



JANA EGER & TIM KARBERG

NORD-KORDOFAN IM SATELLITENBILD

VORBERICHT ÜBER DIE FORSCHUNGEN DES INTERLINK-PROJEKTES 2020

I. EINLEITUNG

Nachdem das Forschungsprojekt „Interregional Linkage Investigations in Northern Kordofan“¹ der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster bereits zwei Feldkampagnen im Gelände durchführen konnte,² war für das Frühjahr 2020 die dritte Feldkampagne in Nord-Kordofan geplant (siehe Titelbild).

Während im März 2020 der größte Teil der Survey-Mannschaft bereits vor Ort im Sudan war und die Vorbereitungen für die Reise nach Kordofan anliefen, erreichte uns die dringende Nachricht, dass die Schließung der sudanesischen Grenzen aufgrund der weltweiten COVID-19-Pandemie unmittelbar bevor stünde, und eine Ausreise vor dem Inkrafttreten weltweiter Reisebeschränkungen empfohlen wurde. Aufgrund dessen entschlossen wir uns schweren Herzens, die geplante Feldkampagne auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass in diesem Jahr keine Forschungen stattfanden. Wie viele andere in Wissenschaft und Forschung tauschten die Angehörigen des InterLINK-Projektes die Arbeit im Gelände mit dem heimischen Schreibtisch. Fernerkundung mit Hilfe von Satellitendaten, von Beginn an ein wichtiger Bestandteil des Projektes, wurde für die östlichen Abschnitte des Konzessionsgebietes zeitlich vorgezogen. Einen Einblick in die ersten Ergebnisse dieser Arbeiten soll dieser Artikel geben.

1.1 Fernerkundungsmethodik

Bei der Fernerkundung werden unterschiedlichste Daten genutzt, die von verschiedenen Satelliten-Plattformen stammen. Je nach Datensatz und Auswertungsmethodik können dabei verschiedene Fragen beantwortet werden.

Ein wichtiges Element sind dabei Daten, die über Online-Dienste wie Microsoft Bingmaps oder Google Earth bereitgestellt werden. Grundlage hierfür sind häufig Aufnahmen der Satellitensysteme Quickbird 2 und Worldview 2, die beide von dem US-Amerikanischen Privatunternehmen Digital Globe betrieben werden.³ Diese in der kommerziellen Anschaffung recht teuren Fernerkundungsprodukte können über die genannten Online-Dienste kostenneutral eingesehen werden. Trotz einiger Vorteile ist diese Art der Dateneinsicht aber auch mit Problemen behaftet. Vorteil der Bilder ist in erster Linie die Auflösung: mit bis zu 50 cm/px eine der genauesten, die im zivilen Bereich zur Verfügung stehen. Dies ermöglicht die Identifikation zahlreicher archäologischer Befundkategorien, teilweise bis hin zu einzelnen box graves, die sich bei einer Breite von meist 50–60 cm im auflösungstechnischen Grenzbereich befinden. Ein Nachteil ist jedoch die Tatsache, dass Aufnahmen dieser Auflösung lediglich panchromatisch zur Verfügung stehen, das heißt, dass alle zur Verfügung stehenden Farbinformationen in einem einzelnen Bild zusammengeführt sind, und eine Differenzierung nach unterschiedlichen (optischen und infraroten) Spektralkanälen nicht möglich ist. Ein weiteres Problem, das sich vor allem durch die kostenneutrale Informationsbeschaffung über Online-Dienste stellt, ist die Tatsache, dass in der Regel keine zusätzlichen Daten zu den Aufnahmen ausgewertet werden können, also lediglich geschätzt werden kann, zu welcher Tageszeit die Aufnahmen gemacht wurden bzw. welche Bahnparameter (Neigung der Aufnahmeachse) des Satelliten

1 Die Autoren danken Prof. Angelika Lohwasser für die Anbindung des Projektes an die Forschungsstelle „Alter Sudan“ am Institut für Ägyptologie und Koptologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, sowie Prof. Huweida Mohammed (Universität Khartoum), Dr. Mariusz Drzewiecki (Universität Warschau), Dr. Jörg Linstätter (Deutsches Archäologisches Institut) sowie den Teams des SPP „Entangled Africa“ und seiner Teilprojekte für die kollegiale Zusammenarbeit, und ganz besonders Prof. Baldur Gabriel für seine Unterstützung mit Rat und Tat.

2 Eger und Karberg 2019

3 Ray 2013

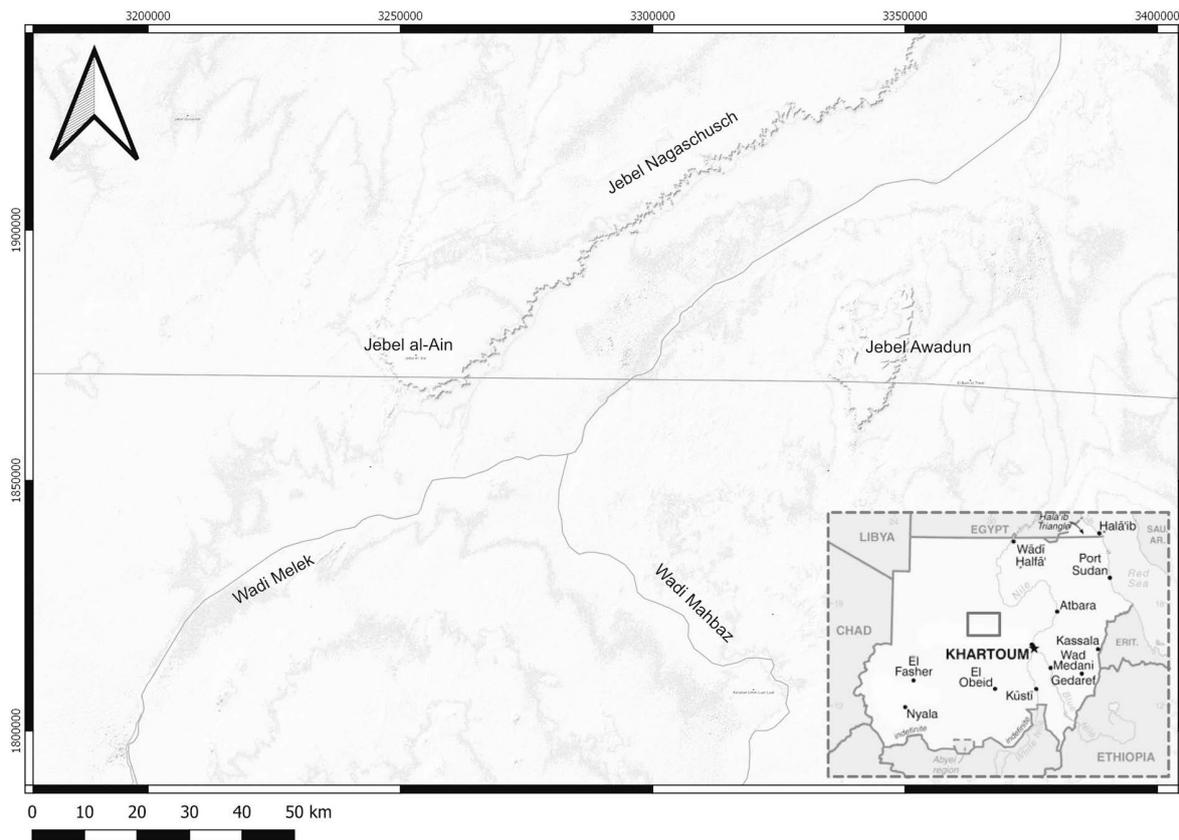


Abb. 1: Übersichtskarte des Arbeitsgebietes der Fernerkundungen im Jahr 2020 (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: Opentopomap).

zum Aufnahmezeitpunkt vorlagen. Der Monat der Aufnahme (und damit die Einordnung der Vegetationsperiode) kann bei einigen Diensten (z.B. Google Earth) zwar festgestellt werden, eine Auswahl der Aufnahmen nach durch den Auswerter festgelegten Kriterien, z.B. Niederschlagsperioden, ist jedoch nicht möglich.

Weitere Satellitenaufnahmen stehen im Rahmen wissenschaftlicher Rohdaten-Sammlungen ebenfalls kostenfrei zur Verfügung. Die derzeit wichtigste dieser Sammlungen stellt die online zugängliche Datenbank des Copernicus-Erdbeobachtungsprogramms der ESA dar.⁴ Hier werden Daten verschiedener Satelliten-Plattformen der Sentinel-Reihe zum Download zur Verfügung gestellt. Für die (landschafts-)archäologische Forschung sind hierbei insbesondere die Daten der Satelliten Sentinel 2 A und B (multispektrale Aufnahmen im optischen und infraroten Spektrum mit einer maximalen Auflösung von 10 x 10 m) sowie Sentinel 1 A und B (Radardaten verschiedener Polarisierungen mit einer maximalen Auflösung von 5 x 5 m) von Bedeutung.⁵ Die genann-

ten Auflösungen dieser Daten, die wesentlich größer sind als die vergleichbarer panchromatischer Aufnahmen, erlaubten nur in seltenen Fällen die sichere Identifikation einzelner archäologischer Befunde. Die Vorteile dieser Satellitendaten liegen eher in der starken Differenzierbarkeit hinsichtlich Aufnahmezeitpunkt, Bahnparametern und Spektralbändern (bzw. bei den Radardaten Polarisierungen), so dass hier verschiedene Oberflächenstrukturen und Zusammensetzungen oft deutlich voneinander zu unterscheiden sind. Diese landschaftlichen Befunde sind oft erst durch die Kontextualisierung mit in hoch aufgelösten panchromatischen Aufnahmen identifizierten archäologischen Befunden auch in kulturhistorischer Hinsicht interpretierbar.

Die dritte im Rahmen der Fernerkundungsarbeiten verwendete Datenkategorie besteht aus verschiedenen digitalen Geländemodellen. Diese werden mit Hilfe von georeferenzierten Rasterdaten, bei denen jedem Pixel ein Elevationswert zugewiesen ist, mittels GIS verarbeitet. Für solche Zwecke wurde in der Vergangenheit (so auch bei den Forschungen der WWU Münster im Wadi Abu Dom) oft das SRTM-Geländemodell verwendet. Heute stellt das frei verfügbare ALOS-Geländemodell der japanischen Raumfahrtagentur JAXA, das eine (absolute) hori-

4 Copernicus Science Hub (URL [abgerufen am 12.06.2020]: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

5 Schreier 2020, 7-9



zontale Genauigkeit von 30m sowie eine (relative) vertikale Genauigkeit von 2,5 – 5 m aufweist, das genaueste weltweite, offen und kostenneutral zur Verfügung stehende Geländemodell dar. Wesentlich genauer ist mit einer relativen vertikalen Genauigkeit von 2 m und einer horizontalen Auflösung von 12 m/px das deutsche TanDEM-X-Geländemodell.⁶ Dieses ist zwar im Gegensatz zu den japanischen Daten nicht frei nutzbar, steht dem InterLINK-Projekt jedoch im Rahmen einer Kooperation mit dem Fernerkundungsdatenzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt für einen großen Teil des Arbeitsgebietes zur Verfügung.

Auch im Bereich der digitalen Geländemodelle ist, selbst bei den am besten aufgelösten Modellen, die Identifikation einzelner archäologischer Befunde im Bodenrelief in der Regel nicht möglich. Auch hier ist also eine Kontextualisierung der (vor allem landschaftsarchäologisch relevanten) Daten mit panchromatischen und/oder multispektralen Satellitenbildern sowie Radar-Rohdaten essentiell. Die Frage ist also nicht, welche Fernerkundungsdaten für die archäologische Forschung am besten geeignet sind, sondern, wie aus einer Verschränkung der Vielzahl unterschiedlicher Daten mit jeweils spezifischen Vor- und Nachteilen ein Maximum an Information extrahiert werden kann.

1.2 Arbeitsgebiet

Im ursprünglichen Projektkonzept war geplant, in der ersten Hälfte der Laufzeit des DFG-Schwerpunktprogramms (SPP) „Entangled Africa“ (2018–2021) die Arbeiten auf den Süden und Westen des Konzessionsgebietes mit dem Jebel al-Ain zu konzentrieren. Dabei sollte Fernerkundung und Geländearbeit eng miteinander verzahnt werden. In der zweiten Hälfte der geplanten Laufzeit des SPP sollte eine Fortsetzung der Arbeiten im Osten des Konzessionsgebietes entlang der Jebel Nagaschusch und Awadun beantragt werden. Im Zuge der Umplanungen aufgrund der COVID-19-Pandemie wurde

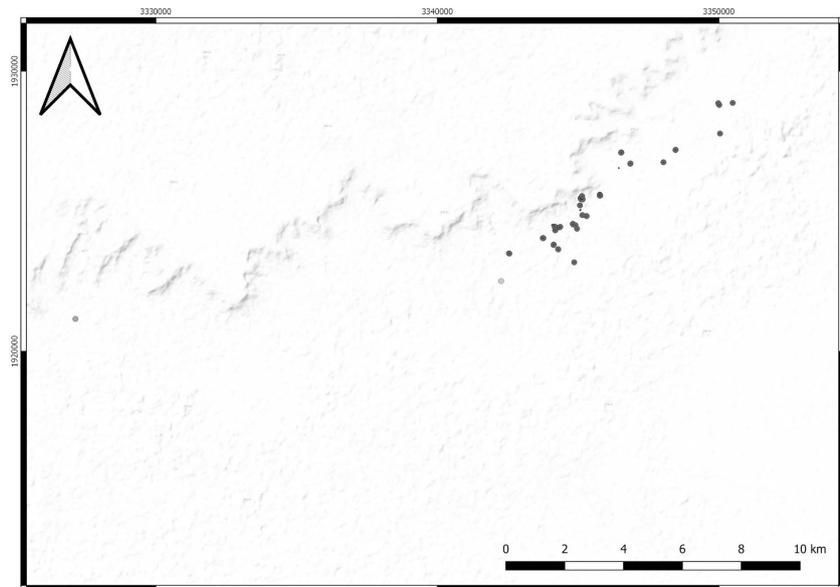


Abb.2: Umgebung der Paläoseen und Siedlungskammer am nördlichen Jebel Nagaschusch (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: Opentopomap).

die Fernerkundung bereits jetzt auf diese östlichen Gebiete ausgedehnt (s. Abb. 1).

2. AUSGEWÄHLTE BEFUNDE

Im Folgenden werden einige besonders bemerkenswerte archäologische und landschaftshistorische Befundbereiche vorgestellt, die im Rahmen der Fernerkundung dokumentiert werden konnten. Es handelt sich hierbei um reine Fernerkundungsergebnisse, eine Begehung am Boden (Ground-Truth) fand aus den oben genannten Gründen hier noch nicht statt. Insbesondere in chronologischer Hinsicht können diese Ergebnisse daher nur vorläufigen Charakter besitzen. In vielen Fällen liegen zwar bestimmte Indizien zur chronologischen Einordnung vor, diese leiten sich jedoch deduktiv aus bereits vorhandenen Modellen (z.B. zur großräumlichen Paläoklimatologie) ab, und können daher umgekehrt nicht zur Modellbildung bzw. -prüfung herangezogen werden, ohne Tautologien zu bilden.

2.1 Siedlungskammer und Paläo-Seen am zentralen Jebel Nagaschusch

Hinsichtlich des Zusammenwirkens der Identifikation archäologischer Einzelbefunde im Satellitenbild (Fernerkundungs-Survey) mit landschaftsarchäologischen Beobachtungen ist ein Gebiet am süd-östlichen Pediment des Jebel Nagaschusch besonders interessant (Abb. 2).

⁶ Wessel 2018, 15–19

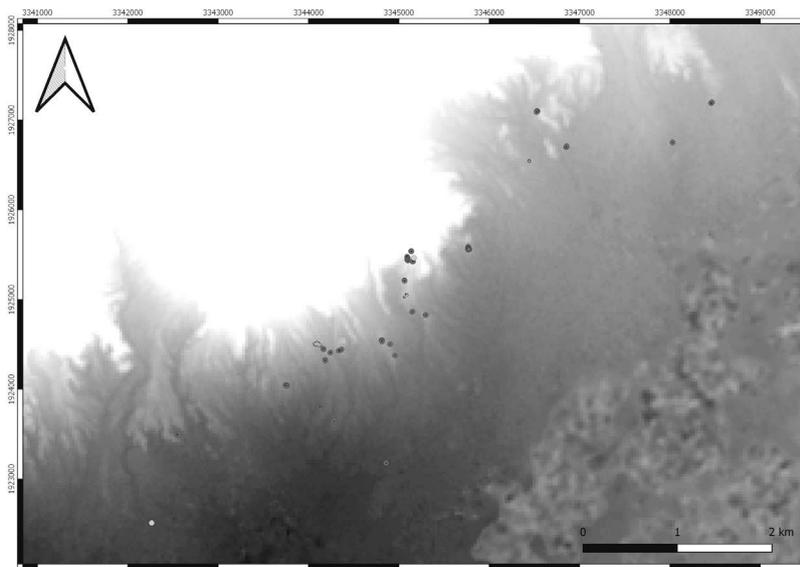


Abb. 3: Umgebung der Siedlungskammer am nördlichen Jebel Nagaschusch im ALOS-Geländemodell, reduziert auf 295 m – 375 m ü.d.M. (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © JAXA).

Im hoch aufgelösten panchromatischen Satellitenbild sind hier eine Reihe von Siedlungsrelikten (ganz überwiegend Rundhütten-Grundrisse) auszumachen, die sich in diesem Bereich signifikant konzentrieren. Es liegt also eine deutlich von der Umgebung abgrenzbare Siedlungskammer vor. Die Einordnung der Siedlungskammer vor dem Hintergrund eines digitalen Geländemodells zeigt bereits landschaftliche Elemente, die mit der Konzentration von Siedlungsspuren in diesem Bereich in Zusammenhang stehen können. Benutzt wurde hierzu das ALOS-Geländemodell. GIS-basierte Visualisierung unterschiedlicher Höhenprofile kann sowohl die Lage der Siedlungsrelikte im Geländereief als auch nahe gelegene besiedlungsrelevante Landschaftselemente sichtbar machen. Bei einer Geländereief-Auflösung zwischen 295 und 375 m ü.d.M. wird deutlich, dass die Siedlungskammer in einer Hanglage liegt, jedoch außerhalb größerer Spülrinnen (Abb. 3). Dass die Hanglage, an sich eine siedlungshemmende Geländesituation, gewählt wurde, spricht dafür, dass die ebenere Fläche unterhalb des Hangpediments zu diesem Zeitpunkt für Siedlungsaktivität weniger geeignet war, z.B. infolge von Bodenfeuchtigkeit.⁷ Für eine Datierung der Siedlungskammer in eine Pluvialzeit spricht auch die Tatsache, dass die unmittelbare Umgebung der ab etwa 700 m östlich gelegenen Khors, die vom Gipfelplateau hangabwärts

⁷ Ähnliches wurde bereits für andere Regionen während des neolithischen Subpluvials und damit einhergehender hypothetischer Sumpfbildung in Niederungen angenommen (Dittrich, Gessner und Gabriel 2007, 44ff.).

in Richtung zweiter Paläo-Seen entwässern, offenbar vermieden worden ist.

Diese beiden Paläo-See-Flächen liegen in direkter Nachbarschaft der Siedlungskammer und spielten für die dortige allgemeine Gunstraumsituation offenbar eine Rolle, jedoch wurden die direkten Seeufer nicht als Siedlungsbereich genutzt. Dies stellt ein weiteres Indiz für die chronologische Einordnung der Siedlungskammer in eine Pluvialzeit dar, da der unmittelbare Seeuferbereich für Siedlungsaktivitäten zu feucht gewesen sein könnte.

Die Paläo-Seen selbst sind durch verschiedene Fernerkundungsdaten recht genau definierbar und bieten ein gutes Beispiel

dafür, dass die querschnittliche Betrachtung unterschiedlicher Daten in der Zusammenschau eine recht genaue Rekonstruktion historischer Landschaftselemente ermöglicht.

So sind die beiden ehemaligen Seeflächen bereits im panchromatischen Satellitenbild als helle Bereiche auszumachen. Die mangelnde spektrale Differenzierung würde jedoch hier noch unterschiedliche Interpretationen dieser hellen Flächen erlauben. Die Betrachtung mit Hilfe multispektraler Satellitenaufnahmen jedoch ergibt vor allem in den folgenden Spektralbändern eine bemerkenswerte Differenzierung: Im mittleren (grün-gelben) optischen Spektralbereich (560 nm) sind die Flächen klar aufzufassen (Abb. 4a), im Infrarotbereich (2200 nm) ist ihre Reflektionsfähigkeit jedoch deutlich herabgesetzt (Abb. 4b). Dies ähnelt der spektroskopischen Signatur von Carbonaten (hierbei insbesondere dem für Seekreiden typischen Calciumcarbonat CaCO_3).⁸ Damit liegt die Identifikation der im Satellitenbild aufzufassenden hellen Oberfläche als Seekreide nahe.

Ein weiteres Argument für die Rekonstruktion der Flächen als Paläo-Seen bildet die Radarsignatur in vertikal-horizontaler (vh-)Polarisation (Abb. 4c). Die klare Umgrenzung der westlichen der beiden Flächen im Radarbefund kann (auch minimal bedeckte) ehemalige Uferwälle andeuten, wie sie weiter nördlich z.B. bereits für den so genannten „Ptolemais-Seenarchipel“ im Radarbefund nachgewiesen sind.⁹ Eine Betrachtung der so festgestellten

⁸ Bishop 2020, 82-84

⁹ Pachur und Altmann 2006, 222-223

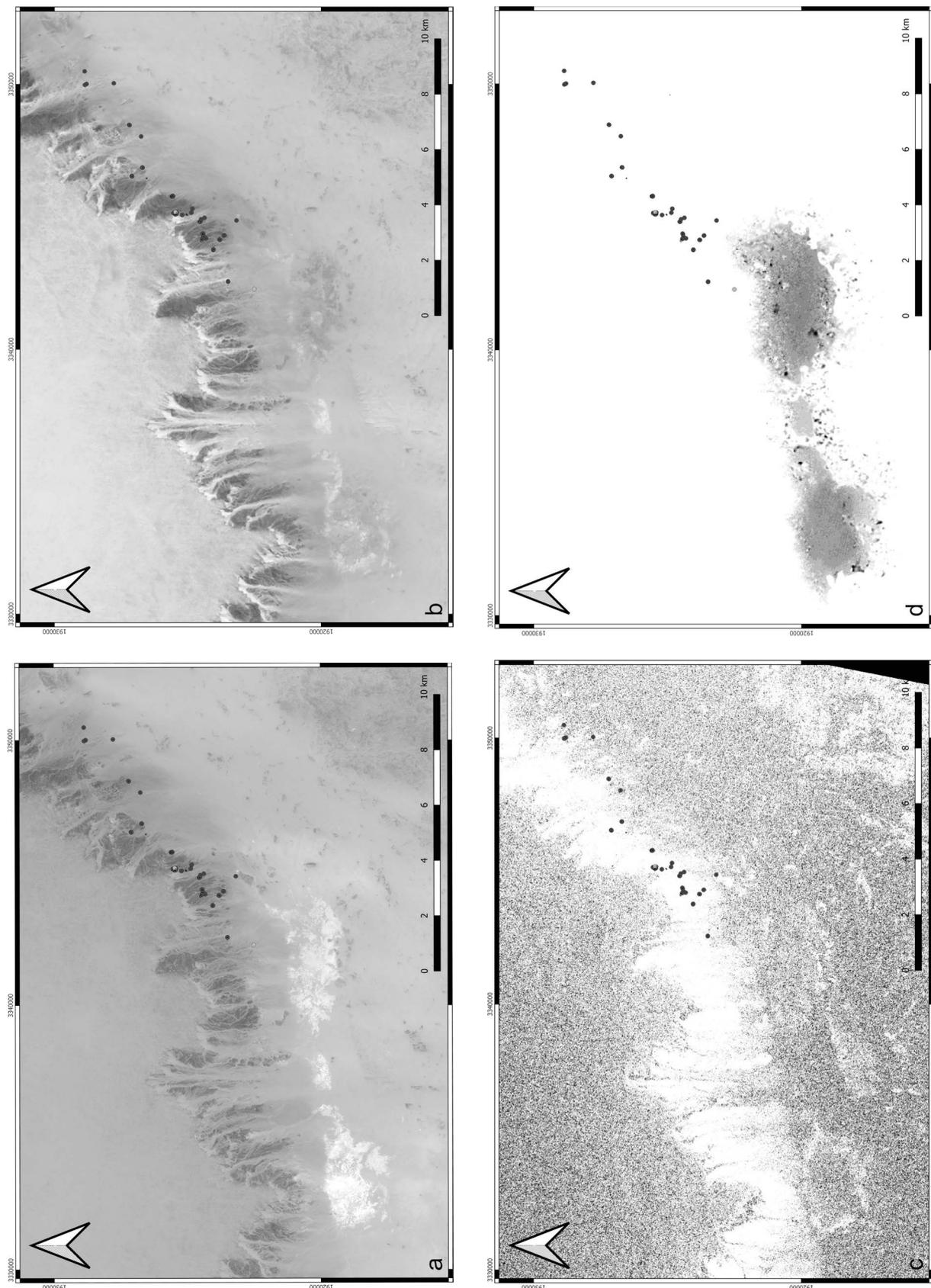


Abb. 4: Paläosenen und Siedlungskammer am nördlichen Jebel Nagaschusch vor dem Hintergrund verschiedener Fernerkundungsdaten – 4a: Sentinel 2 MSI, grün-gelber Farbkanal; 4b: Sentinel 2 multispektral, Infrarot-Farbkanal; 4c: Sentinel 1 SAR, Polarisation vh; 4d: ALOS-Geländemodell, reduziert auf 295 m – 308 m ü.d.M. (Karten: Jana Eger; Hintergrundkarten 4a-c: © ESA Copernicus Program; Hintergrundkarte 4d: © JAXA)

ehemaligen Seeufer im digitalen Geländemodell zeigt die noch heute vorhandenen Senken, in denen sich Abflusswasser vom Plateau des Jebel Nagaschusch gesammelt haben dürfte (Abb. 4d).¹⁰

Wie für Fernerkundungsergebnisse generell typisch, stellt die Datierung der Befunde eine Schwierigkeit dar. Eventuell korrelieren die Fernerkundungsbefunde mit bereits durch Pachur und Altmann unterhalb des Jebel Nagaschusch aufgefassten Seekreiden (und durch diese rekonstruierten Paläo-Seen);¹¹ jedoch geben beide Autoren für ihre Beobachtungen keine genauen Lageangaben, und eine Abbildung der Seekreiden legt nahe, dass sich diese Befunde weiter vom Jebel-Pediment entfernt befanden.¹² Ungeachtet dessen könnte eine Datierung der im Fernerkundungsbefund aufgefassten Paläo-Seen und damit – mittelbar – auch der benachbarten Siedlungskammer mit anderen, im weiteren Umkreis geologisch erforschten Paläo-Seen korrelieren. So ist z.B. in etwa auf gleicher geographischer Breite ca. 250 km weiter westlich in der Nähe des Jebel Tajeru bei Gureinat ein mindestens bis ca. 5000 v.Chr. wasserführender Paläo-See nachgewiesen;¹³ diese geologische Datierung stellt allerdings lediglich einen *terminus post quem* für die Austrocknung dar, weil die obersten, stratigraphisch jüngsten anzunehmenden Seekreide-Ablagerungen der Erosion unterworfen waren. Archäologische Funde in der Umgebung legen vielmehr nahe, dass hier noch weit länger, bis ca. 2000 v.Chr., Feuchtbedingungen geherrscht haben könnten.¹⁴

Ähnliche Umstände könnten auch für die hier vorgestellten Paläoseen am Jebel Nagaschusch angenommen werden.

2.2 Hafir östlich des Bir al-Ain

Im Fernerkundungs- und Bodensurveybefund waren bereits 2017 westlich des Jebel al-Ain mehrere vermutlich antike Hafire festgestellt worden.¹⁵ Nach Ausweitung der Fernerkundung auf weitere Teile des Erkundungsgebietes konnten weitere wasserbauliche Anlagen festgestellt werden. Darunter

befindet sich ein im hoch aufgelösten panchromatischen Satellitenbild gut erkennbarer Hafir (Abb. 5). In seiner unmittelbaren Umgebung fehlen jegliche Spuren menschlicher Tätigkeit, so dass sich die Frage nach den Urhebern dieses Monumentalwerkes stellt. Eine Parallel-Situation ist aus der Bayuda in Form des Hafirs von Bir Bayuda bekannt, wo ein Hafir mit einem Durchmesser von fast 100 m unsere Aufmerksamkeit erregt hatte, in dessen Nähe sich zwar einige Hüttengrundrisse, aber keine größeren Ansiedlungen finden ließen. Die nächstliegenden archäologischen Befunde zu dem hier vorgestellten Hafir liegen in mittlerer Entfernung von zwei größeren Befundclustern. Ca. 7 km südwestlich liegt die Siedlung von Bir al-Ain,¹⁶ während knapp 15 km nordöstlich ein dichter Cluster aus Rundhüttensiedlungsplätzen und Tumuli aufgefasst werden konnte. Eine Korrelation des Hafirs mit beiden Fundplätzen bleibt derzeit noch unklar.

Bei der Betrachtung des Bodenreliefs im TANDEM-X-Geländemodell (s. Abb. 6) wird deutlich, dass sich der Hafir am Oberlauf der mächtigsten Abflusszone der weiteren Umgebung befindet. Eine Aufnahme des Sentinel 2 B-Satelliten im Infrarotbereich (Abb. 7) zeigt die Einbindung des Hafirs in die dendritischen Paläo-Drainagesysteme an diesem Oberlauf. Auch wenn dies im heutigen Geländebild nur noch schwer auszumachen ist (Abb. 8), zeigt die Zusammenschau aus Infrarotaufnahme und Geländemodell, dass sich hier in Perioden stärkeren Regens eine signifikante Konzentration von Oberflächenwasser, das von dem Gipfelplateau in Richtung Wadi Melek entwässert, befunden haben muss. Die Anlage des Hafirs an genau dieser Position erscheint daher als eine wohl durchdachte Planung.

Die Funktion dieses und anderer wasserbaulicher Anlagen an der Südost-Flanke des Jebel al-Ain und Jebel Nagaschusch kann nach wie vor nur durch Indizien erschlossen werden. Eine Funktion als Etappenpunkt für den Verkehr entlang des Wadi Melek in Richtung Kordofan oder als Versorgungsspeicher für umherziehende Viehhirten erscheint auf den ersten Blick denkbar. Da man jedoch davon ausgehen kann, dass am Fuße der Schichtstufe nur 2,5 km weiter nordwestlich durch Quellaustritte oder über Gueltas Wasser ohne vergleichbare Bauleistungen zu beschaffen war, erscheint diese Erklärung etwas zweifelhaft. Mehr Sinn ergäbe die zumindest teilweise Nutzung der Hafire im Rahmen von saisonalem Ackerbau: Wasserrückhalteinstallationen in anderen Gebieten des Sudan erlauben bis heute auf der in der Regenzeit durchfeuchteten Grundfläche

10 Hierfür wurde ebenfalls das ALOS-Modell verwendet, allerdings mittels GIS auf eine feinere, dem unmittelbar umliegenden Gelände relief angepasste Höhendarstellung (295-308 m ü.d.M.) eingestellt, die die rezente Geländeoberkante oberhalb der Senken als Null-Referenzwert ansetzt.

11 Pachur und Altmann 2006, 252-253

12 Pachur und Altmann 2006, 253 Abb. 2.5.50

13 Hoelzmann, et al. 2010, 245-247

14 Hoelzmann, et al. 2010, 247

15 Eger und Karberg 2019, 134-135

16 Eger und Karberg 2019, 135-136



Abb. 5: Grundriss des Hafirs östlich Bir al-Ain (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © Google; © Maxar Technologies (2020)).



Abb. 6: Hafir östlich Bir al-Ain vor dem Hintergrund des TanDEM-X-basierten Geländemodells (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © DLR TerraSAR/TanDEM-X Program).

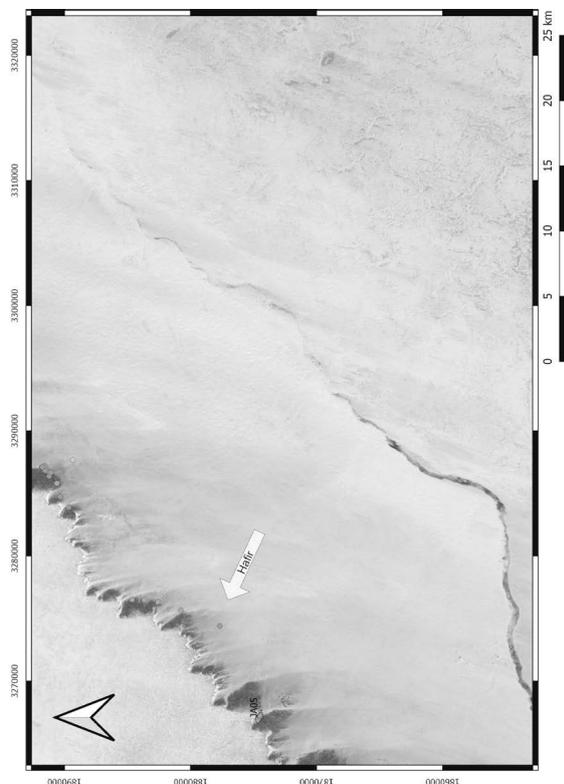


Abb. 7: Weitere Umgebung des Hafirs vor dem Hintergrund einer Aufnahme des Satelliten Sentinel 2 MSI, Infrarot-Farbkanal (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © ESA Copernicus Program).

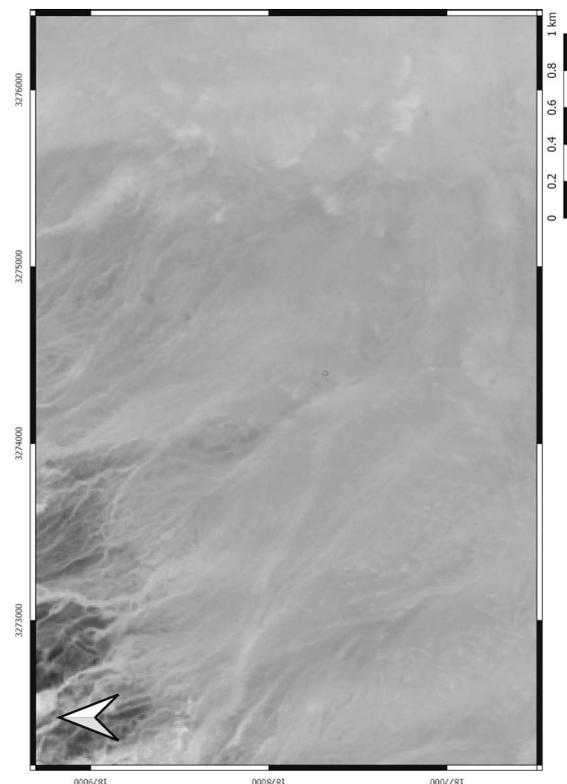


Abb. 8: Nähere Umgebung des Hafirs vor dem Hintergrund einer Aufnahme des Satelliten Sentinel 2 MSI, Infrarot-Farbkanal (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © ESA Copernicus Program).



Abb. 9: Einfriedung am Jebel Awadun (Karte: Jana Eger; Hintergrundkarte: © Google; © Maxar Technologies (2020)).

die kurzzeitige Anlage von Gemüsegeldern.¹⁷ Aus diesem Grund ist ein saisonaler, eng mit der Viehwirtschaft verzahnter Ackerbau als weiterer möglicher Verwendungszweck der Hafire denkbar.¹⁸ Die Geröll- und Schuttflächen direkt am Jebel al-Ain, wo Oberflächenwasser bei Regenperioden konzentriert genutzt werden konnte, wären von ihrer Bodenbeschaffenheit her nur wenig für eine ackerbauliche Nutzung geeignet. Die Schwemmflächen im Bereich der Abflusszone boten dafür zwar auch nicht ideale, aber für die Verhältnisse eines Wüstenraumes sehr viel eher geeignete Bedingungen. Eine Wasserspeicherung in unmittelbarer Nähe zu diesen Böden hätte daher den Aufwand zur Errichtung der Hafire eher gerechtfertigt. Es erscheint bemerkenswert, dass alle bislang im Bereich des Jebel al-Ain dokumentierten Hafire zwei unterschiedliche Ein- und Auslauföffnungen, eine jeweils ähnliche Lage bezüglich des Oberflächenwassers, sowie insbesondere eine relativ einheitliche Größe aufweisen, was zumindest auf ein gewisses Maß zentraler Planung dieser Anlagen schließen lässt.¹⁹

17 So z.B. noch heute in der Nähe des Bir Merwa im Wadi Abu Dom.

18 Karberg 2017

19 Die Frage, ob Hafirbauten Zeugnisse zentraler Administration darstellen oder aber durch lokale Gruppen als Reaktion auf spezifische örtliche Bedürfnisse autonom geplant und errichtet wurden, wird derzeit kontrovers diskutiert. Dabei vertritt z.B. Petra Weschenfelder tendenziell etatistische (Weschenfelder, 2014), Thomas Scheibner hingegen kommunitaristische Ansätze (Scheibner, 2014). Das relativ einheitliche Design der hier vorgestellten Hafire im nördlichen Kordofan, insbesondere die

Über eine Datierung bzw. weiter gehende kulturelle und/oder sozioökonomische Einordnung dieser Bauten kann im Augenblick nur spekuliert werden. Es erscheint jedoch bemerkenswert, dass auch dieser Hafir (wie auch die im Westen des Jebel al-Ain gelegenen)²⁰ in ihrer Bauweise und Lage im Gelände eine signifikante Ähnlichkeit zu vergleichbaren Anlagen aufweisen, die in der Keraba bzw. Butana für gewöhnlich in die meroitische Zeit datiert²¹ und wiederholt mit einer gelenkten Planung durch eine zentrale Administration in Verbindung gebracht werden.²² Andere bislang in Kordofan (jedoch in der Regel weiter südlich) archäologisch dokumentierten Hafire weisen eine deutlich abweichende Bauweise auf.²³ Diese Auffassung wurde auch durch die Dokumentation kleinerer Hafire mit vollständig anderer Bauweise und abweichender Zu- und Abflusskonzeption im Bereich des oberen Wadi Melek (südlich des Untersuchungsgebietes) bestätigt.²⁴

2.3 Ringmauern am Jebel Awadun

Südöstlich der Schichtstufe von Jebel al-Ain und Jebel Nagaschusch liegt der Jebel Awadun, ein weitläufiger Zeugenberg. Hier sind ebenfalls zahlreiche archäologische Befunde im Satellitenbild auszumachen. Bemerkenswert sind dabei mehrere größere, teilweise geschlossene, teilweise halb offene Ringmauern (Abb. 9). Was diese Mauern einfriedeten, ist derzeit noch unklar: Zwar finden sich im weiteren Umfeld um diese Strukturen herum diverse weitere archäologische Befunde (Rundhüttengrundrisse und

bei individueller Planung schwer zu erklärenden ähnlichen Abmessungen, lässt nach dem derzeitigen Stand der Forschungen eher auf eine zentrale Planung schließen. Hier besteht allerdings noch weiterer Forschungsbedarf.

20 Eger und Karberg 2019

21 Hinkel 2015, 115-117

22 Hinkel, 1991, p. 47; Weschenfelder 2014

23 Hinkel 2015; interessanterweise sind sowohl die hier genannten Hafire rund um den Jebel al-Ain als auch der zu Vergleichszwecken oben genannte Hafir in der Nähe des Bir Bayuda Marion Hinkel in ihrem Standardwerk unbekannt geblieben.

24 Elmighani und Drzewiecki 2011

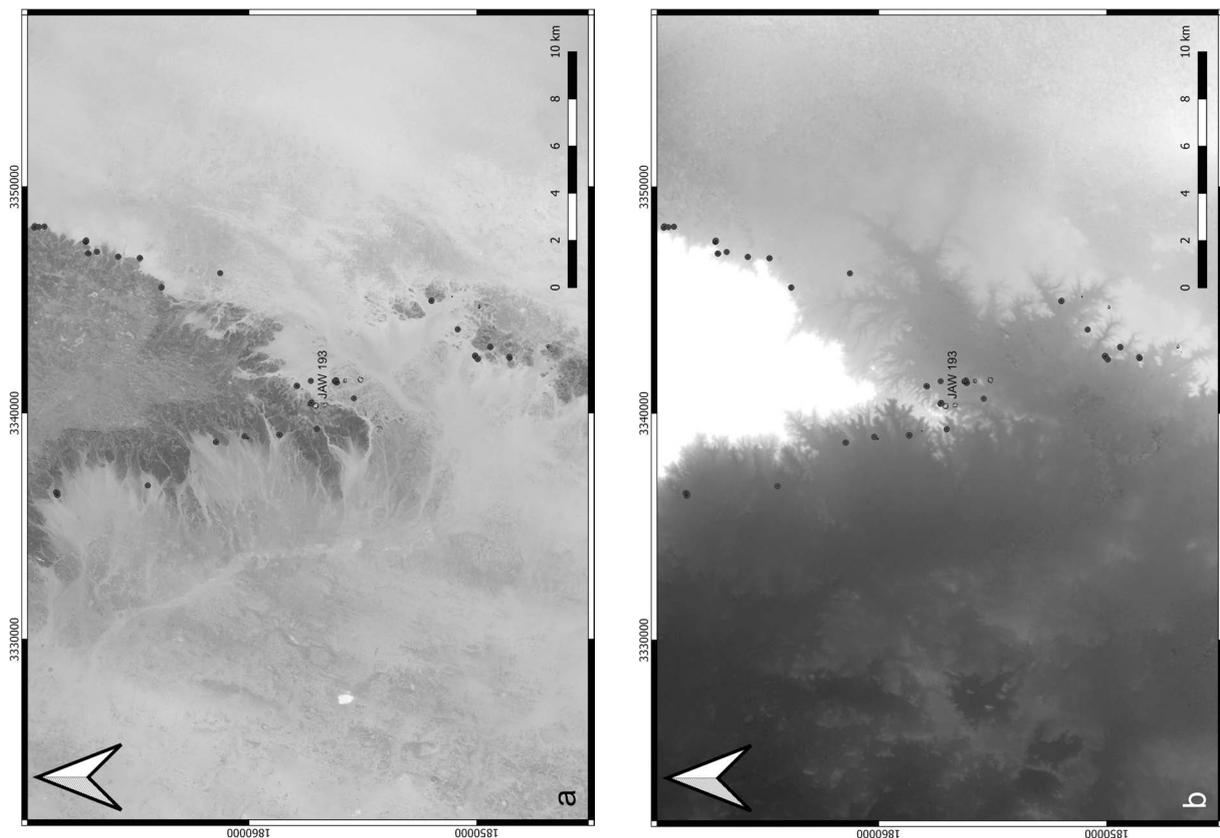


Abb. 10: Weitere Umgebung der Einfriedung an der Südspitze des Jebel Awadun mit diversen archäologischen Befunden – 10a: vor dem Hintergrund einer Aufnahme des Satelliten Sentinel 2 MSI, gelb-grüner Farbkanal; 10b: vor dem Hintergrund des ALOS-Geländemodells (Karten: Jana Eger; Hintergrundkarte 10a: © ESA Copernicus Program; Hintergrundkarte 10b: © JAXA).

Tumuli), jedoch bislang nicht innerhalb der umfriedeten Bereiche. Sowohl Datierung als auch Funktion der Ringmauern bleiben daher beim gegenwärtigen Stand der Forschungen noch ungeklärt. Eine gewisse Ähnlichkeit der Ringstrukturen (und ihrer Lage im Gelände in Hanglagen auf steinig, leptosolen Böden) mit den Ringmauern von Zankor²⁵ ist zwar gegeben, kann aber auch auf Zufällen beruhen und weist nicht notwendigerweise auf einen strukturellen Zusammenhang hin. Eine Erkundung, ob sich auch bei den Ringmauern am Jebel Awadun (wie in Zankor) innerhalb der Einfriedungen Siedlungsspuren finden lassen, die im Satellitenbild nicht aufzufassen sind, erscheint daher vielversprechend.

Hinsichtlich der vorliegenden Fernerkundungsdaten erscheint eher die Einbindung in die umgebende Landschaft bemerkenswert. Westlich des Jebel Awadun scheint auf den ersten Blick ein Gunstrraum zu liegen. Ähnlich wie oben (Abschnitt 2.1) für den nördlichen Abhang des Jebel Nagaschusch gezeigt, sind hier einige Paläo-Seeböden nachzuweisen. Im multispektralen Satellitenbild weist die Differenz zwischen dem grün-gelben Spektralbereich (560 nm)

und einer Infrarotaufnahme (2200 nm), wie auch bereits bei den Paläoseen am Jebel Nagaschusch, auf das Vorhandensein von Seekreide-Ablagerungen an der Geländeoberfläche hin (Abb. 10a). Der Vergleich mit dem ALOS-Geländemodell zeigt hier, von den bisherigen Beispielen abweichend, eine deutlich größere Senke an (Abb. 10b), was mit der Einordnung der dortigen Bodenbildung als „Eutric Fluvisol“ im Soil Atlas of Africa korrespondiert.²⁶ Die limnischen Ablagerungen in diesem Bereich dürften also während der für die Formation der heutigen Geländeoberkante verantwortlichen Pluvialperiode deutlich ausgedehnter gewesen sein als etwas weiter nördlich am Jebel Nagaschusch.

Die Vergesellschaftung der archäologischen Befunde mit den Landschaftsmerkmalen weist jedoch zu den beiden anderen, zuvor vorgestellten Fallbeispielen in eine gänzlich andere Richtung. Die Orientierung der meisten archäologischen Befunde in diesem Bereich, insbesondere der weitgreifenden Ringmauerstrukturen, ist gerade nicht auf diesen möglichen Gunstrraum, sondern klar an der Pedimentkante des Jebel Awadun sowie einer unmittel-

25 Gratien, et al. 2013, Pl. 47

26 Jones, et al. 2013, 94



bar von diesem ausgehenden Fließrinne ausgerichtet, teilweise sogar in der dem Gunstraum abgewandten Hanglage angelegt. Dies lässt den Schluss zu, dass zum Zeitpunkt der Errichtung dieser Strukturen Oberflächenwasser, das unmittelbar an der Plateaukante austrat (Gueltas bzw. kleinräumige Quellen), offenbar eine wichtigere Rolle spielte als Wasser in längeren Drainagesystemen (Khors) oder Paläosen. Ob dies auf funktionale oder chronologische Gründe (oder eine Kombination aus beiden) zurück geht, muss jedoch dahingestellt bleiben, bis die Ringmauerstrukturen einer eingehenderen Erforschung unterzogen werden können.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Arbeiten mit Satellitenbildmaterial in Nord-Kordofan zeigten, dass aus der Synopse verschiedener Daten ein erhebliches Maß an Informationen generiert werden kann, die über eine reine Identifikation von Einzelbefunden aus panchromatischen Aufnahmen weit hinaus gehen. Verteilungsmuster von verschiedenen Befunden sowie deren Einbindung in landschaftliche Strukturen erlauben Rückschlüsse auf deren Datierung und sozio-ökonomische Einordnung. Dies gilt z.B. für die oben erwähnten Hafire, deren Position im Gelände eine agrikulturelle oder zumindest gemischte Nutzung wahrscheinlicher erscheinen lässt als eine reine Funktion als Tränke von Vieh im Zuge pastoraler Wirtschaft oder für Tragetiere von Karawanen. Hinsichtlich der Datierung ist zwar keine absolute Aussage möglich, jedoch zumindest die Einschätzung, dass die derzeitigen klimatischen Bedingungen keine sinnvolle Nutzung dieser Hafire ermöglichen würden. Ihre Errichtung und Nutzung dürften daher in eine Zeit zu datieren sein, in der wahrscheinlich signifikant günstigere klimatische Bedingungen vorlagen als in rezenter Zeit. Paläoklimatologische Untersuchungen in der regionalen Umgebung legen solche Verhältnisse in erster Linie für die Pluvial- und Subpluvialperioden vom Neolithikum bis ins 2. Jht. v.Chr. nahe.²⁷

Hier zeigt sich jedoch auch eine mögliche Problematik der Datierung von archäologischen Befunden aus durch Fernerkundung erschlossenen Landschaftselementen mit Hilfe paläoklimatologischer Indikatoren. Für die Entwicklung paläoklimatologischer Modelle spielen nicht nur bodenkundlich und geologisch, sondern auch archäologisch (und archäo-zoologisch) erhobene Daten eine wichtige

Rolle.²⁸ Die Nutzung der durch Fernerkundung gewonnenen und publizierten archäologischen Daten als (kultur- aber auch klimageschichtliche) Proxys in weiter führende Folgestudien, die die vorhandene Literatur und öffentlich zugängliche Forschungsrohdaten auswerten, stellt bei aller Nützlichkeit solcher immer beliebter werdender Studien daher ein Problem dar. Die Herleitung z.B. von Datierungen aus paläoklimatologischen Modellen muss daher hinreichend deutlich gemacht werden, um keine Grundlage für selbstverstärkende, tautologische Argumentationsketten zu liefern.

Bereits in früheren Veröffentlichungen wurde dargelegt, wie durch die strukturell bedingte geringe Sichtbarkeit einzelner Befundgruppen (z.B. cleft burials) ganze chronologische Epochen regelrecht „unsichtbar“ bleiben können, wenn in der archäologischen Datenerhebung ausschließlich auf Fernerkundungsergebnisse zurückgegriffen wird.²⁹ Auch hier bergen Folgestudien, besonders auf Basis öffentlich zugänglich gemachter Forschungsrohdaten, daher das Risiko von Fehlschlüssen hinsichtlich der Besiedlungsgeschichte einzelner Regionen.

Aus diesem Grund ist im Regelfall archäologische Fernerkundung lediglich Ergänzung zu und nicht Ersatz für bodengebundene Surveymethoden.³⁰ In verschiedenen möglichen Szenarien, so z.B. infolge politischer Instabilität oder auch der derzeitigen weltweiten Einschränkungen in Folge der Coronapandemie, ist jedoch die Arbeit im Gelände zeitweise nicht möglich. In solchen Fällen muss mit der Tatsache umgegangen werden, dass Datengewinnung und -analyse lediglich durch Fernerkundung sowie Erschließung von Sekundärquellen möglich ist.³¹ Auch aus solchermaßen eingeschränkten Quellen und Rohdaten ist durchaus die Ableitung komplexer Schlussfolgerungen möglich, solange bei der Auswertung die strukturellen Schwierigkeiten der Daten eingehend berücksichtigt werden. Besondere Vorsicht ist in diesem Fall geboten, wenn die Daten nicht nur durch das ursprüngliche Forschungsprojekt ausgewertet werden, sondern prozessierte Rohdaten innerhalb der Fachöffentlichkeit weiter genutzt werden. Hierbei muss nicht nur für eine stabile und nachvollziehbare Datenstruktur und -speicherung Sorge getragen werden, sondern auch dafür, dass wesentliche Informationen über die Erhebungsmethodik (und ihren Einfluss auf die Auswahl

27 Pachur und Altmann 2006, 545ff.

28 Hoelzmann, et al. 2010, 547

29 Eger 2018, 877-878

30 Albertz 2007, 157

31 Ein besonders gelungenes Beispiel hierfür stellen die Fernerkundungsarbeiten von Jutta Häser zur Siedlungsarchäologie Darfurs dar (Häser 2000).



der Dateninhalte) im Archivierungsprozess nicht verloren gehen.

Grundsätzlich ist es selbstverständlich sehr zu begrüßen, dass die Auswertung nicht nur der publizierten Forschungsmeinung, sondern auch der dieser zugrunde liegenden Forschungsrohdaten auch im Rahmen von Folgestudien, die an der ursprünglichen Datenerhebung nicht beteiligt waren, einen immer breiteren Raum einnimmt.³² Die Tatsache, dass die Analyse von Rohdaten ohne hinreichende Berücksichtigung der Umstände ihrer Gewinnung hohe Risiken hinsichtlich falscher Schlussfolgerungen mit sich bringen kann, erfordert allerdings eine besonders sorgfältige und methodenkritische Dokumentation der Datenerhebung, wie unter anderem am Beispiel archäologischer Fernerkundung mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen prägnant gezeigt werden kann.

LITERATUR

- Albertz, J. *Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern*. 3. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2007.
- Bishop, J. L. „Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy.“ In *Remote Compositional Analysis. Techniques for Understanding Spectroscopy, Mineralogy, and Geochemistry of Planetary Surfaces*, edited by J. L. Bishop, J. F. Bell and J. E. Moersch, 68-101. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- Dittrich, A., K. Gessner, and B. Gabriel. „A Mesolithic occupation site near Umm Klait at the Fourth Nile Cataract, Sudan.“ In *Proceedings of the Second International Conference on the Archaeology of the Fourth Nile Cataract: Berlin, August 4th - 6th, 2005*, edited by C. Näser and M. Lange, 43-52. Wiesbaden: Harrassowitz, 2007.
- Eger, J. „Archäologische Fernerkundung im Sudan – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.“ *Wanderer in der Wüste. Zum 80. Geburtstag von Baldur Gabriel. Der antike Sudan. MittSAG - Sonderheft 2*, edited by T. Karberg and J. Eger, 21-28. Berlin, 2017.
- Eger, J. „Archaeological Satellite Imagery-Based Remote Sensing in the Bayuda and the Western Sudan.“ In *Nubian Archaeology in the XXIst Century. Proceedings of the Thirteenth International Conference for Nubian Studies, Neuchâtel, 1st-6th September 2014*, edited by M. Honegger, 873-878. Leuven: Peeters, 2018.
- Eger, J., and T. Karberg. „Neue Forschungen in Nord-Kordofan. Vorbericht über die Feldkampagnen des InterLINK-Projektes der Jahre 2017 und 2018.“ *Der antike Sudan. MittSAG 30*, 2019: 131-146.
- Elmirghani, A., and M. Drzewiecki. *Archaeological Survey in the Sodiri Region, 2011. Preliminary Report*. Sodiri: unpubliziert, 2011.
- Gratien, B., R.-P. Dissaux, J. Evrard, S. Marchi, G. Nogara, and D. Usai. *Abou Sofyan et Zankor. Prospections dans le Kordofan occidental (Soudan)*. Villeneuve d'Ascq: Presses Universitaires du Septentrion, 2013.
- Häser, J. *Siedlungsarchäologie in der Jebel-Marra-Region (Darfur/Sudan) - Archäologischer Einsatz von Fernerkundungsdaten im Sabelgebiet. Internationale Archäologie 55*. Rahden/Westf.:VML, 2000.
- Hinkel, M. *Die Hafire im Sudan. The archaeological map of the Sudan Supplement 2*. Bonn: Habelt, 2015.
- Hinkel, M. „Hafire im antiken Sudan“. *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde 118*, 1991: 32-47.
- Hoelzmann, P., A. Schwalb, N. Roberts, P. Cooper, and A. Burgess. „Hydrological response of an east-Saharan palaeolake (NW Sudan) to early-Holocene climate.“ *The Holocene 20.4*, 2010: 537-549.
- Jones, A., et al., *Soil Atlas of Africa*. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2013.
- Karberg, T. „Cattle in the Meroitic Hinterland Exemplified by Archaeological Record from Musawwarat es Sufra.“ In *The Fifth Day for Nubian Studies*, edited by E. Fantusani and M. Baldi, 105-116. Rom: Scienze e Lettere, 2017.
- Pachur, H.-J., and N. Altmann. *Die Ostsahara im Spätquartär. Ökosystemwandel im größten hyperariden Raum der Erde*. Berlin: Springer, 2006.
- Ray, J. „One commercial Earth-imager deferred in favor of another.“ 04.02.2013. <https://spaceflightnow.com/news/n1302/04geoeye2/> (Zugriff 09.07.2020).
- Scheibner, T. „Entstehung, Ursprung und Nutzung – Die Hafire in Musawwarat es-Sufra und in der Keraba als Wirtschaftsbauten.“ In *Ein Forscherleben zwischen den Welten. Zum 80. Geburtstag von Steffen Wenig. Der antike Sudan. MittSAG - Sonderheft 1*, edited by A. Lohwasser and P. Wolf, 299-322. Berlin: Sudanarchäologische Gesellschaft zu Berlin e.V., 2014.
- Schreier, G. „Opportunities by the Copernicus Program for Archaeological Research and World Heritage Site Conservation.“ In *Remote Sensing for Archaeology and Cultural Landscapes. Best Practices and Perspectives Across Europe and the Middle East*, edited by D. G. Hadjimitsis, et al., 3-18. Berlin: Springer, 2020.

32 Zumal die öffentliche Nutzbarmachung der im Rahmen von Forschungsprojekten erhobenen Rohdaten mittlerweile auch durch Förderinstitutionen wie z.B. der DFG als Geldgeber des SPP „Entangled Africa“ gefordert und gefördert, und zu diesem Zweck der Aufbau von einheitlichen Forschungsdateninfrastrukturen vorangetrieben wird (s. die im Jahre 2015 durch die DFG beschlossenen und veröffentlichten „Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten“).



Weschenfelder, P. „Who gets the lion’s share? Thoughts on Meroitic water management and its role in royal legitimization.“ In *Ein Forscherleben zwischen den Welten. Zum 80. Geburtstag von Steffen Wenig. Der antike Sudan. MittSAG - Sonderheft 1*, edited by A. Lohwasser and P. Wolf, 335-350. Berlin, 2014.

Wessel, B. „TanDEM-X Ground Segment DEM Products Specification Document.“ Vol. 3. no. 2. Oberpfaffenhofen, 2018.

ABSTRACT

Due to the difficulties and limitations induced by the COVID-19 pandemic, no fieldwork was conducted in the spring 2020 season. Instead, remote

sensing activities were extended beyond the previously planned area. It included the eastern part of the Jebel Nagashush as well as the Jebel Awadoun. Some examples of the remote sensing results are: First, a settlement cluster at the pediment of the Jebel Nagashush, closely connected to two palaeo-lakes, which indicate some connection of the settlement cluster to a pluvial period. Second, east of Bir al-Ain, remains of an hafir were discovered, indicating rain-water harvesting for – most probably – agricultural purposes, and at least some amount of centralized planning and therefore administration above the local level. Third, around the Jebel Awadoun, some large walled enclosures, maybe in some way connected to the massive walled settlements of Zankor and Abu Sufyan.