

Will M. Kennedy

## Ein Versuch einer Higuchi-Viewshed-Analyse am Beispiel eines Wachturms auf der Umm al-Biyara in Petra, Jordanien

### Zusammenfassung

Auf dem zentral gelegenen Berg *Umm al-Biyara* in der Nabatäerhauptstadt Petra in Jordanien wurde eine Baustruktur erschlossen, die aufgrund ihrer prominenten Lage als nabatäische Wachposten interpretiert wurde. Anhand GIS (Geographische Informationssysteme)-basierter Sichtbarkeitsanalysen wurde die Funktion der genannten Struktur unter Berücksichtigung der Vermutung, dass es sich hierbei um einen Wachturm handeln könnte, untersucht. Weiterhin wurde die Qualität der Sichtbarkeit zu anderen, exemplarisch ausgewählten Kontrollposten im Umland Petras ermittelt, um den Zusammenhang der Struktur auf der Umm al-Biyara mit zeitgleichen Wachposten zu klären. Ziel der Untersuchung ist es, ein vorläufiges Modell des nabatäischen Kommunikations- bzw. Defensivsystems zu erarbeiten. Dabei wurde die Methode der so genannten Higuchi-Sichtbarkeitsanalyse angewandt, die aufgrund errechneter Distanzwerte eine feinere Klassifizierung des im GIS angezeigten Sichtbarkeitsbereiches ermöglicht. Da bisherige Forschungsarbeiten keine übergreifenden Erkenntnisse zur räumlichen Organisation der antiken Stadt Petra erlauben, wird dieser Beitrag nicht nur die oben genannte Analysemethode kritisch evaluieren, sondern auch weiterführende Schritte zur Erforschung des nabatäischen Wehrsystems diskutieren.

Keywords: Jordanien; Nabatäer; Petra; Higuchi-Sichtbarkeitsanalyse; GIS.

A building structure on the summit of the *Umm al-Biyara* in the ancient Nabataean capital Petra in Jordan was identified as a possible Nabataean watchtower due its prominent strategic position on the hilltop. In this article, GIS (Geographic Information System)-based viewshed analyses investigate the interpretation of the structure as a watchtower and assesses the intervisibility to other presumed towers in the area. The aim of this paper is to present a preliminary model for reconstructing the Nabataean communication and defense system of the Petra hinterland. In order to define a better classification of the visible areas derived

from the GIS-calculations, the so called Higuchi-viewshed analysis was applied, which classifies the range of visibility to calculated distance values. Since research on the spatial organization of the ancient city of Petra is limited, this paper will not only evaluate the above mentioned analysis method critically, but will also discuss further steps in investigating the Nabataean defense system.

Keywords: Jordan; Nabataeans; Petra; Higuchi-viewshed analyses; GIS.

## I Einleitung

In der Mitte des 1. Jahrhundert n. Chr. berichtet der römisch-jüdische Historiker Flavius Josephus wie um 27 n. Chr. eine Tochter des Nabatäerkönigs Aretas IV. nach einer Ehekrise mit Herodes Antipas aus Judäa wieder zurück in das Nabatäerreich reist:

Sie aber hatte schon früher nach Maichairus geschickt und zu dem Untertan ihres Vaters. Als sie nun dort ankam, fand sie alles zur Weiterreise Erforderliche von dem Strategen vorbereitet, brach daher gleich nach Arabien auf und gelangte, von einem Strategen zum anderen geleitet, in kurzer Zeit zu ihrem Vater [...].<sup>1</sup>

Dieses Zitat verweist auf eine gute räumliche Organisation des antiken Nabatäerreichs und lässt auf ein gut funktionierendes Kommunikationssystem schließen. Zudem legt die Erwähnung der *strategoï*, die alt-griechische Bezeichnung eines Heerführers, auch eine militärische Nutzung dieses Systems nahe. Dies wird auch durch die Beschreibungen des griechischen Historikers Diodorus Siculus aus dem 1. Jahrhundert v. Chr. deutlich, der berichtet, dass die Nabatäer im Falle feindlicher Angriffe von Wachposten aus mit Feuersignalen kommunizierten.<sup>2</sup>

Im Rahmen des *International Umm al-Biyara Projects* (IUBP) wurde ein möglicher Wachturm auf dem zentralen Berg Umm al-Biyara in der antiken Nabatäerhauptstadt Petra in Jordanien ausgegraben. Bislang fokussierte sich die Nabatäerforschung im Hinblick auf das Umland Petras auf ländliche Siedlungen und landwirtschaftliche Aktivitäten, doch fehlen extensive Untersuchungen zur militärischen Organisation des Hinterlandes.<sup>3</sup> Nabatäische Militärarchitektur wie Befestigungsanlagen oder Wachtürme wurde bisher nur im Rahmen größerer Surveys wie des *Wadi el Hasa Archaeological Surveys*

1 Josephus, AJ, 18, 109 nach Hackl, Jenni und Schneider 2003, 534.

2 Schmid 2011, 104; Diod. 19, 96, 3. 97, 1

3 Kouki 2012.

oder des *Limes Arabicus Project* dokumentiert.<sup>4</sup> Ein erster Versuch zur Klassifizierung nabatäischer Turmanlagen in der Region erfolgte in den 1970er Jahren von M. Gichon.<sup>5</sup> Doch darüber hinaus gibt es keine umfassende Arbeit zu nabatäischen Wehranlagen.

Um die Sichtbarkeit von dem vermuteten Wachturm auf der Umm al-Biyara zu anderen vermuteten Kontrollposten im Umland Petras zu untersuchen, wurden so genannte Higuchi-Sichtbarkeitsanalysen *viewsbeds* durchgeführt, die den mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) ermittelten Sichtbarkeitsbereich in drei Distanzklassen einteilen. Die Fragestellung der Untersuchung ist zum einen, was diese Erkenntnisse über das bisher unerforschte Defensivsystem der Nabatäer in der unmittelbaren Umgebung von Petra aussagen und zum anderen, ob bestimmte Muster herausgearbeitet werden können, die allgemeine Aussagen über das Kommunikationssystem der Stadt Petra mit ihrem Umland erlauben. Dieser Beitrag stellt einen GIS-basierten Ansatz zur weiteren Erforschung des nabatäischen Defensiv- bzw. Kommunikationssystems vor, ohne Anspruch auf Vollständigkeit oder Korrektheit. Der folgende Inhalt beruht auf dem Vortrag „Methodenvergleich unterschiedlicher Geographischer Informationssysteme am Beispiel einer Sichtbarkeits- und Site-Catchment-Analyse in Petra/ Jordanien“, gehalten im Februar 2013 beim 4. Workshop der AG CAA in Berlin, stellt jedoch die Higuchi-Viewshed-Methode in den Mittelpunkt.

## 2 Die Umm al-Biyara. Ein strategisch bedeutsamer Berg nahe der Nabatäerhauptstadt

Der Berg *Umm al-Biyara*, übersetzt „Mutter der Zisternen“, befindet sich circa 300 m südwestlich vom Stadtzentrum Petras und stellt mit einer Höhe von mehr als 1200 m ü. NN ein zentrales Landschaftselement in der unmittelbaren Umgebung der antiken Stadt Petra dar (Abb. 1).

Das flache, ca. 5,5 ha große Plateau der *Umm al-Biyara* schrägt in südöstlicher Richtung leicht ab und bietet einen perfekten Überblick über das Stadtzentrum Petras im Osten, das Wadi *Arabab* und die dahinter liegende Negev-Wüste im Norden, sowie die Gipfel der *Umm al-Barra* und des *Jabal al-Haroun* im Osten.

Eine Oberflächenbegehung des Gipfels ergab, dass sich der Großteil der nabatäischen Baustrukturen auf der Ostseite des Plateaus befindet, der einzige Bau an der Westseite, welcher ebenfalls aus der nabatäischen Periode stammt, ist die sogenannte Struktur 10 (Abb. 2).

Diese Datierung wurde während der Grabungskampagne 2011 des IUBP bestätigt, denn der Befund wies für die geringe Grundfläche von 7 x 12 m eine erstaunlich hohe

4 Macdonald 1984; Parker 1986; Parker 2009.

5 Gichon 1974.



Abb. 1 Satellitenaufnahme des Stadtgebietes Petras mit der Umm al-Biyara im Südwesten (siehe Pfeil).

Anzahl nabatäischer Keramik auf.<sup>6</sup> Das Fundspektrum belegt eine durchgängige Besiedlung vom 1. Jahrhundert v. Chr. bis in das letzte Viertel des 1. Jahrhunderts n. Chr. Zudem konnten einige Fragmente edomitischer/eisenzeitlicher Keramik dokumentiert werden. Aufgrund der strategisch günstigen Lage der rechteckigen Baustruktur liegt die Vermutung nahe, dass es sich um die Überreste eines nabatäischen Wachturms handeln könnte (Abb. 3).<sup>7</sup>

Von Struktur 10 aus bot sich ein einzigartiger Blick vor allem zu den für Petra überlebenswichtigen Quellen.<sup>8</sup> Außerdem ist von Struktur 10 aus der vermutete nabatäische Wachturm sichtbar, der sich circa 17,4 km südöstlich bei dem modernen Ort Rajif befindet, des weiteren der Turm auf dem Berg Jabal Qarun, ungefähr 7,5 km nördlich von Petra sowie der sich nach Nordwesten windende Wadi Arabah. Zusätzlich herrscht von der Ostseite des Gipfelplateaus unter guten Wetterbedingungen eine perfekte Sicht ins Stadtzentrum.

6 Kennedy 2013, 279–280.

7 Schmid 2011, 103.

8 Schmid 2011, 103 erwähnt, dass die Aussicht vom vermuteten Turm in Richtung auf die Umm al-

Biyara Folgendes einschließt: „[...] ‘Ain Tibitbi in the Baydha area to ‘Ain Braq on the road to Taybeh, including ‘Ain Mousa and the ancient settlement of el-Gji (Gaïa) [Wadi Musa]“.

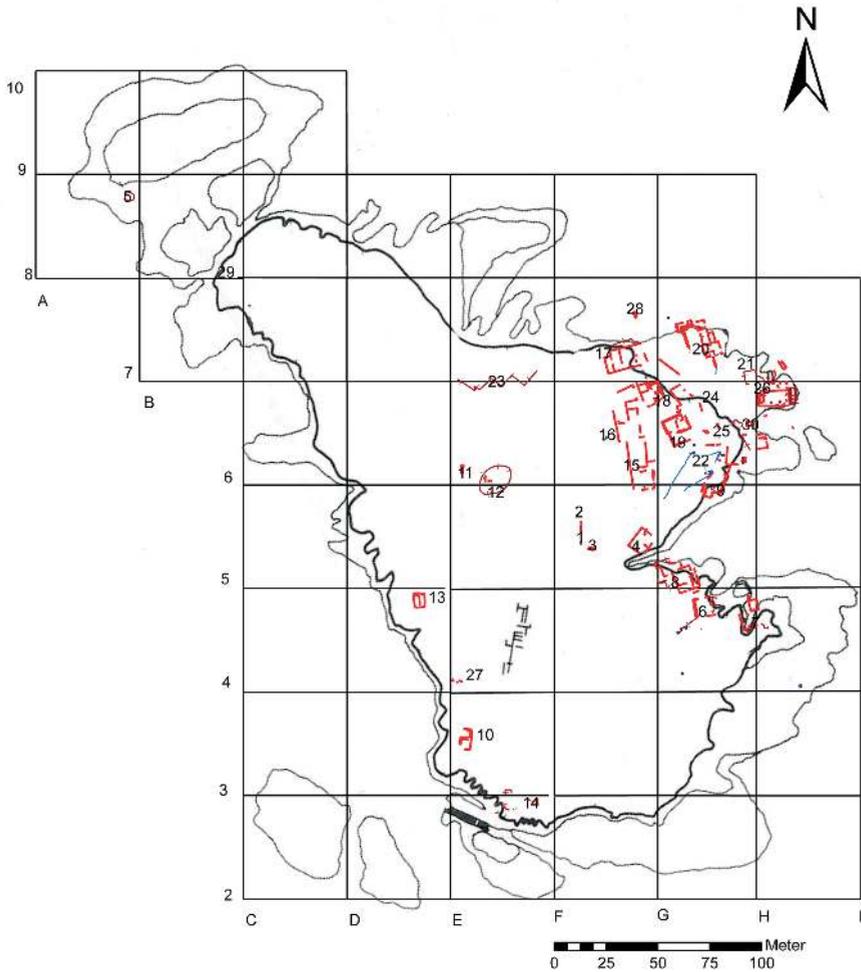


Abb. 2 Übersichtplan der vermuteten Gebäudestrukturen auf der *Umm al-Biyara* mit dem vermuteten Wachturm (Struktur 10) in der Südwestecke des Plateaus.

Vermutlich erkannte man sofort die strategisch günstige Position des Berges *Umm al-Biyara*, vor allem unter Berücksichtigung der ungünstigen Tallage der Stadt Petra selbst.<sup>9</sup> Der vermutete Wachturm auf der *Umm al-Biyara* besaß demnach insbesondere für die frühe Stadtentwicklung einen enormen Stellenwert, denn um eine Stadt in einer strategisch so ungünstigen Lage wie jene von Petra zu bauen, ist es zunächst notwendig

<sup>9</sup> Schmid und Bienkowski 2012, 254–255.

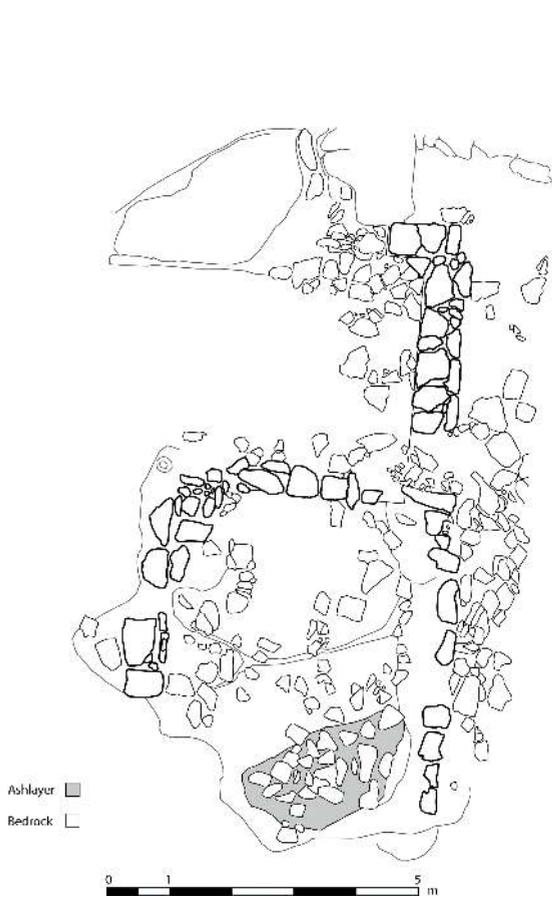


Abb. 3 Aufsichtsplan von Struktur 10.

das unmittelbare Gebiet um die Stadt herum zu kontrollieren. Das Fehlen einer Befestigungsmauer um den Stadtkern Petras macht ein organisiertes Kommunikationssystem von Wachstationen noch wichtiger.<sup>10</sup> Aufgrund der topographischen Lage von Petra wäre die Stadt ohne ein solches System möglichen Feinden hoffnungslos ausgeliefert gewesen. Doch durch ein organisiertes Netzwerk von Wachanlagen in der Region konnten Bedrohungen frühzeitig erkannt und mit gezielten Schlägen neutralisiert werden.<sup>11</sup> Ein solches Netzwerk war für die Hauptstadt des Nabatäerreichs nicht nur aus militärischer Sicht überlebenswichtig, sondern auch aus administrativen und sozial-politischen Gründen erforderlich.<sup>12</sup>

10 Dentzer 2009, 148.

11 Dentzer 2009, 150.

12 Fiema 1995, 266.

Ein Wachposten auf dem Berg ermöglicht erst die Sichtverbindung zwischen Petra und dem Umland. Diese Situation wird auch in den historischen Quellen beschrieben: So erwähnt Diodor in seinem Bericht über die Ereignisse von 312/311 v. Chr., als die Makedonen versuchten Petra einzunehmen, dass die Nabatäer Wachposten an erhöhten Stellen in der Landschaft aufgestellt hatten, die über Feuersignale miteinander kommunizierten.<sup>13</sup>

Ziel dieses Artikels ist es, anhand einer quantitativen GIS-basierten Methode, ausgehend vom Befund der Struktur 10 auf der *Umm al-Biyara* und einigen exemplarischen Beispielen, die Interpretation des archäologischen Befundes zu analysieren und gegebenenfalls zu verifizieren. Die hier vorgestellte Arbeit setzt voraus, dass es sich bei allen vermuteten Wachtürmen tatsächlich um Wachtürme handelt. Unter dieser Voraussetzung erfolgt eine Analyse der Sichtkontakte von Struktur 10 zu den anderen Wachtürmen (Abb. 4). Dabei kam zunächst eine übliche Sichtbarkeitsanalyse mit der Software ArcGIS zum Einsatz. In einem zweiten Schritt wurde die so genannte Higuchi-Viewshed-Methode gewählt, um mehrere Sichtbarkeitsstufen zu unterscheiden. Im Folgenden werden beide Methoden beschrieben.

### 3 Viewshed und Higuchi-Viewshed-Analyse

Im GIS berechnete Sichtbarkeitsanalysen basieren auf einem Digitalen Geländemodell (DGM). Ausgehend von einem Beobachtungspunkt lassen sich sichtbare und nicht-sichtbare Flächen in der umliegenden Landschaft ermitteln. Die sichtbaren Flächen werden im Folgenden *Sichtfelder* genannt. Wheatley und Gillings stellen vier Faktoren vor, die bei Sichtbarkeitsanalysen zu beachten sind: die lokalen und regionalen Landschaftsbedingungen (in diesem Zusammenhang auch die Klima- und Wettereigenschaften), den Aspekt der Mobilität, den Grad und Umfang der Sichtbarkeit von und zu bestimmten Objekten oder Orten und die Berücksichtigung von diachronen Landschaften oder Fundplätzen.<sup>14</sup> Ferner sind Informationen zur Höhe des Beobachtungspunktes und des Zielobjekts entscheidend.<sup>15</sup> Sichtbarkeitsanalysen können über den kulturellen Kontext eines Ausgangsobjekts Auskunft geben, indem die archäologischen Befunde unterschiedlichster Funktionen im Sichtfeld ermittelt werden, und damit die traditionelle archäologische Forschung unterstützen. Dies erlaubt wiederum Rückschlüsse auf die eigentliche Funktion des untersuchten Objektes.<sup>16</sup>

In ihrem grundlegenden Artikel stellen Wheatley und Gillings<sup>17</sup> das Konzept des japanischen Landschaftsgestalters Tadahiko Higuchi vor und diskutieren die archäologi-

13 Schmid 2011, 104; Diod. 19, 96, 3, 97, 1.

14 Wheatley und Gillings 2000, 5–14.

15 Posluschny 2008, 367.

16 Posluschny 2008, 371; Ogburn 2006, 405.

17 Wheatley und Gillings 2000, 5–14.

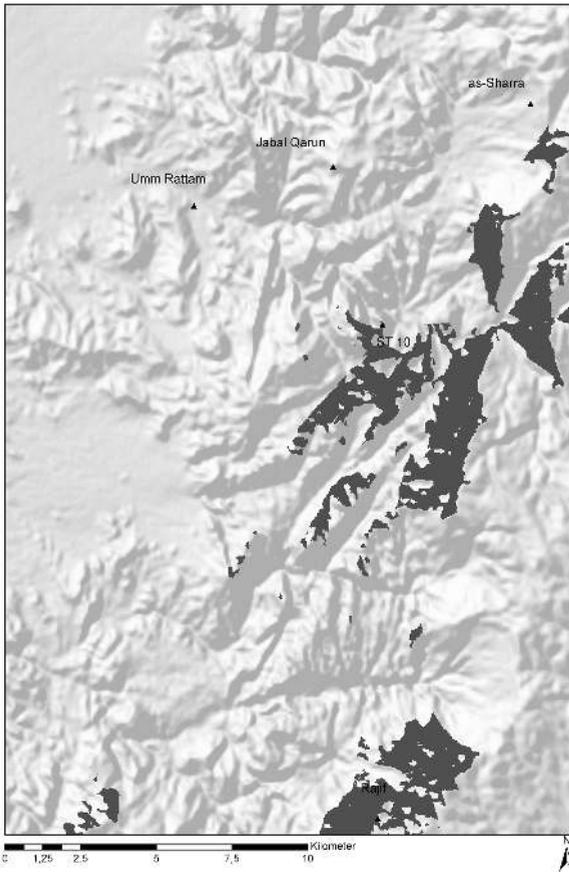


Abb. 4 Sichtfeld von Struktur 10 aus bei einer Strukturhöhe von 4 m.

sche Anwendung.<sup>18</sup> Wheatley und Gillings erkannten, dass durch die acht von Higuchi definierten Kennzahlen eine weit umfassendere und konkretere Analyse der visuellen Umwelt möglich ist als durch klassische Sichtbarkeitsberechnungen.<sup>19</sup> Die von Higuchi vorgeschlagenen Faktoren beinhalten Sichtfelder, Distanzmessungen, Einfallswinkel, die absolute Sichtbarkeitsgrenze, den Absenkwinkel, den Höhenwinkel, räumliche Tiefe und 3-Dimensionalität sowie Lichteinfall. Vor allem in Bezug auf Distanzwerte erkannte Higuchi, dass Landschaften in der menschlichen Wahrnehmung komplexe Gebilde darstellen, die mit zunehmendem Abstand unscharf wirken, wodurch die Erkennbarkeit von Objekten eingeschränkt ist. So wirkt sich der Abstand unmittelbar auf

18 Wheatley und Gillings 2000, 15–24. Für eine vertiefte Einführung in das Higuchi-Konzept s. Higuchi 1983.

19 Wheatley und Gillings 2000, 15.

die Qualität der Landschaftswahrnehmung aus. Higuchi definiert drei Stufen der Sichtbarkeit, und zwar auf Grundlage der typischen Höhe von Bäumen in der betrachteten Landschaft.<sup>20</sup> Die erste Stufe beschreibt ein *nahes Sichtfeld*. Hierzu gehören die Strukturen, die sich im unmittelbaren, alltäglichen Umfeld des Standpunktes befinden.

Im Idealfall beinhaltet das *mittel-weite Sichtfeld* zwar eine weite Sicht über ein großes Terrain, dabei sind jedoch zusätzlich zu den topographischen Oberflächen kaum noch bebauten Strukturen zu erkennen.<sup>21</sup> In dieser Stufe können Wetterbedingungen die Sichtverhältnisse verschlechtern.

Im *weiten Sichtfeld* sind schließlich nur noch grobe Landschaftselemente wie Berge erkennbar und Farben werden nur als hell oder dunkel wahrgenommen. Den wichtigsten Aspekt bildet in dieser Stufe der Horizont, der eine Absenkung der vertikalen Sichtachse vortäuscht, wobei sichtbare Strukturen in keinem Bezug mehr zum Betrachter stehen.

Die in dieser Arbeit durchgeführten Sichtbarkeitsanalysen basieren auf einem 30m-ASTER-GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – Global Digital Elevation Model).<sup>22</sup> Alle Analysen umfassen einen horizontalen Winkel von 360°. Bei den Sichtbarkeitsberechnungen ist neben der Ausgangsposition auch die manuell angegebene Realhöhe, das sogenannte *viewshed off-set*, wichtig: Die Realhöhe ist die Summe aus der angenommenen Durchschnittshöhe eines Erwachsenen (Sichthöhe) und der Höhe eines Objektes, auf welchem sich die Person befindet, zum Beispiel die Wachturmplattform. Schließlich wird für das vertikale Gesichtsfeld ein Winkel von 90° nach oben wie nach unten angenommen. Der Radius der Sichtfelder ist nur durch die Größe des Untersuchungsgebiets begrenzt. Schließlich wird die Verzerrung durch die Erdkrümmung bei der Generierung der Sichtfelder automatisch korrigiert.<sup>23</sup>

Im Fokus der Analyse soll zwar Struktur 10 auf *Umm al-Biyara* stehen, doch dienen vier weitere präsumtive Wachturmstandorte im Petra-Umland als Vergleichsbeispiele: die vermuteten Wachtürme bei dem nabatäisch-römischen administrativen Gebäude *Qasr Umm Rattam*, auf dem bereits oben erwähnten *Jabal Qarun*, beim *as-Sharra* Berg und beim ebenfalls oben vorgestellten Ort *Rajif*.

Zunächst wurde eine einfache Sichtanalyse von Struktur 10 mit einer Realhöhe von 1,70 m durchgeführt.<sup>24</sup> Das so errechnete Sichtfeld reicht bis ca. 8 km in östliche Rich-

20 Higuchi 1983, 11–16. Vgl. auch Leusen 2004, 11–12, der die Higuchi-Methode für seine Sichtbarkeitsanalysen von archaischen und frühromischen Siedlungen in der Pontine-Region (Latium) anwendete.

21 Wheatley und Gillings 2000, 16.

22 Die Datenbasis ist nicht optimal, doch ist sie für eine anfängliche Modellierung der Sichtbarkeitsanalysen vorerst ausreichend. Das hier verwendete Höhenmodell ist ein Produkt des Handelsministe-

riums Japans (METI, Ministry of Economy, Trade and Industry) und der United States National Aeronautics and Space Administration (NASA). Die Daten sind frei zugänglich unter <http://www.jspace-systems.or.jp/ersdac/GDEM/E/4.html> (besucht am 09/10/2015).

23 Alle Analysen, die in diesem Artikel vorgestellt werden, wurden mit ArcGIS 10 durchgeführt.

24 Vgl. Wheatley und Gillings 2000, 7.

tung und ist in südsüdöstliche Richtung annähernd flächendeckend, dennoch umfasst es nicht die kartierten Wachtürme *Qasr Umm Rattam* im Nordwesten, *Jabal Qarun* im Norden und *Rajif* im Süden.

Aufgrund dieses Negativergebnisses kam teilweise die gleiche Methode mit einer Realhöhe von 3 m, 4 m (Abb. 4), 6 m bzw. 8 m zum Einsatz. Die Werte wurden vorerst willkürlich gewählt, um zu prüfen, ob die Sichtfelder signifikante Unterschiede aufweisen. Jedoch zeigten sich keine wesentlichen Veränderungen, mit Ausnahme einer unrealistischen Erweiterung der Sichtweite auf circa 40 km, welche in Higuchis „weiteres Sichtfeld“ fällt.

Da aufgrund der geringen Mauerstärke von Struktur 10 eine Realhöhe von 6 m beziehungsweise 8 m nicht realistisch erscheint, wurde diese auf 4 m gesetzt, so dass sich bei einer Augenhöhe (Sichthöhe) von 1,70 m eine Objekthöhe von 2,30 m ergibt, die aufgrund der Mauerstärke realistisch erscheint. Dieser Wert wurde anschließend für *Qasr Umm Rattam*, *Rajif*, *as-Sharra* sowie *Jabal Qarun* übernommen und für jeden Standpunkt ein Sichtfeld mit einer Realhöhe von 4 m generiert.

Aufgrund des Bergmassivs beschränkt sich das Sichtfeld von *Qasr Umm Rattam* (Abb. 5) auf die südsüdöstliche Richtung mit einer maximalen Entfernung von 6 km. Von dem Wachturm auf dem *as-Sharra* Berg aus ist die Gegend zwischen der Umm al-Biyara und dem *Jabal Qarun* sowie das Gebiet westlich von Petra gut erkennbar.<sup>25</sup>

Das Sichtfeld von *Rajif* (Abb. 6) umfasst eine weite Fläche von ca. 2700 km<sup>2</sup> in westliche und nördliche Richtung und schließt auch das Wadi Arabah sowie die Gegend südlich von Struktur 10 ein.

Die Turmanlage unmittelbar am Fuße der Sharraberge überblickt die gesamte Fläche zwischen der *Umm al-Biyara* und dem *Jabal Qarun* (Abb. 7).

Nur vom *Jabal Qarun* (Abb. 8), welcher mit 1200 m ü. NN am höchsten von allen hier betrachteten Türmen liegt, bietet sich eine exzellente Sicht in alle Himmelsrichtungen. Das Sichtfeld beinhaltet das unmittelbare Umfeld von *Qasr Umm Rattam* und reicht über die Sharraberge bis zu den Felshängen bei *Rajif* im Süden. Doch Struktur 10 und das gesamte Petra-Tal bleiben außerhalb des Sichtfeldes.

Zuvorderst bleibt festzuhalten, dass keine Struktur im Sichtfeld einer anderen liegt. Unter der Annahme, dass der vorliegende archäologische Datensatz der Wachtürme im Umfeld von Petra unvollständig ist, wurden nun in einer zweiten Analyse mit der Higuchi-Viewshed-Methode mögliche Verdachtsflächen für die Existenz weiterer Wachtürme berechnet. So erscheint es sinnvoll, die Sichtfelder in die von Higuchi vorgeschlagenen Klassifizierungen von nahen, mittel-weiten und weiten Sichtfeldern zu unterteilen, wobei zwei Türme in den jeweiligen mittel-weiten Sichtfeldern liegen müssten, damit sie zueinander sichtbar wären. Auf Basis der Higuchi-Klassifizierungen kön-

25 Vgl. hierzu auch Kennedy 2013, 285.



Abb. 5 Sichtfeld von Qasr Umm Rattam.

nen mögliche, bisher noch unbekannte Positionen nabatäischer Wachtürme ermittelt werden, um das funktionierende Kommunikationssystem im Umland Petras zu rekonstruieren.

Für die Klassifizierung wurden nun auf Basis von Überblicksaufnahmen vom Gipfelplateau des Berges Umm al-Biyara (Abb. 9) gebaute Strukturen mit einer Höhe von 4 m als Referenzobjekte (vermutete Höhe der Wachtürme mit einem darauf befindlichen Wachposten oder Aufbauten) definiert.<sup>26</sup>

26 Ogburn 2006, 408 kritisiert die Anwendung der Higuchi-Viewshed-Analyse bei archäologischen Untersuchungen, die Higuchis Vorschlag folgen und Bäume als standardisierte Objekthöhe verwenden. Ogburn führt auf, dass Baumhöhen regional un-

terschiedlich und eben nicht standardisiert sind. Stattdessen schlägt er vor *fuzzy viewsheds* zu generieren, die die Zielobjekthöhe berücksichtigen und das Sichtfeld auf diese Weise klassifizieren.

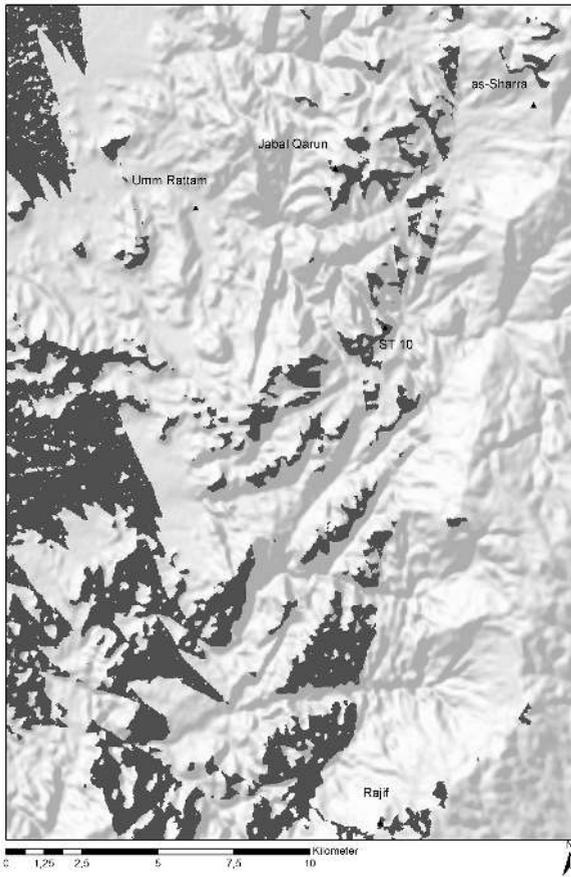


Abb. 6 Sichtfeld von Rajif.

Diese Referenzhöhe wurde mit den von Higuchi errechneten Faktoren – 60 für ein nahes Sichtfeld und mit 1100 für ein weites Sichtfeld – multipliziert.<sup>27</sup> Das nahe Sichtfeld befindet sich also in einem Umkreis von 240 m, ein mittel-weites Sichtfeld zwischen 240 m und 4400 m und schließlich ein weites Sichtfeld außerhalb eines Radius von 4400 m.

Zieht man um jeden Standort einen Kreis mit der maximalen Ausdehnung des mittel-weiten Sichtfeldes (4400 m), so liegt der Großteil des Sichtfeldes außerhalb des aussagefähigen mittel-weiten Sichtfeldes, dies gilt insbesondere für *Jabal Qarun*. Selbst

27 Higuchi 1983, 14–16. Für die quantitative Erfassung der Sichtdistanzen s. auch Wheatley und Gillings 2000, 16: „In quantitative terms the maximum distance at which visibility can be regarded as short-distance is equivalent to a horizontal angle of steady

gaze of 1 degree, or approximately 60 times the size of the dominant tree species for the area. At a horizontal angle of gaze of 3 minutes, equal to a distance of 1.100 times the size of the tree, we move into the long distance range“.

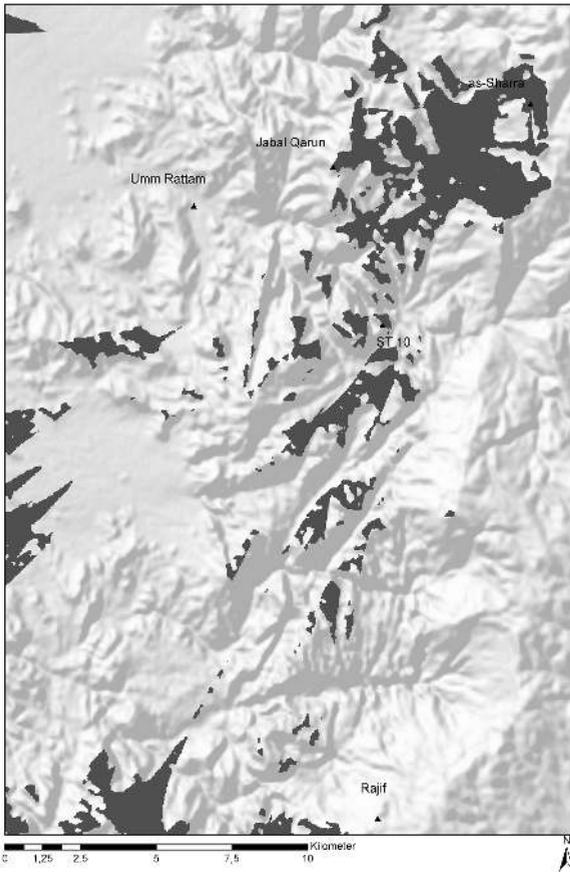


Abb. 7 Sichtfeld von as-Sharra bei einer Strukturhöhe 4 m.

wenn der Wachturm bei *Rajif* also im Sichtfeld von Struktur 10 liegen würde, wäre er bei einer Distanz von ca. 17 km weit außerhalb des Bereiches, innerhalb dessen ein Wachturm noch erkennbar ist. Interessanterweise bestätigen sich hier die Ergebnisse der einfachen Sichtbarkeitsanalysen, denn keine Struktur liegt innerhalb der mittel-weiten Reichweite einer anderen (Abb. 10).

Bei Betrachtung der sichtbaren Bereiche innerhalb der jeweiligen mittel-weiten Sichtbarkeitskreise aller hier behandelten Strukturen fällt auf, dass jede dieser Flächen Bereiche beinhaltet, die in keinem anderen mittel-weiten Sichtfeld liegen.<sup>28</sup> Mögliche zusätzliche Wachturmstandorte sind insbesondere in den sich überschneidenden mittel-weiten Sichtfeldern zu suchen. Solche Überlappungsbereiche finden sich nordwestlich

28 *Rajif* muss hier außen vor gelassen werden, da sich die Struktur zu weit von den anderen entfernt befindet und somit in keinem direkten Kontakt steht.

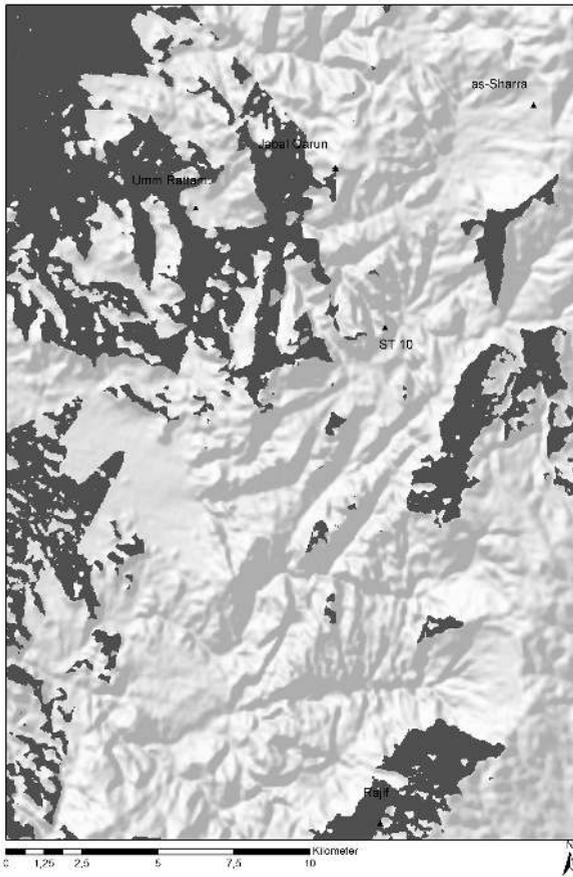


Abb. 8 Sichtfeld von Jabal Qarun bei einer Strukturhöhe von 4 m.

von Struktur 10, in Sichtfeldern ausgehend von *Jabal Qarun*, *Qasr Umm Rattam* und Struktur 10 sowie in einem weiter nördlichen Bereich.

Als Teilergebnis lässt sich also festhalten, dass es keine direkten Sichtbeziehungen zwischen den hier betrachteten Standorten gab, was jedoch nicht ausschließt, dass sie über noch nicht entdeckte Wachturmstandorte in indirekter Sichtverbindung standen. Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch zum einen, dass die hier untersuchten präsumtiven Wachtürme unterschiedliche Bereiche des Petraer Umlandes überblicken konnten, was ihre Funktion als Teile eines Defensivsystems wahrscheinlich macht; zum anderen liegt die Vermutung nahe, dass sich im gemeinsam sichtbaren Gebiet von *Qasr Umm Rattam*, *Jabal Qarun*, *as-Sharra* und Struktur 10 auf der Umm al-Biyara eventuell weitere Wachposten befanden, die eine Kommunikation aller Strukturen über Sichtkontakt gewährleisten könnten.



Abb. 9 Überblicksphoto vom Gipfel der *Umm al-Biyara*.

#### 4 Higuchi-Viewshed-Analysen weiterer Beispiele aus nabatäisch-römischer Zeit in Jordanien

Um Vergleiche zu den oben dargestellten Ergebnissen zu erhalten, wurden, auf Basis der Ergebnisse des von Burton Macdonald 1984 durchgeführten *Wadi el Hasa Archaeological Surveys* (WHS),<sup>29</sup> weitere Beispiele nabatäischer Wachposten mit den oben beschriebenen Parametern untersucht. Macdonald führt an, dass etliche, vermutlich nabatäische Wachposten vor allem entlang des Wadi el Laban im Hasa-Gebiet ca. 75 km nördlich von Petra aufzufinden seien. Er beschreibt die Befunde WHS 359 und 291 als Einheit, die aufgrund der guten Sichtverhältnisse in engem Zusammenhang mit WHS 296 (einer größeren Befestigungsanlage) zu sehen sind.<sup>30</sup> Während bei WHS 359 keine Oberflächenfunde registriert wurden, fanden sich in WHS 291 (*Rujm Muhammed*) überwiegend nabatäische Keramikfunde.<sup>31</sup> Beide Wachposten flankieren die tiefer gelegene Befestigungsanlage von WHS 296. Ausgehend von diesen drei beispielhaften Befunden

29 Macdonald 1984, 219–230.

30 Macdonald 1984, 224.

31 Außerdem attestierten die Oberflächenfunde bei WHS 291 Siedlungsaktivitäten bis in die spätrömische Phase.

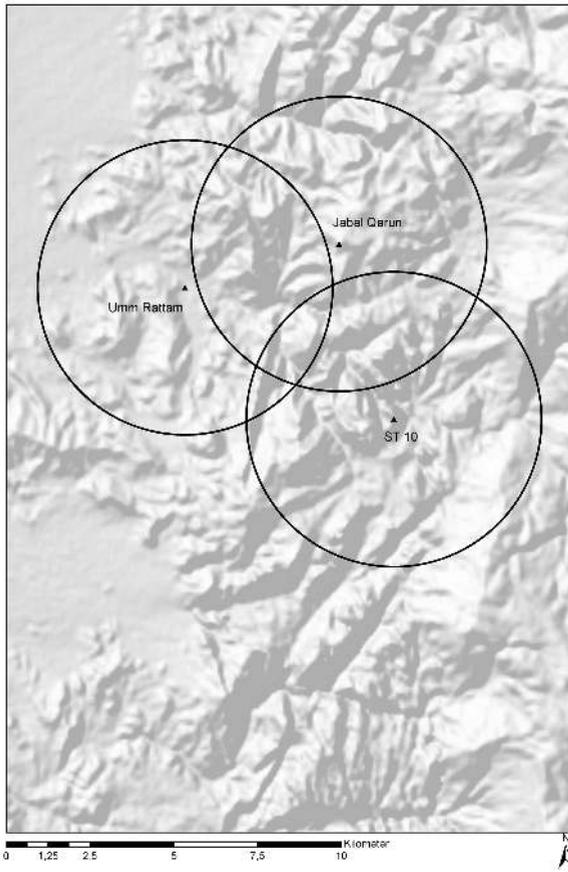


Abb. 10 Sichtfelder von Qasr Umm Rattam, Jabal Qarun und Struktur 10 auf der Umm al-Biyara. Der Radius des mittelweiten Sichtfeldes wurde auf 4400 m gesetzt.

wurden ebenfalls mittel-weite Higuchi-Sichtfelder generiert (Abb. 11).<sup>32</sup> Dabei zeigte sich, dass die GIS-Analysen die Vermutungen von Macdonald tatsächlich bestätigen.

Während das Sichtfeld von WHS 291 die anderen Strukturen zwar nicht eindeutig einschließt – also keine Intervisibilität vorhanden ist, erlauben alle drei Standorte zusammen eine Überwachung der Bewegungen im Wadi el La’ban sowie im Wadi Ja’is. Macdonald vermutet ebenfalls, dass eine gute Kommunikation von den Türmen zu *Rujm Karaka* im Westen sowie anderen Befestigungsanlagen und Wachtürmen im Osten bestanden haben musste.<sup>33</sup> Die Sichtbarkeitsanalyse zeugt von einer visuellen Einheit und die einzelnen Strukturen liegen alle deutlich in dem Radius des mittel-weiten Sicht-

32 Die genauen Koordinaten wurden dem Google Earth Plugin von „The Digital Archaeological

Atlas of the Holy Land“ entnommen: <http://da-ahl.ucsd.edu/DAAHL/>. (besucht am 17/04/2013).

33 Macdonald 1984, 226.

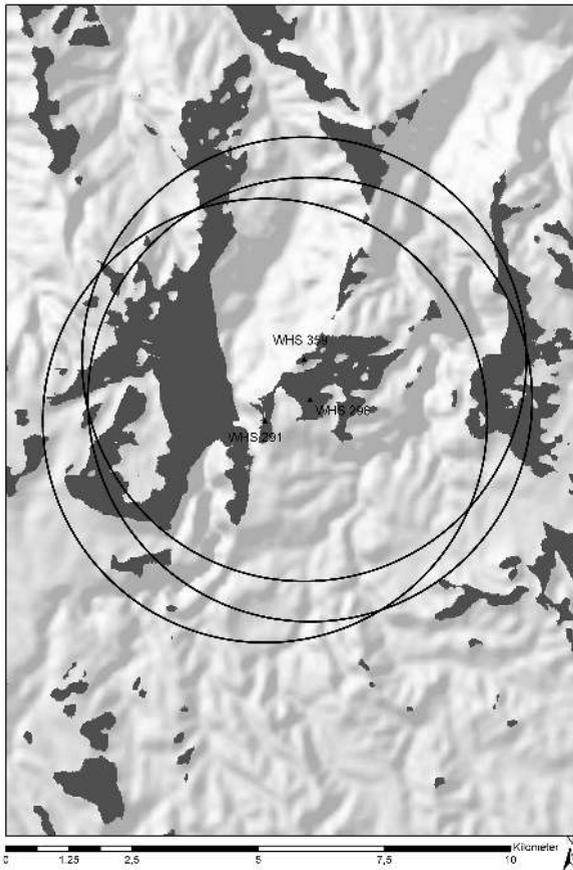


Abb. 11 Sichtfelder von den Strukturen WHS 291, 296 und 359, jeweils mit dem maximalen mittel-weiten Distanzradius von 4400 m.

feldes von 4400 m. An diesem Beispiel zeigt sich also, dass die hier beschriebenen Parameter für die Sichtanalysen der unmittelbaren Petra-Region tatsächlich greifen.

Ein zweites Beispiel aus römischer Zeit verwendet die Ergebnisse der beiden Surveykampagnen von S. T. Parker in den 1970er und 1980er Jahren zur Untersuchung des römischen Defensivsystems entlang der nach der römischen Annexion ausgebauten *Via Nova Traiana*.<sup>34</sup> Mit Methoden der experimentellen Archäologie untersuchte Parker Kommunikationsmöglichkeiten mithilfe von Signalen im Umfeld des römischen Militärlagers bei Lejjun<sup>35</sup>. Das Lager befindet sich etwa 160 km nordöstlich von Petra, ca. 13 km östlich der *Via Nova Traiana*. Es liegt in einem niedrigen Talkessel des Wadi Lejjun und ist umgeben von einer Kette kleinerer Hügel, auf der weitere römische Befestigungsanlagen und Wachposten in einer Entfernung zwischen 1,5 und 2,5 km

34 Parker 1986 und Parker 2009.

35 Parker 1986, 60, 84.

aufzufinden sind. Parker bemannte bei seinem Experiment insgesamt 14 dieser Befestigungsanlagen und Wachtürme und untersuchte die Signalübertragung mittels Feuer, Rauch und Spiegeln. Jede dieser Methoden wurde morgens, mittags und nachts getestet. Die Experimente ergaben, dass die Signalübertragung mittels Rauch bei ungünstigen Windverhältnissen problematisch ist, sich jedoch Feuersignale vor allem nachts exzellent zur Nachrichtenübermittlung eignen. Spiegelsignale waren tagsüber nur von Posten in maximal 5 km Entfernung gut erkennbar.

Basierend auf der guten Sichtbarkeit von Feuersignalen bei Nacht konnte ein Kommunikationsnetzwerk rekonstruiert werden, das mit drei bemannten Posten eine Distanz von 15 km und mit zehn bemannten Posten eine Distanz von 20 km erreichte. Dies ergibt eine durchschnittliche Distanz von zwei bis 5 km zwischen den einzelnen Posten, welche sehr gut in den hier vorgeschlagenen Radius des mittel-weiten Sichtfeldes fällt.

## 5 Diskussion

Bei den Ergebnissen der Sichtanalysen der WHS-Fundplätze, wie auch bei Parkers Sichtbarkeitsexperiment, ist zu beachten, dass die Topographie der Wadi La'ban- und der Wadi Lejjun-Umgebung von einer niedrigen Hügelregion bestimmt und bei weitem nicht so extrem von tiefen Schluchten durchrissen ist wie das Petra-Gebiet. Gerade bei einer so zerklüfteten Topographie wie die direkte Umgebung Petras kann das Problem auftreten, dass die Auflösung des hier benutzten DGMs die Oberfläche nicht genau genug beschreibt. Das Ergebnis der Sichtanalyse für die WHS-Beispiele lässt darauf schließen, dass ein erfolgreiches nabatäisches Kommunikationssystem von Wachposten *mindestens* die hier vorgeschlagenen Parameter erfüllt haben müsste.<sup>36</sup>

Tatsächlich fanden archäologische Untersuchungen des römischen Defensivsystems bislang nur schwerpunktmäßig in Transjordanien statt. Das nabatäische System regionaler Kontrolle wurde bisher lediglich als Nebensache oder im allgemeinen Zusammenhang der Entwicklung nabatäischer Siedlungsstrukturen angesprochen.<sup>37</sup> Belegt ist, dass die Römer 106 n. Chr., nach der Eingliederung des Nabatäerreiches in das Römische Imperium, für die Überwachung des *limes arabicus* nabatäische Wachstationen einfach übernahmen bzw. ausbauten.<sup>38</sup> Allerdings basiert diese Annahme in den meis-

36 Sicher kann es als problematisch gesehen werden, dass bei der Untersuchung von einem nabatäischen Kontrollsystem ein Beispiel aus römischer Zeit aufgeführt wird.

37 Vgl. Gichon 1974; Macdonald 1984; Parker 1986 und Parker 2009; Graf 1992; Zayadine 1992; Fiema 1995; Erickson-Gini 2002 und Erickson-Gini 2006; al-Khouri 2003 und Hirschfeld 2006.

38 Parker 1986, 115; Hackl, Jenni und Schneider 2003, 69.

ten Fällen nur auf den Ergebnissen von Oberflächensurveys im nahen Umfeld der *Via Nova Traiana*.<sup>39</sup>

Der Umstand, dass bei der Ausgrabung von Struktur 10 auf dem Berg Umm al-Biyara nicht nur einige edomitische/eisenzeitliche Keramikfragmente dokumentiert werden konnten, sondern dass sich der Wachturm in unmittelbarer Nähe einer edomitischen Siedlung befindet,<sup>40</sup> passt zu den Beobachtungen aus dem Negev,<sup>41</sup> weitere Beispiele für die nabatäische Übernahme von ursprünglich eisenzeitlichen Wehranlagen finden sich auf jordanischem Gebiet.<sup>42</sup> Ferner belegt der lückenlose zeitliche Übergang der Keramikfunde bei Struktur 10 vom 1. Jahrhundert v. Chr. bis zum 1. Jahrhundert n. Chr. eine durchgehende Nutzung der Struktur bis zur römischen Annexion des Nabatäerreiches 106 n. Chr.

## 6 Fazit

Dieser Beitrag zeigt, wie GIS-basierte Untersuchungen einen an sich wenig aufschlussreichen archäologischen Einzelbefund dennoch in einen zeitlichen und kontextuellen Zusammenhang bringen können. Die hier durchgeführten Sichtbarkeitsanalysen untermauern die Interpretation der 2011 ausgegrabenen Struktur 10 als nabatäischen Wachturm auf dem *Umm al-Biyara* Berg bei Petra. Dabei konnte eine antike Reallhöhe von 4 m rekonstruiert und anhand der Higuchi-Viewshed-Methode ein Radius zwischen 240 und 4400 m für eine optimale Sichtkommunikation bei guten Wetterbedingungen errechnet werden. Obwohl die hier betrachteten Standorte von vermuteten nabatäischen Wachposten (bei *Qasr Umm Rattam*, *Jabal Qarun*, *as-Sharra*, *Rajif* und Umm al-Biyara) wahrscheinlich keine direkten Sichtbezüge hatten, unterstützen die Daten von den zeitgleichen Anlagen im Wadi el-Hasa und den römischen Befestigungen im Wadi Lejjun die Wahl der hier vorgeschlagenen Sichtparameter. Außerdem darf Struktur 10 anhand ihrer durchgehenden Nutzung vom 1. Jahrhundert v. Chr., möglicherweise sogar mit einer edomitischen/eisenzeitlichen Siedlungsphase, bis zum 1. Jahrhundert n. Chr. im Zusammenhang mit einem frühen nabatäischen Defensivsystem gesehen werden. Demnach können die mit der Higuchi-Viewshed-Methode errechneten Sichtparameter als regelhaft für ein frühes nabatäisches Wehrsystem im umliegenden Gebiet von Petra angenommen werden.

Weiterführende Untersuchungen sollten vor allem in den als Verdachtsflächen markierten Gebieten im näheren Umfeld von Petra erfolgen, um die fehlenden Standorte

39 Macdonald 1984; al-Khoury 2003.

40 Schmid und Bienkowski 2012, 253.

41 Erickson-Gini 2006, 157–160; Hirschfeld 2006, 167–168.

42 Parker 1986, 116; Fiema 1995, 265; al-Khoury 2003, 70–71.

im Kommunikationsnetz zu identifizieren. Auf Grund der stark reliefierten Topographie des Geländes lassen sich die Verdachtsflächen auf wenige Quadratkilometer eingrenzen. Somit könnte es zukünftig möglich sein, die Funktion der Türme als Wach- aber auch als Signaltürme zweifelsfrei zu belegen.

# Bibliographie

## Dentzer 2009

Jean-Marie Dentzer. „Espace urbain et environnement dans les villes nabatéennes de Pétra, Hegra et Bosra“. In *Archéologie et environnement dans la Méditerranée antique*. Hrsg. von Françoise Dumasy-Mathieu und François Queyrel. Genf: Droz, 2009, 143–192.

## Erickson-Gini 2002

Tali Erickson-Gini. „Nabataean or Roman? Reconsidering the Date of the Camp at Avdat in Light of Recent Excavations“. In *Limes XVIII: Proceedings of the XVIIIth International congress of Roman Frontier Studies, held in Amman, Jordan (September 2000)*. Hrsg. von Philip Freeman, Julian Bennett, Zbigniew T. Fiema und Birgitta Hoffmann. Amman: Oxford Archaeopress, 2002, 113–130.

## Erickson-Gini 2006

Tali Erickson-Gini. „Down to the Sea. Nabataean Colonisation in the Negev Highlands“. In *Crossing the Rift. Resources, Routes, Settlement Patterns and Interaction in the Wadi Arabab*. Hrsg. von Piotr Bienkowski und Katharina Galor. Oxford: Oxbow Books, 2006, 157–166.

## Fiema 1995

Zbigniew T. Fiema. „Military Architecture and the Defense System of Roman-Byzantine Southern Jordan. A Critical Appraisal of Current Interpretations“. In *Studies in the History and Archaeology of Jordan*. Hrsg. von Kharieh ‘Amr, Fawzi Zayadine und Mouna Zaghoul. Bd. 5. Jordan Press Foundation Amman, 1995, 261–269.

## Gichon 1974

Mordechai Gichon. „Towers on the Limes Palaestinae“. In *Actes du Neuvième Congrès International d’Études sur les Frontières Romaines Mamaia, 6.–14. Sept. 1972*. Hrsg. von Dionisie M. Pippidi. Bucharest: Editura Academiei, 1974, 513–531.

## Graf 1992

David F. Graf. „Nabataean Settlements and Roman Occupation in Arabia Petraea“. In *Studies in the History and Archaeology of Jordan*. Hrsg. von Mouna Zaghoul. Bd. 4. Amman: Department of Antiquities, 1992, 253–260.

## Hackl, Jenni und Schneider 2003

Ursula Hackl, Hanna Jenni und Christoph Schneider. *Quellen zur Geschichte der Nabatäer. Textsammlung mit Übersetzung und Kommentar*. Freiburg: Universitäts Verlag/ Göttingen, Vandenhoeck u. Ruprecht, 2003.

## Higuchi 1983

Tadahiko Higuchi. *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. Cambridge: Mass., MIT Press, 1983.

## Hirschfeld 2006

Yizhar Hirschfeld. „The Nabataean Presence South of the Dead Sea. New Evidence“. In *Crossing the Rift. Resources, Routes, Settlement Patterns and Interaction in the Wadi Arabab*. Hrsg. von Piotr Bienkowski und Katharina Galor. Oxford: Oxbow Books, 2006, 167–190.

## Kennedy 2013

Will M. Kennedy. „The Hills Have Eyes. GIS-Based Studies on a Possible Watchtower on Umm al-Biyara“. In *Men on the Rocks. The Formation of Nabataean Petra*. Hrsg. von Michel Mouton und Stephan G. Schmid. Berlin: Logos, 2013, 271–293.

## al-Khouri 2003

Maysoun al-Khouri. *Il limes arabicus*. Roma: CISU, 2003.

## Kouki 2012

Paula Kouki. *The Hinterland of a City. Rural Settlement and Land Use in the Petra Region from the Nabataean-Roman to the Early Islamic Period*. Helsinki: Helsinki University Press, 2012.

**Leusen 2004**

Martijn van Leusen. „Visibility and the Landscape: An Exploration of GIS Modelling Techniques?“ In *Enter the Past. The E-way into the Four Dimensions of Cultural Heritage. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – Proceedings of the 31st Conference, Vienna, Austria, April 2003, 1227(1)*. Hrsg. von Magistrat der Stadt Wien – Referat Kulturelles Erbe – Stadtarchäologie Wien. (kompletter Beitrag auf CD). Wien: Oxford Archaeopress, 2004, 352.

**Macdonald 1984**

Burton Macdonald. „A Nabataean and/or Roman Military Monitoring Zone Along the South Bank of the Wadi el Hasa in Southern Jordan“. *Echos du Monde Classique. Classical Views* 3 (1984), 219–234.

**Ogburn 2006**

Dennis E. Ogburn. „Assessing the Level of Visibility of Cultural Objects in Past Landscapes“. *Journal of Archaeological Science* 33 (2006), 405–413.

**Parker 1986**

S. Thomas Parker. *Romans and Saracens: A History of the Arabian Frontier*. Dissertation Series 6. Winona Lake: Eisenbrauns, 1986.

**Parker 2009**

S. Thomas Parker. „The Roman Frontier in Southern Arabia: a Synthesis of Recent Research“. In *The Army and Frontiers of Rome. Papers offered to David J. Breeze on the Occasion of his sixty-fifth Birthday and his Retirement from Historic Scotland*. *Journal of Roman Archaeology Supplementary Series* 75. Hrsg. von William S. Hanson. 2009, 142–152.

**Posluschny 2008**

Axel Posluschny. „Sehen und gesehen werden. Sichtbarkeitsanalysen als Werkzeug archäologischer Forschungen“. In *Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstentümer und ihres territorialen Umlandes*. Hrsg. von Dirk Krause. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 101 (Kolloquium Blaubeuren, 9.–11. Oktober 2006). Stuttgart: Theiss Verlag, 2008, 367–380.

**Schmid 2011**

Stephan G. Schmid. „The International Umm al-Biyara Project (IUBP). Preliminary Report on the 2010 Season“. *Annual of the Department of Antiquities of Jordan* 55 (2011), 101–120.

**Schmid und Bienkowski 2012**

Stephan G. Schmid und Piotr Bienkowski. „Eine nabatäische Königsresidenz auf Umm al-Biyara in Petra“. In *Petra. Begleitbuch zur Ausstellung Petra. Wunder in der Wüste. Auf den Spuren von J. L. Burckhardt alias Scheich Ibrahim*. Antikenmuseum Basel und Sammlung Ludwig, 23. Oktober 2012–17. März 2013. Basel: Schwabe, 2012, 252–261.

**Wheatley und Gillings 2000**

David Wheatley und Mark Gillings. „Vision, Perception and GIS: Developing Enriched Approaches to the Study of Archaeological Visibility“. In *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*. Hrsg. von Gary r. Lock. Amsterdam: IOS Press, 2000, 1–27.

**Zayadine 1992**

Fawzi Zayadine. „L'espace urbain du grand Pétra: les routes et les stations caravanières“. *Annual of the Department of Antiquities of Jordan* 36 (1992), 217–239.

**Abbildungsnachweis**

1 Will M. Kennedy, Karte erstellt mit der integrierenden Bingmap-Funktion von ArcGIS 10; Quelle: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP swisstopo, and the GIS User Community. 2 Guido Teltsch und Will

M. Kennedy. 3 Nadine Bürkle und Will M. Kennedy. 4 Will M. Kennedy. 5 Will M. Kennedy. 6 Will M. Kennedy. 7 Will M. Kennedy. 8 Will M. Kennedy. 9 Will M. Kennedy. 10 Will M. Kennedy. 11 Will M. Kennedy.

**WILL M. KENNEDY**

ist Promotionsstipendiat in der Forschungsgruppe ‚Marginal Habitats‘ des Exzellenzclusters Topoi, Berlin. Seine Forschungen befassen sich mit Landschaftsarchäologie, dem antiken Kulturaustausch im mediterranen und östlichen Raum sowie mit Geoinformationssystemen in der Archäologie.

Will M. Kennedy  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Klassische Archäologie - Winckelmann-Institut  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin, Deutschland  
E-mail: will.kennedy@topoi.org