jakowski u. a. im Druck).

91 Sinterproben LM9, LM10, LM25, LM33 (s. Jakowski u. a. im Druck).

92 López-Sáez u. a. 2014, 110 geben hierfür den Zeitraum 2350–1800 cal BC an.

93 Benítez de Lugo – Mejías Moreno 2014, 69.

## Ausblick

90 Aktuelle Forschungen von Schirrmacher u. a. an zwei marinen Bohrkernen aus dem Golf von Cádiz und dem Alborán-Meer zeichnen ein differenzierteres Bild des Klimas im Süden der Iberischen Halbinsel während der Kupfer- und frühen Bronzezeit<sup>94</sup>. Es konnten fünf Trockenperioden ausgewiesen werden: 5,4 (+/- 0,3) ka cal BP; 5,1–4,9 (+/- 0,1) ka cal BP; 4,8–4,7 (+/- 0,1) ka cal BP; 4,4–4,3 (+/- 0,1) ka cal BP; 3,7 (+/- 0,1) ka cal BP<sup>95</sup>. Der weltweit nachweisbare >4,2 ka cal BP-Event<sup>96</sup> stellte sich nach diesen Untersuchungen in Südspanien/-portugal als »eine kurze trockene Periode von etwa 4,4 bis 4,3 ka cal BP dar, gefolgt von einer schnellen Wende zu relativ feuchteren Bedingungen nach etwa 4,2 ka cal BP, welche ungefähr bis 3,8 ka cal BP dauerten«<sup>96</sup>.

91 In einer weiteren Studie haben Schirrmacher u. a. aus verschiedenen Datenbanken<sup>97</sup> eine Vielzahl von Klimaproxies der Iberischen Halbinsel zwischen 6 ka cal BP und 3 ka cal BP zusammengeführt und die Temperatur- und Niederschlagsänderungen mit der Zu- und Abnahme der anthropogenen Aktivitäten<sup>98</sup> verglichen. Neben der langfristigen Abnahme der Winterniederschläge und zunehmender Aridisierung in diesem Zeitraum konnte für den Südosten der Iberischen Halbinsel festgestellt werden, dass der >4,2 ka cal BP-Event<sup>96</sup> von kürzerer Dauer als bislang angenommen und vor allem auf die Sommermonate beschränkt war<sup>99</sup>. Schirrmacher u. a. verweisen abschließend auf die Notwendigkeit weiterer, vor allem präzise datierter und hochaufgelöster Paläoklimadaten<sup>100</sup>.

92 Mit den oben beschriebenen, noch ausstehenden <sup>230</sup>Th/U- und <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr-Untersuchungen aller Sinterproben des Aquädukts von Los Millares lassen sich entsprechende Daten für die frühe und mittlere Kupferzeit generieren. Eine entsprechende Studie ist in Vorbereitung.

## 12 Fazit

93 Anhand der oben beschriebenen Untersuchungen wurde der archäometrische Nachweis für die von Siret dargestellte Wasserleitung erbracht. Die Sinteranalysen decken die gesamte frühe und mittlere Kupferzeit ab. Die Siretsche Wasserleitung bestand schon während der ersten Bauphase von Los Millares, das sogar früher als bisher angenommen<sup>101</sup>, spätestens wohl um 3357 v. Chr. gegründet wurde.

94 Dass keine Sinter mehr aus der späten und Endkupferzeit vorliegen, deckt sich mit den Ausgrabungsergebnissen, denn in einem Schnitt nördlich der heute noch sichtbaren Aquäduktfundamente wurden im Hangenden der Aquäduktfundamente kupferzeitliche Hausmauern freigelegt. 800 Jahre nach seinem Bau wurde der Aquädukt wohl verlegt und wahrscheinlich auch besser abgedichtet.

95 Sinterablagerungen etwa 1,25 km westsüdwestlich des Aquäduktabschnitts 2 in einer die Ebene von Los Millares im Westen begrenzenden Schlucht sind zwischen

94 An den Bohrkernen wurden Radiokarbon-Untersuchungen zur Altersbestimmung durchgeführt, außerdem organisch-chemische Analysen terrestrisch entstandener n-Alkane als Indikatoren für feuchtere bzw. trockenere Klimabedingungen. Anhand der organisch-chemischen Analyse von Alkenonen und mikropaläontologischer Foraminiferenbestimmungen wurden außerdem Meerwassertemperatur und marine Primärproduktivität ermittelt (Schirrmacher u. a. 2019, 619–621).

95 Schirrmacher u. a. 2019, 625.

96 Schirrmacher u. a. 2019, 627.

97 SISAL, PANGAEA WDC-Mare, NOAA, European Pollen Database (Schirrmacher u. a. 2020, 5).

98 Abgeleitet von <sup>14</sup>C-Daten der Siedlungen.

99 Schirrmacher u. a. 2020, 12.

100 Schirrmacher u. a. 2020, 13.

101 Gründung von Los Millares gem. Molina González u. a. 2004, 152 sowie Molina González – Cámara Serrano 2005 (hintere Umschlagklappe): ca. 3200/3100 v. Chr.

2169 v. Chr. bis 1608 v. Chr. und damit im besten Fall noch während des Bestehens oder kurz nach dem Auflassen der Befestigungsanlage von Los Millares entstanden. Ein Zusammenhang dieser Sinter mit den Sintern in Los Millares konnte anhand der ähnlichen Strontiumisotopenverhältnisse nachgewiesen werden. In diesem Quellbach ist am Übergang der Kupfer- zur Bronzezeit noch Wasser aus derselben Quelle geflossen, welche den Aquädukt von Los Millares speiste. Die Lage der damaligen Quelle wird aus hydrogeologischen Erwägungen nur wenige Meter südwestlich des Probenahmepunkts vermutet. Die Quellfassung und dazugehörende Artefakte sind jedoch vermutlich spätestens dem modernen Straßen- bzw. Brückenbau zum Opfer gefallen, bei dem es zu mehrfachen und umfangreichen Baumaßnahmen mit Straßenverlegungen kam<sup>102</sup>.

96 Die Verlegung einer Freispiegelleitung zwischen der Schlucht und der Befestigungsanlage war aufgrund des vorhandenen Gefälles hydraulisch möglich (s. Abb. 3). Trotz umfangreicher Geländebegehungen konnte hierauf jedoch kein Hinweis mehr gefunden werden.

97 Anhand der Untersuchung der Isotopenverhältnisse von Strontium und Uran in den infrage kommenden Grundwasserkörpern sowie den Sinterproben des Aquädukts und aus der Schlucht 1,25 km westlich von Los Millares konnte weiterhin nachgewiesen werden, dass das Wasser, welches durch den Aquädukt von Los Millares floss, aus dem Gebiet um den ›Pozo Balsa Cortés‹ stammte und dass die gesuchte Quelle der Wasserversorgung von Los Millares ein Mischwasser aus Thermal- und oberflächennahem Grundwasser schüttete. Dies erklärt auch, wieso die Quelle im Bereich des Aufschlusses F trotz der extremen Trockenheit aufgrund des ›4,2 ka cal BP-Event‹ zu Beginn der Bronzezeit noch nicht versiegte war, denn die klimatischen Veränderungen bewirkten eine verringerte Grundwasserneubildung des oberflächennahen, nicht jedoch – oder zumindest nicht so schnell – des Thermalwassers. Das stimmt mit der Beobachtung überein, dass der Anteil an Thermalwasser (Millares 1) im Sinter des Quellbachs am Ende der Schlucht etwas höher als in den Sintern der Abschnitte 2 und 3 des Aquädukts war. Dieser Argumentation folgend stellen die entnommenen Sinterproben von Los Millares ein Klimaarchiv der frühen und mittleren Kupferzeit dar. Hierzu ist eine weitere Studie in Vorbereitung.

98 Da das Wasser der Quelle von Los Millares einen hohen Thermalwasseranteil aufwies, handelte es sich wahrscheinlich um eine starke und relativ gleichmäßig schüttende Quelle. Über die Wassermenge, die zu Beginn der Bronzezeit an dieser Stelle noch abgeflossen ist, kann anhand der Isotopenuntersuchungen nichts ausgesagt werden. Trotzdem scheint trotz der größeren Trockenheit letztlich nicht Wassermangel auf dem Bergsporn zum endgültigen Auflassen der Befestigungsanlage von Los Millares geführt zu haben.

## 13 Würdigung der Entdeckung Louis Sirets

99 Vergleicht man die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen mit den Aussagen und Darstellungen Sirets zur Wasserversorgung von Los Millares, so fanden diese durch die aktuelle archäologische Aufnahme und hydrogeologische Kartierung sowie die durchgeführten archäometrischen Untersuchungen zwar nicht in den Details, jedoch grundsätzlich Bestätigung:

Der zentrale Aquäduktteil im Innern der Siedlung zwischen der ersten und zweiten Mauer, schon in den Zeichnungen von Siret dargestellt, ist aufgrund der Altersdat-

---

102 Vgl. die topografischen Karten der Jahre 1896 und 2016 (MTN25 1896; MTN25\_1044-II 2016).

ierungen der Sinterproben des Mauerfundaments eindeutig der frühen und mittleren Kupferzeit zuzurechnen.

Die von Siret eingetragene, etwa 1 km von der Siedlung entfernte, zu Sirets Zeiten versiegte Quelle (s. Abb. 1. 2) konnte an dieser Stelle nicht nachgewiesen werden. Altersuntersuchungen an anstehenden Kalktuffen in direkter Nähe ergaben ein mittelpleistozänes Alter. Trotzdem waren die Siretschen Überlegungen nicht grundsätzlich falsch, nur lag die Quelle nicht, wie von ihm vermutet, auf der Hochfläche, sondern 400 m weiter südwestlich am oberen Ende der westlich anschließenden Schlucht. Siret hielt anscheinend die pleistozänen Travertine mit den auffälligen Pflanzenabdrücken westlich von Los Millares für wesentlich jünger. Daher deutete er den der Siedlung nächstliegenden Ausbiss der ‚Travertin-Fazies‘ als den Quellbereich, aus dem der Aquädukt gespeist wurde. Falls Siret hier tatsächlich Hinweise auf einen Aquäduktabschnitt gefunden hatte, so sind diese heute den umfangreichen Straßenbaumaßnahmen zum Opfer gefallen. Dass in diesem Bereich in der Kupferzeit tatsächlich eine Quelle existierte, kann jedoch, basierend auf den vorliegenden Untersuchungen, aus hydrogeologischer Sicht ausgeschlossen werden.

In seinen Zeichnungen hat Siret den Aquäduktverlauf zwischen der Siedlung und dem von ihm angenommenen Quellaustritt teils mit einer gestrichelten Linie als vermutet, teils mit einer durchgezogenen Linie als gesichert eingetragen. Bei den mit einer durchgezogenen Linie markierten Abschnitten des Aquädukts handelt es sich um auffällige Steinbänke, auf welchen die Wasserleitung durchaus verlegt worden sein kann. Sie wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit kartiert und in Abb. 3 dargestellt. Allerdings konnten dort keinerlei Hinweise auf fließendes Wasser in Form von Sintern gefunden werden. Die von Siret als Indikatoren der Wasserleitung genannten »Kalktufffragmente« und »Molluskenschalen, vor allem Melanopsiden« sind definitiv pleistozänen Alters und nicht durch Verwitterung des kupferzeitlichen Aquädukts entstanden.

Der vermutete Verlauf des Siretschen Aquädukts folgt den morphologischen Gegebenheiten. Soweit er von der Siedlung über die o. g. Steinbänke und zwischen den Tholoi nördlich des heutigen Besucherzentrums verläuft, wird sein Verlauf für plausibel gehalten. Erst dort, wo er nach Nordwesten abbiegt, ist sein Verlauf aufgrund der neuen Erkenntnisse in Frage zu stellen. Hier muss der Aquädukt stattdessen weiter nach Westen bis zu dem oben erwähnten Quellaustritt verlaufen sein (s. Abb. 3). Ein Beweis für den Aquäduktverlauf ließ sich trotz intensiver Geländebegehungen allerdings nirgends finden, moderne Straßenbaumaßnahmen mit Aufschüttungen des Straßendamms haben die Morphologie verändert.

Innerhalb und am Rand der Siedlung wurden während der Ausgrabungen der Universität Granada in den 1980er Jahren mehrere Wasserspeicher freigelegt. In dem von Siret angeführten »großen Speicher«, einem 30 m langen und 20 m breiten, mit einem Überlauf versehenen Becken innerhalb der Zitadelle wurde jedoch bislang nicht ausgegraben. Die Annahme Sirets, dass es Teil der örtlichen Wasserversorgung war, ist jedoch plausibel, denn wenn fließendes Wasser in die Siedlung geleitet wurde, muss es irgendwo – am besten an der tiefsten Stelle und am anderen Ende der Siedlung – gesammelt worden und abgelaufen sein.

Über die Bauweise der Wasserleitung ist nichts bekannt, weder aus welchem Material sie gebaut noch ob sie offen oder zum Schutz vor Sonneneinstrahlung und Schmutzeintrag abgedeckt war. Siret beschreibt, dass der Aquädukt »mittels Steinen und Erde« gebaut bzw. dass »Rinnen in das Relief geschlagen worden« waren. Dies ist plausibel, konnte jedoch nirgendwo mehr nachgewiesen werden. Die einzige Aussage, die anhand des Befunds der Abschnitte 2 und 3 innerhalb der Siedlung klar getroffen werden kann, ist, dass die Wasserleitung dort über Jahrhunderte undicht war, so dass dort Rinnenale von Wasser fließen und es zu Versinterungen kommen

konnte. Als Erklärung hierfür kommt entweder in Frage, dass geeignete Abdichtungsmaterialien nicht verfügbar waren. Allerdings finden sich in der Umgebung von Los Millares durchaus tonige und schluffige Sedimente, so dass eine Abdichtung mit Ton, in Verbindung mit Moosen oder anderen pflanzlichen Materialien, sicher möglich war. Oder aber es stand so viel Wasser zur Verfügung, dass es keine Rolle spielte, ob die Wasserleitung Undichtigkeiten aufwies. Dies ist m. E. die wahrscheinlichere Erklärung, denn da das Quellwasser nach den vorliegenden Untersuchungen einen Thermalwasseranteil aufwies, ist davon auszugehen, dass es sich um eine starke und übers Jahr relativ gleichmäßig schüttende Quelle handelte.

100 Generell muss die sorgfältige Aufnahme und genaue Beobachtungsgabe Sirets herausgestellt werden. Das Erkennen ehemals fließenden/tropfenden Wassers anhand von Versinterungen war sicher ebenso wie seine hervorragenden Vermessungskenntnisse dem Umstand geschuldet, dass er von Haus aus Bergbauingenieur war. Seine geodätische Aufnahme der Ebene von Los Millares am Ende des vorletzten Jahrhunderts war so exakt, dass heute die Georeferenzierung seiner Zeichnungen erfolgreich durchgeführt werden konnte und es nur an den Rändern der Zeichnungen zu Verzerrungen bzw. Abweichungen kam (Abb. 2).

## Danksagung – Agradecimientos

101 Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen der Magisterarbeit durchgeführt, welche ich im April 2019 am Institut für Archäologische Wissenschaften, Abteilung Vor- und Frühgeschichte der Johann Wolfgang Goethe Universität in Frankfurt am Main eingereicht habe. Ich danke Michael Kunst herzlich für das interessante Thema, für die Betreuung der Arbeit, für seine Vermittlung und Unterstützung bei den spanischen Behörden und der Universität Granada sowie bei der Publikation der Ergebnisse. Ebenso herzlich danke ich Rüdiger Krause für seinen steten Rat und die Beantragung der notwendigen Finanzmittel.

102 Dank der finanziellen Unterstützung des Projekts »Das Aquädukt von Los Millares – Untersuchungen zur Wasserversorgung einer kupferzeitlichen Befestigung im Südosten der iberischen Halbinsel« (DFG Kennnr: KR 2150/32-1) durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) konnten die umfangreichen, für die Arbeit notwendigen Untersuchungen und Analysen durchgeführt werden: Die Altersbestimmungen der Befunde wurden vom Institut für Umweltphysik der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg im Labor von Norbert Frank durch Andrea Schröder-Ritzrau und René Eichstädtner durchgeführt, die weiteren Wasser- und Gesteinsanalysen von der Fa. Hydroisotop GmbH, Schweitenkirchen (Gesine Lorenz). Außerdem konnte Doris Schäffler, Karlsruhe, die Vermessungen und die 3D-Fotogrammetrie professionell durchführen und zeichnerisch umsetzen. Bei ihnen bedanke ich mich herzlich für ihre Unterstützung.

103 Fernando Molina González, Institut für Vorgeschichte und Archäologie der Universität Granada (Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada), danke ich für die Möglichkeit, in Los Millares und in seinem Projekt mitarbeiten zu dürfen. Auch Francisco Carrión Méndez und Gabriel Martínez Fernández, ebenfalls Institut für Vorgeschichte und Archäologie der Universität Granada, sowie Ángela Suárez Márquez, Abteilung für Museen und historische Ensembles (Departamento Museos y Conjuntos Culturales), und Miguel Ángel Fernández López, Abteilung zum Schutz des Historischen Erbes an der Regierung von Andalusien (Dpto. de Protección del Patrimonio Histórico de la Junta de Andalucía), möchte ich für die Unterstützung meiner Forschungen danken.

104 Ein großer Dank geht an den Koordinator der archäologischen Fundstätte von Los Millares, Martín Haro Navarro, und den Geologen José Miguel Alonso Blanco

von Ofitec 2011; ohne ihre Einführung und stete Hilfe hätte ich mich nicht so schnell in das Thema einarbeiten können.

105 Ein besonderer Dank gebührt der Direktorin des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Madrid, Dirce Marzoli, und allen Mitarbeitern für die großzügige Unterstützung meiner Recherchen in der hervorragenden Bibliothek und für die freundliche Aufnahme im Kolleg im Frühjahr der Jahre 2017 und 2019.

106 Los presentes estudios se llevaron a cabo como parte de la tesina que presenté en abril de 2019 en el Departamento de Prehistoria y Protohistoria de la Facultad de Ciencias Arqueológicas de la Universidad de Frankfurt/Main, Alemania. Desde aquí subrayo mis más sincero agradecimiento a Michael Kunst por el interesante tema, por la supervisión del trabajo, por su mediación con las autoridades españolas y la Universidad de Granada y por su ayuda para publicar los resultados. También me gustaría dar las gracias a Rüdiger Krause por sus constantes consejos y por solicitar los fondos financieros necesarios.

107 Gracias al apoyo financiero de la Fundación de Investigación Alemana (DFG), se pudieron llevar a cabo las extensas investigaciones y análisis que requería el trabajo: Andrea Schröder-Ritzrau y René Eichstädtter realizaron el cálculo de la edad de las muestras en el laboratorio del Norbert Frank del Instituto de Física Ambiental de la Universidad de Heidelberg, los otros análisis del agua y de las rocas corrieron a cargo de la empresa Hydroisotop de Schweitenkirchen (Gesine Lorenz). Por su parte Doris Schäffler, Karlsruhe, realizó las mediciones y la fotogrametría 3D de forma profesional y las implementó gráficamente. También me gustaría agradecer calurosamente su apoyo.

108 Deseo agradecer de manera especial a Fernando Molina González de la Universidad de Granada su generosidad al haberme permitido colaborar en Los Millares y en su propio proyecto. Muchas gracias igualmente a los profesores Francisco Carrión Méndez y Gabriel Martínez Fernández del Dpto. de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada, a Ángela Suárez Márquez, jefa del Dpto. de Museos y Conjuntos, y a Miguel Ángel Fernández López, arqueólogo inspector del Dpto. de Protección del Patrimonio Histórico de la Junta de Andalucía, por su apoyo a mi investigación.

109 Asimismo, deseo expresar mi gratitud al coordinador del enclave arqueológico de Los Millares, Martín Haro Navarro, y al geólogo José Miguel Alonso Blanco de Ofitec 2011; sin su orientación y gran ayuda no me hubiera podido integrar con tanta rapidez en este tema.

110 Un agradecimiento muy especial merecen la directora del departamento de Madrid del Instituto Arqueológico Alemán, Dirce Marzoli, y todos los colaboradores del centro por su generoso apoyo a mis investigaciones en la extraordinaria biblioteca y las agradables estancias en la residencia en la primavera de 2017 y 2019.

## Bibliographie

- Almagro Basch – Arribas 1963** M. Almagro Basch – A. Arribas Palau, El poblado y la necrópolis megalíticos de Los Millares, *Bibliotheca praehistorica Hispana* 3 (Madrid 1963)
- Arribas – Molina González 1982** A. Arribas Palau – F. Molina González, Los Millares. Neue Ausgrabungen in der kupferzeitlichen Siedlung (1978–1981), *MM* 23, 1982, 9–32
- Arribas u. a. 1979** A. Arribas – F. Molina – L. Sáez – F. De la Torre – P. Aguayo – T. Nájera, Excavaciones en Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería). Campañas de 1978 y 1979, *CuadGranada* 4, 1979, 61–96
- Arribas u. a. 1981** A. Arribas – F. Molina – L. Sáez – F. De la Torre – P. Aguayo – T. Nájera, Excavaciones en Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería). Campaña de 1981, *CuadGranada* 6, 1981, 91–121
- Arribas u. a. 1983** A. Arribas – F. Molina – L. Sáez – F. De la Torre – P. Aguayo – A. Bravo – A. Suárez, Excavaciones en Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería). Campañas de 1982 y 1983, *CuadGranada* 8 1983, 123–147
- Arribas u. a. 1987** A. Arribas – F. Molina – F. Carrión – F. Contreras – G. Martínez – A. Ramos – L. Sáez – F. De la Torre – I. Blanco – J. Martínez, Informe preliminar de los resultados obtenidos durante la VI campaña de excavaciones en el poblado de Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería), 1985, *AnArqAnd* 1987/II, 245–262
- Benítez de Lugo – Mejías Moreno 2014** L. Benítez de Lugo – M. Mejías Moreno, Los primeros poblados prehistóricos en el entorno de Daimiel. Las motillas de La Mancha, in: M. Mejías (Hrsg.), *Las Tablas y los Ojos del Guadiana. Agua, paisaje y gente* (Madrid 2014) 67–102
- Cámarra Serrano – Molina González 2010** J. A. Cámarra Serrano – F. Molina González, 2. Los Millares, in: *Río Andarax I. El río y sus pobladores* (Sevilla 2010) 16–23 <[https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal\\_web/agencia\\_andaluza\\_del\\_agua/participacion/publicaciones/rio\\_andarax.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/agencia_andaluza_del_agua/participacion/publicaciones/rio_andarax.pdf)>
- Capel u. a. 1998** J. Capel – E. Reyes – A. Delgado – R. Nunez – F. Molina, Palaeoclimatic Identification Based on an Isotope Study of Travertine from the Copper Age Site at Los Millares, South-eastern Spain, *Archaeometry* 40, 1, 1998, 177–185
- Döring 2012** M. Döring, Wasser für die Dekapolis. Jordanisches Bergland birgt längsten bisher bekannten Aquädukttunnel. Ein Zwischenbericht, in: F. Klimscha – R. Eichmann – C. Schuler – H. Fahlbusch (Hrsg.), *Wasserwirtschaftliche Innovationen im archäologischen Kontext. Von den prähistorischen Anfängen bis zu den Metropolen der Antike*, ForschungsCluster 2. Innovationen: technisch, sozial = MKT 5 (Rahden/Westf. 2012) 225–243
- Goy u. a. 2003** J. L. Goy – C. Zazo – C. J. Dabrio, A Beach-ridge Progradation Complex Reflecting Periodical Sea-level and Climate Variability during the Holocene (Gulf of Almería, Western Mediterranean), *Geomorphology* 50, 2003, 251–268
- Haro Navarro 2011** M. Haro Navarro, La puesta en valor de yacimientos arqueológicos de la prehistoria reciente en el sur de la Península Ibérica (Tesis doctoral Granada 2011)
- Hoffmann 1988** G. Hoffmann, Holozänstratigraphie und Küstenlinienverlagerung an der andalusischen Mittelmeerküste, Bericht aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen 2 (Bremen 1988)
- InfoIGME** Base de datos de Puntos de Agua © Instituto Geológico y Minero de España (IGME), <[info.igme.es/bdaguas](http://info.igme.es/bdaguas)> (03.05.2018)
- IGME 1978a** Instituto Geológico y Minero de España, *Mapa Geológico de España*, M. 1 : 50.000, Hoja nº 1044 Alhama de Almería (1978)
- IGME 1978b** Instituto Geológico y Minero de España, *Mapa Geológico de España*, M. 1 : 50.000, Hoja nº 1045 Almería (1978)
- IGME 1986** Instituto Geológico y Minero de España, *Mapa Hidrogeológico de España*, Hoja I. Mapa Basico, Almería-Garrucha. 84–85, M. 1 : 200 (1986)
- Jakowski u. a. im Druck** A. E. Jakowski – A. Schröder-Ritzrau – N. Frank – J. M. Alonso Blanco, El acueducto de Los Millares. Descripción y nuevas investigaciones, *CuadGranada* 31 (im Druck)
- Kunst 2001** M. Kunst, Die Kupferzeit auf der Iberischen Halbinsel, in: M. Blech – M. Koch – M. Kunst, *Denkmäler der Frühzeit, Hispania Antigua* (Mainz 2001) 67–99. 481–486. 528–545
- Kunst 2010** M. Kunst, Kupferzeit und Umwelteinflüsse. Überlegungen zum 4. und 3. Jahrtausend v. Chr. auf der Iberischen Halbinsel, in: T. Armbrüster – M. Hegewisch, Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte der Iberischen Halbinsel und Mitteleuropas. Studien in honorem Philine Kalb, *Studien zur Archäologie Europas* 11 (Bonn 2010) 111–129
- Kunst 2017** M. Kunst, Edward Sangmeister (1916–2016). Ein Nachruf auf den ersten Prähistoriker am DAI Madrid, *MM* 58, 2017, 418–472
- Lazarich González 2003** M. Lazarich González, El Jadramil (Arcos de la Frontera). Estudio arqueológico de un asentamiento agrícola en la campiña gaditana (Arcos de la Frontera 2003)
- Leisner – Leisner 1943** G. Leisner – V. Leisner, Die Megalithgräber der Iberischen Halbinsel 1. Der Süden, *RGF* 17 (Berlin 1943) <<https://zenon.dainst.org/Record/002005458>>
- López-Sáez u. a. 2014** J. A. López-Sáez – D. Abel-Schaad – S. Pérez-Díaz – A. Blanco-González – F. Alba-Sánchez – M. Dorado – B. Ruiz-Zapata – M. J. Gil-García – C. Gómez-González – F. Franco-Múgica, *Vegetation History, Climate and Human Impact in the Spanish Central System over the Last 9000 Years*, *Quaternary International* 353, 2014, 98–122
- Lozano Rodríguez u. a. 2010** J. A. Lozano Rodríguez – F. Carrón Méndez – A. Morgado Rodríguez – D. García González – J. A. Afonso Marrero – G. Martínez Fernández – F. Molina González – J. A. Cámarra Serrano, Materias primas, productos líticos y circulación. Informe Preliminar del estudio de los ajuares de la

- necrópolis de Los Millares (Santa Fe de Mondújar, Almería), in: S. Domínguez-Bella – J. Ramos – J. M. Gutiérrez – M. Pérez (Hrsg.), *Minerales y rocas en las sociedades prehistóricas* (Cádiz 2010)
- Martínez Fernández – Afonso Marrero 2003** G. Martínez Fernández – J. A. Afonso Marrero, Formas de disolución de los sistemas sociales comunitarios en la Prehistoria reciente del Sureste de la Península Ibérica, *RAtlMed* 6, 2003, 83–114
- Martínez San Pedro – García Pardo 1997** M. D. Martínez San Pedro – M. García Pardo, Notas sobre los baños de Alhama de Almería, in: M. J. Peréz (Hrsg.), *Termalismo Antiguo. I Congreso Penínsular. Actas. Arnedillo (La Rioja), 3–5 octubre 1996* (Madrid 1997) 541–544
- Molina González 1989** F. Molina González, Proyecto Millares (los inicios de la metalurgia y el desarrollo de las comunidades del sudeste de la Península Ibérica durante la Edad de Cobre), *AnArqAnd* 1989/II, 211–213
- Molina González – Cámará Serrano 2005** F. Molina González – J. A. Cámará Serrano, Los Millares, Guía del yacimiento arqueológico 3 (Sevilla 2005)
- Molina González – Cámará Serrano 2010** F. Molina González – J. A. Cámará Serrano, Los Millares y su dominio sobre el valle de Andarax, *Revista PH* 73, 2010, 60–65
- Molina González u. a. 1986** F. Molina González – F. Contreras Cortés – V. Mérida González – A. Ramos Millán – F. Ortiz Risco – V. Ruiz Sánchez, Programa de recuperación del registro arqueológico del Fortín I de los Millares. Análisis preliminar de la organización del espacio, *Arqueología Espacial* 8, 1986, 175–201
- Molina González u. a. 2004** F. Molina González – J. A. Cámará Serrano – J. Capel Martínez – T. Nájera Colino – L. Sáez Pérez, Los Millares y la periodización de la Prehistoria reciente del Sureste, in: II y III Simposios de Prehistoria Cueva de Nerja 1998 y 2000 (Nerja 2004) 142–158
- MTN25 1896** Instituto Geográfico y Estadístico, Mapa Topográfico M. 1 : 25.000 Término municipal de de Santá Fé de Mondújar, Hoja 1<sup>a</sup> (1896)
- MTN25\_1044-II 2016** Instituto Geográfico Nacional, Mapa Topográfico M. 1 : 25.000 1044-II Alhama de Almería <sup>3</sup>(2016)
- Pérez-Obiol u. a. 2011** R. Pérez-Obiol – G. Jalut – R. Julià – A. Pèlachs – M. José Iriarte – Th. Otto – B. Hernández-Beloqui, Mid-Holocene Vegetation and Climatic History of the Iberian Peninsula, *The Holocene* 21, 1, 2011, 75–93
- Pulido Bosch u. a. 2008** A. Pulido Bosch – J. M. Calafolla – L. Molina – F. Sánchez Martos – A. Vallejos – J. Gisbert – M. L. Calvache – M. López Chicano – W. Martín Rosales – J. J. Moreno Balcázar – B. Van Wesemael – L. Daniele – M. A. Díaz Puga, Caracterización hidrogeológica de acuíferos kársticos en regiones semiáridas. El caso del macrosistema Turón-Sierra de Gádor, *Geotemas* 10, 2008, 1581–1584
- Ruano Posada 2014** L. Ruano Posada, Análisis de los restos vegetales y faunísticos en el yacimiento arqueológico de Los Millares (Almería, España) y su relación con la subsistencia de los grupos humanos, *Revista Historia Autónoma* 4, 2014, 13–31
- Sabri 2016** R. N. R. Sabri, *Geochemical and Isotope Investigations of Carbonate Sinter. 2000 Years of Water Supply Management in Palestine*, Freiberg Online Geoscience (FOG) 47, 2016 <[https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/institut-fuer-geologie-718/pdf/fog\\_volume\\_47.pdf](https://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/institut-fuer-geologie-718/pdf/fog_volume_47.pdf)>
- Sánchez Martos u. a. 2004** F. Sánchez Martos – A. Pulido Bosch – A. Vallejos – L. Molina – J. Gisbert, Rasgos hidrogeoquímicos de las aguas termales en los acuíferos carbonatados del Bajo Andarax (Almería), *Geogaceta* 35, 2004, 171–174
- Schirrmacher u. a. 2019** J. Schirrmacher – M. Weinelt – Th. Blanz – N. Andersen – E. Salgueiro – R. R. Schneider, Multi-decadal Atmospheric and Marine Climate Variability in Southern Iberia during the Mid- to late-Holocene, *Clim. Past* 15, 2019, 617–634
- Schirrmacher u. a. 2020** J. Schirrmacher – J. Kneisel – D. Knitter – W. Hamer – M. Hinz – R. R. Schneider – M. Weinelt, Spatial Patterns of Temperature, Precipitation and Settlement Dynamics on the Iberian Peninsula during the Chalcolithic and the Bronze Age, *Quaternary Science Review* 233, 2020, 1–17
- Schüle 1967** W. Schüle, Feldbewässerung in Alt-Europa, *MM* 8, 1967, 79–99
- Schüle 1980** W. Schüle, Orce und Galera. Zwei Siedlungen aus dem 3. bis 1. Jahrtausend v. Chr. im Südosten der Iberischen Halbinsel 1. Übersicht über die Ausgrabungen 1962–1970 (Mainz 1980)
- Siret 1892** L. Siret, Investigaciones prehistóricas en España, in: L. Siret – E. Siret – J. Grima Cervantes, *Del Neolítico al Bronce (Compendio de estudios)*, Colección Siret de Arqueología 6 (Almería 1999) 157–171
- Siret 1893a** M. L. Siret, *L'Espagne Préhistorique, Revue des Questions Scientifiques (Deuxième Série)* 4, 1893, 489–562
- Siret 1893b** L. Siret, *España Prehistórica*, in: L. Siret – E. Siret – J. Grima Cervantes, *Del Neolítico al Bronce (Compendio de estudios)*, Colección Siret de Arqueología 6 (Almería 1999) 183–238
- Sürmelihindi 2013** E. G. Sürmelihindi, Roman Aqueducts and Calcareous Sinter Deposits, <<https://publications.ub.uni-mainz.de/theses/volltexte/2013/3502/pdf/3502.pdf>> (05.03.2019)

## ZUSAMMENFASSUNG

### Wasserversorgung im 4. und 3. Jahrtausend v. Chr. in Andalusien. Der Aquädukt von Los Millares und daraus ableitbare Hinweise auf Klimaschwankungen

Anorte Elisabeth Jakowski

Die kupferzeitliche Befestigungsanlage von Los Millares wurde im Jahr 1891 von L. Siret entdeckt. Die von ihm beschriebenen Wasserversorgungsanlagen, eine ca. 1 km von der Siedlung entfernt liegende Quelle, eine zur Siedlung und innerhalb dieser weiterführende Wasserleitung sowie ein großer Wasserspeicher im Innern der Siedlung, wurden inzwischen mittels archäometrischer Methoden überprüft und ergänzt.  $^{230}\text{Th}/\text{U}$ -Untersuchungen an Kalksinterablagerungen innerhalb der Befestigungsanlage erbrachten den eindeutigen Nachweis einer undichten Wasserleitung, aus der in der frühen und mittleren Kupferzeit Wasser floss oder zumindest stetig tropfte.

Sinterablagerungen am Ende einer die Ebene von Los Millares begrenzenden Schlucht (ca. 400 m vom Siretschen Quellstandort entfernt) sind noch während des Bestehens oder kurz nach dem Auflassen der Befestigungsanlage entstanden. Der Quellaustritt wird wenige Meter südwestlich vermutet. Es wurde nachgewiesen, dass dieser tatsächlich den Aquädukt von Los Millares speiste. Die Tatsache, dass es sich dabei um ein Mischwasser aus Thermal- und oberflächennahem Grundwasser handelte, ermöglicht den Nachweis von Klimaschwankungen in der frühen und mittleren Kupferzeit.

## SCHLAGWORTE

Kupferzeit, Aquädukt, Wasserversorgung, Strontium-isotopenanalyse, Klimaschwankungen

## RESUMEN

### El suministro de agua en el cuarto y tercer milenio AC. El acueducto de Los Millares y la detección de indicios de fluctuaciones climáticas

Anorte Elisabeth Jakowski

La fortificación de la Edad del Cobre de Los Millares fue descubierta por L. Siret en 1891. El suministro de agua por él descrito – un manantial situado

aproximadamente a 1 km del asentamiento, una conducción de agua hacia el yacimiento y en su interior, así como un gran depósito de agua – han sido verificados y complementados mediante métodos arqueométricos. Los estudios por  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  de los depósitos de carbonato de calcio en el interior de la fortificación proporcionaron una clara evidencia de la existencia de una conducción de agua con fugas, de la que el agua fluía, o al menos, goteaba constantemente durante la Edad del Cobre Temprano y Medio. Durante la existencia de la fortificación o poco después de ser abandonada se formaron concreciones de carbonato cálcico al final de un barranco que bordea la llanura de Los Millares, a unos 400 m del lugar de la fuente descrita por Siret. Se piensa que la salida de la fuente está a escasos metros más allá hacia el suroeste. Así mismo, se ha comprobado fehacientemente que el agua de este manantial alimentaba el acueducto de Los Millares. El hecho de que fuera una mezcla de agua termal y subterránea próxima a la superficie posibilita la detección de fluctuaciones climáticas en la Edad del Cobre Temprano y Medio.

## PALABRAS CLAVE

Calcolítico, acueducto, suministro de agua, análisis de isótopos de estroncio, fluctuaciones climáticas

---

## NACHWEIS DER ABBILDUNGSVORLAGEN

Titelbild: A. Jakowski

Abb. 1: Siret 1893a, 518 Abb. 168

Abb. 2: Zeichnung: A. Jakowski, Grundlagen:

Almagro Basch – Arribas 1963, 19 Abb. 3,  
Orthofotos © Instituto Geográfico Nacional de  
España (06.11.2017)

Abb. 3: A. Jakowski, Vermessung und Zeichnung  
D. Schäffler, Orthofotos © Instituto Geográfico  
Nacional de España (06.11.2017), kleines Bild:  
Almagro Basch – Arribas Palau 1963, 19 Abb. 3

Abb. 4: A. Jakowski

Abb. 5: A. Jakowski

Abb. 6: A. Jakowski

Abb. 7: A. Jakowski

Abb. 8: A. Jakowski

Abb. 9: A. Jakowski

Abb. 10: A. Jakowski

Abb. 11: A. Jakowski

Abb. 12: A. Jakowski

Abb. 13: A. Jakowski, Vermessung und Zeichnung  
D. Schäffler

Abb. 14: A. Jakowski, Zeichnung: D. Schäffler,  
Kartengrundlage © Instituto Geográfico Nacional  
de España (28.12.2020)

Abb. 15: A. Jakowski

Abb. 16: A. Jakowski

Abb. 17: A. Jakowski

Abb. 18: A. Jakowski

---

## METADATA

Titel/Title: Wasserversorgung im 4. und 3.

Jahrtausend v. Chr. in Andalusien. Der Aquädukt  
von Los Millares und daraus ableitbare Hinweise  
auf Klimaschwankungen

Band/Issue: MM 62, 2021

Bitte zitieren Sie diesen Beitrag folgenderweise/

*Please cite the article as follows:* A. E. Jakowski,  
Wasserversorgung im 4. und 3. Jahrtausend  
v. Chr. in Andalusien. Der Aquädukt von Los  
Millares und daraus ableitbare Hinweise auf  
Klimaschwankungen, MM 62, 2021, § 1–110,  
<https://doi.org/10.34780/564d-5l6d>

Copyright: Alle Rechte vorbehalten/All rights  
reserved.

Online veröffentlicht am/Online published on:  
31.01.2022

DOI: <https://doi.org/10.34780/564d-5l6d>

URN: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0048-564d-5l6d.9>

Schlagworte/Keywords/*Palabras clave:*  
Kupferzeit, Aquädukt, Wasserversorgung,  
Strontiumisotopenanalyse, Klimaschwankungen/  
*Copper Age, aqueduct, water supply, Sr isotope  
analysis, climatic fluctuations/ Calcolítico,  
acueducto, suministro de agua, análisis de isótopos  
de estroncio, fluctuaciones climáticas*

Bibliographischer Datensatz/Bibliographic  
reference: <https://zenon.dainst.org/Record/002047897>

---

## ADRESSE

Dr. Anorte Elisabeth Jakowski

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Institut für Archäologische Wissenschaften

Abt. III Vor- und Frühgeschichte

Hauspostfach 3

Norbert-Wollheim-Platz 1

60629 Frankfurt am Main

Deutschland

[jakowski@em.uni-frankfurt.de](mailto:jakowski@em.uni-frankfurt.de)

<<https://orcid.org/0000-0002-6289-0278>>