

# Die Geheimnisse von Angkor Wat

von Chris Cromarty

**Angkor Wat ist eine der bemerkenswertesten Tempelanlagen der Welt. Der 1992 zu UNESCO-Weltkulturerbe erklärte Tempel wurde im 12. Jahrhundert vom historischen Volk der Khmer unter König Suryavarman II errichtet. Angkor Wat war das Zentrum einer einst starken und mächtigen Zivilisation, die mit bis zu einer Million Angehörigen zum damaligen Zeitpunkt möglicherweise das größte Reich der Welt war. Während der niederschlagsarmen Trockenzeit in Kambodscha würde die Versorgung einer so zahlreichen Bevölkerung ein umfangreiches Bewässerungssystem erfordern. Schon früher haben Archäologen Radar- und Fernerkundungsdaten genutzt, um mehr über die historische Zivilisation von Angkor zu erfahren. Fachleute gehen davon aus, dass eine komplexe Infrastruktur zur Wasserversorgung, bestehend aus Speicherbehältern, Kanälen und Dämmen, das aus dem Hochland abfließende Wasser sammelte und über die Reisfelder des Tieflands verteilte.**

Die Archäologen, die sich mit dieser Kultur beschäftigen, müssen sich bei der Erfassung ihrer Infrastruktur verschiedensten Herausforderungen stellen. Die abgelegenen Gegenden im Hügelland sind von dichtem Urwald bewachsen und noch immer voll von Landminen aus der Zeit der Roten Khmer. PT McElhanney Indonesia schlug daher vor, diese Bereiche mit einem Hubschrauber abzufliegen, an dem ein Leica ALS60 LiDAR-Scanner und eine Leica RDC105

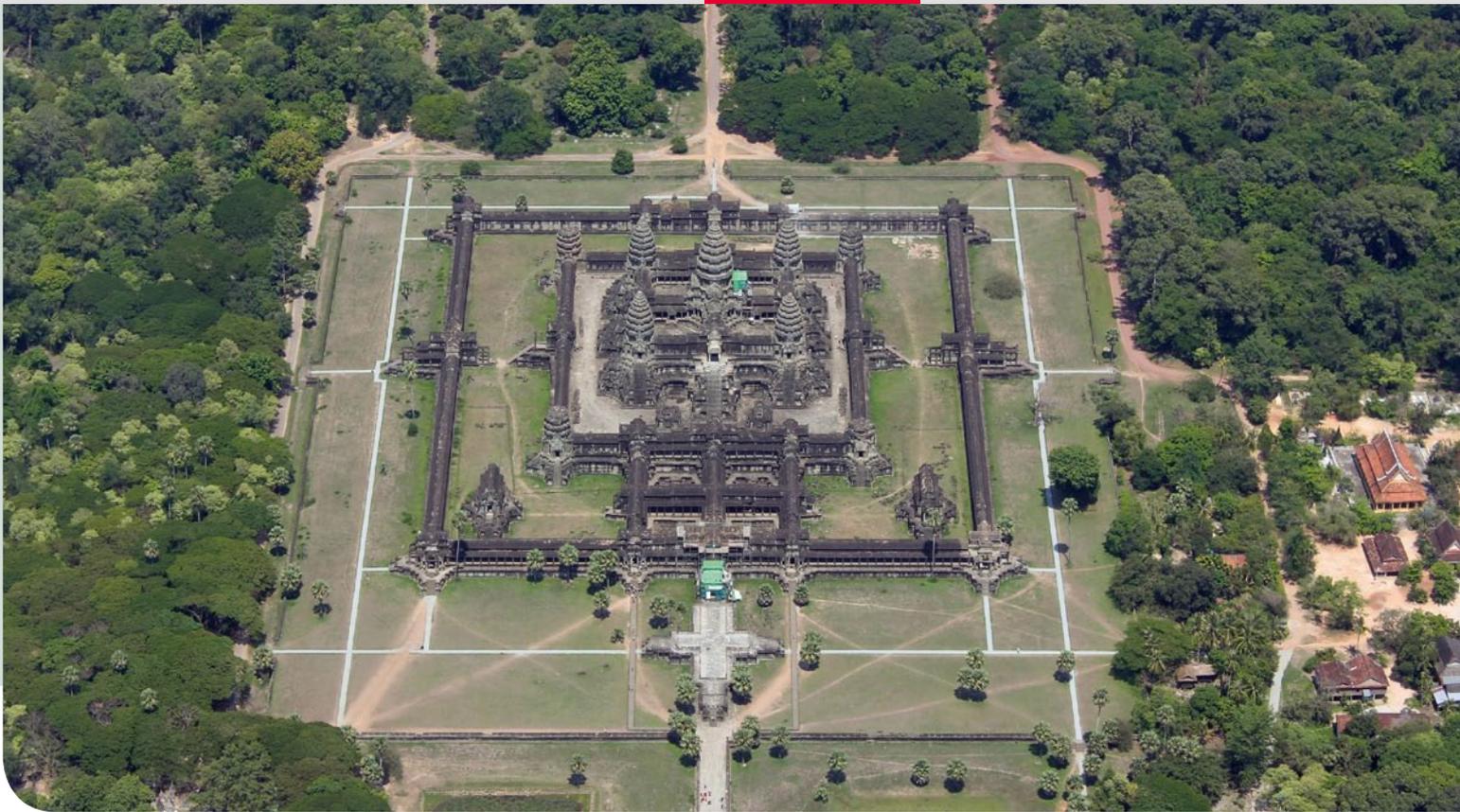
Luftbildkamera installiert wurden, um für die Archäologen die Besonderheiten genau zu bestimmen und zu modellieren. So lassen sich anhand der geringfügigen topografischen Veränderungen infolge von Bewässerungsanlagen und anderen zivilisatorischen Eingriffen Bereiche von besonderem Interesse identifizieren und durch Minenräumkommandos sichern, damit sie genaueren Untersuchungen am Boden unterzogen werden können.

Für ein Vorhaben dieser Größenordnung musste ein Konsortium gebildet werden. PT McElhanney kooperierte eng mit Professor Roland Fletcher und Dr. Damian Evans vom Institut für Archäologie der Universität Sydney, um eine geeignete Gruppe von Experten zusammenzustellen.

## **Projektvorbereitungen am Boden**

Vor dem Transport der Ausrüstung in das Gebiet wurde vor Ort die Umgebung erkundet und ermittelt, welche Informationen sich die Archäologen von den Daten erhofften. Ein weiterer wichtiger Grund für die Erkundungsreise war die Beurteilung des Geländes und der Vegetation, um das Potenzial der LiDAR-Technologie voll auszuschöpfen.

PT McElhanney nahm sich mehrere Tage Zeit, um mit den Archäologen verschiedene historische Orte zu besuchen und ein Gefühl für die mit ihrer Arbeit verbundenen Herausforderungen zu entwickeln. Im Tiefland und in Siedlungsbereichen erfolgten gründliche Untersuchungen von Ausgrabungsstätten. Dort hofften die Archäologen, neue Erkenntnisse über



die Position der sogenannten Siedlungshügel zu gewinnen. Bei Siedlungshügeln handelt es sich um Bereiche mit – gegenüber den Reisfeldern oder Entwässerungsgebieten – leicht erhöhter Topografie, die in der Regel auf die eine oder andere Art der Besiedelung hindeuten. Da das Volk – einschließlich des Königs – in hölzernen Bauten lebte, war nicht davon auszugehen, dass leicht erkennbare Gebäudefundamente vorhanden sein würden. Dieses Wissen war für die Erstellung eines LiDAR-Datensatzes zur Ermittlung dieser geringfügigen topografischen Veränderungen von Bedeutung. Nur die Tempel wurden aus Stein gebaut. Dementsprechend war auch die Erfassung möglicher Steinreste von großem Interesse. Diese interessanten Bereiche im Tiefland sollten mit Hilfe einer Kombination aus hochaufgelösten Luftbildern und LiDAR lokalisiert und identifiziert werden.

Als größere Herausforderung erwiesen sich die Gegenden mit starkem Bewuchs. Obwohl die Anforderungen in Bezug auf die Suche nach geringfügigen Geländeänderungen im Grunde dieselben waren, konnten die Archäologen aufgrund des dichten kambodschanischen Dschungels und der überall versteckten Landminen Bereiche von Interesse nicht einfach ungehindert untersuchen. Stattdessen mussten diese Gegenden vor jeder eingehenderen Prüfung erst mit erheblichem zeitlichem und finanziellem Auf-

wand von einem Minensuchkommando geräumt werden. Die Ermittlung interessanter Bereiche unter den Baumkronen anhand von Satellitenbildern und Radardaten erwies sich als praktisch unmöglich. Deshalb wurde LiDAR eingesetzt, um ein möglichst genaues digitales Geländemodell (DGM) zu erzeugen, anhand dessen die Örtlichkeiten für weitere Untersuchungen ganz genau bestimmt werden konnten. Das hochpräzise LiDAR-DGM half außerdem bei der Modellierung von anfänglich falsch eingestuftem Elementen. Beispielsweise erwiesen sich ursprünglich fälschlich als Straßen klassifizierte Merkmale schließlich als Wände eines Speicherbehälters.

Aufgrund der Gefahr, die Landminen in Kambodscha darstellen, und der nicht besonders gründlichen Erkundung abgelegener Gegenden, wird vermutet, dass noch viele bislang unentdeckte Tempel existieren. Deshalb diente die LiDAR-Technologie auch zur Suche nach eventuellen weiteren im Projektgebiet vorhandenen Tempeln.

### Datenerfassung mit höchster Präzision

Gearbeitet wurde in drei Hauptinteressensbereichen in der Gegend von Siem Reap mit einer Gesamtfläche von 270 Quadratkilometern. Infolge der besonders hohen benötigten Genauigkeit wurden zur Datenerfassung zwei GPS-Basisstationen eingesetzt. Der Hubschrauber erwies sich außerdem als ideal, da



## Preisgekröntes Projekt

Das Projekt wurde für den «Award of Excellence» des Asia Geospatial Forum für Archäologische Anwendungen vorgeschlagen und wurde im September 2012 mit diesem Preis ausgezeichnet. Weitere Nominierungen und Anerkennungen werden hoffentlich

folgen und den Einsatz dieser Technologie in der Archäologie in dieser Region und weltweit revolutionieren.

[www.asiageospatialforum.org](http://www.asiageospatialforum.org)

einer der Bereiche etwa 100 Kilometer vom nächstgelegenen Flughafen entfernt war, sodass während der Erfassung dieses Blocks eine Betankung vor Ort erforderlich war.

In den bewaldeten Gebieten wurde zur Datenerfassung ein enges Kreuzmuster geflogen, um der LiDAR-Technologie möglichst viele Möglichkeiten zu bieten, bis zum Urwaldboden durchzudringen. Für diese Bereiche wurde eine LiDAR-Punktdichte von bis zu 16 Punkten pro Quadratmeter gewählt, die zur Modellierung des Bodens unter der dichten Vegetation erforderlich war. Über den Tempeln wurden dadurch zudem die Fähigkeiten des LiDAR-Scanners zur 3D-Modellierung maximiert. Darüber hinaus wurden über den interessanten Bereichen volle LiDAR-Wellenformdaten gesammelt, um trotz des manchmal starken Bewuchses mit Gras und anderen Pflanzen ein optimales Digitales Geländemodell (DGM) zu erzeugen.

Gleichzeitig mit den LiDAR-Daten wurden auch digitale Luftbilder erfasst. Obwohl die Luftbilder neben den LiDAR-Daten zweitrangig waren, wurden sie als Stereobilder erfasst und auf vollständige Überlap-

pfung mit allen LiDAR-Daten für nachfolgende Produkte und Ansichten geachtet. Diese hochauflösenden Bilder erwiesen sich bei der LiDAR-Modellierung als unschätzbar wertvoll.

All diese Daten – in der entsprechenden Dichte erfasst – ergaben jeden Tag einen sehr großen Datensatz. Trotz neuester Technik stellt die Verwaltung von Daten bis heute eine der bedeutendsten Herausforderungen bei der Datenerfassung dar. Der mit der täglichen Sicherung dieser Daten und der Vorbereitung der Laufwerke für den nächsten Tag verbundene Aufwand war erheblich.

Auch andere Herausforderungen waren mit der Erfassung von Luftbildern im trockenen kambodschanischen Sommerklima verbunden. Beispielsweise lagen die Nachmittagstemperaturen häufig über 45°C. Infolgedessen wurden die Betriebstemperaturen der Geräte bis an ihre Grenzen ausgereizt. Zudem konnten sommerliche Brandrodungen durch die örtlichen Bauern die Erfassung hochwertiger Bilder erschweren. Trotzdem wurde das Vorhaben ohne größere Verzögerungen innerhalb des geplanten Zeitrahmens erfolgreich abgeschlossen.





### Auf den Spuren der Geschichte von Angkor

Bereits bei den Voruntersuchungen haben sich faszinierende neue Entdeckungen angekündigt. Dem Archäologen Dr. Evans zufolge wurde durch die LiDAR-Vermessung in kürzester Zeit ein «Datenvorrat für ein ganzes Leben» generiert. Die Fähigkeit der LiDAR-Technologie zur Durchdringung von dichtem Bewuchs erlaubt – vermutlich zum ersten Mal seit der Zeit der ursprünglichen Besiedlung – einen ungehinderten Blick auf die Tempelanlagen. Geringfügige topografische Veränderungen haben Straßennetze, Siedlungshügel und andere menschliche Eingriffe in die Natur sichtbar gemacht, die zuvor selbst vom Boden aus verborgen geblieben waren. Die Archäolo-

gen gehen davon aus, dass durch die erfassten Daten revolutionäre Erkenntnisse über die Kultur von Angkor Wat gewonnen werden können, die die Geschichte des Khmer-Reichs in einem neuen Licht erscheinen lassen. ■

#### Über den Autor:

*Chris Cromarty betreut die LiDAR-Abteilung bei PT McElhanney Indonesia, einem Geschäftsbereich der McElhanney Consulting Services Ltd. mit Sitz in Vancouver, Kanada. Mit über 15 Jahren Erfahrung in Kartierungsvorhaben auf der ganzen Welt ist er in Fachexperte für LiDAR und Fernerkundung. [ccromarty@mcelhanney.com](mailto:ccromarty@mcelhanney.com)*

