



(/)

[Aktuell\(/aktuell/\)](#) [Themen\(/themen/\)](#) [Recherche\(/recherche/\)](#) [Mediathek\(/mediathek/\)](#) [Ratgeber\(/ratgeber/\)](#) [Forum\(/forum/\)](#) <https://forum.archaeologie-online.de/>

[ARCHAEOLOGIE-ONLINE.DE \(/\)](#) / [AKTUELL \(/AKTUELL/\)](#) / [NACHRICHTEN \(/NACHRICHTEN/\)](#) /  
NEUE DATEN ZUR KONSTRUKTION DER CHEOPS-PYRAMIDE

Suchen bei Archäologie Online



22.01.2021

TUM / CS

Denkmalschutz Forschung Prospektion

Nordafrika

Ägypten

# Neue Daten zur Konstruktion der Cheops-Pyramide

Die Cheops-Pyramide ist mit einer Höhe von 139 Metern die größte der drei Pyramiden von Gizeh und gehört zu den ältesten Bauwerken der Welt. Und doch gibt dieses vor 4500 Jahren erbaute architektonische Meisterwerk noch Rätsel auf. Christian Große, Professor für Zerstörungsfreie Prüfung an der Technischen Universität München (TUM), hat in Zusammenarbeit mit der Universität Kairo an der Cheops-Pyramide Messungen durchgeführt. Darüber berichtete er in einem Interview.



<https://static.archaeologie-online.de/fileadmin/img/nachrichten/2021/gizeh1.jpg>

Pyramiden von Gizeh (© Prof. Christian Große / TUM)

*Sie konnten im Rahmen Ihrer Forschung in Bereiche des Bauwerks vordringen, die sonst für die Öffentlichkeit verschlossen sind. Wie kam es zu diesem faszinierenden Projekt?*

Unsere Messungen folgen dem [ScanPyramids-Projekt](#), bei dem so genannte Myonen-Anomalien festgestellt wurden, also Dichteunterschiede im Bauwerk. Diese Anomalien wurden mithilfe von Detektionsgeräten sichtbar. Eine Änderung der Dichte innerhalb der Struktur kann ein Hinweis auf verborgene Strukturen sein. Unabhängig davon sollen unsere Messungen dazu beitragen, die Baugeschichte der Cheops-Pyramide und den inneren Aufbau besser zu verstehen. Ziel unseres Forschungsaufenthalts war, mit modernen Geräten aufzuklären, wie die alten Ägypter die Pyramiden gebaut haben. Was sind die Blockmächtigkeiten? Was sind die Größenordnungen zwischen den Fugen der einzelnen Steine?

*Wie haben Sie sich auf das Forschungsprojekt vorbereitet?*

Zuerst führten wir numerische Simulationen durch – mit all den verfügbaren Daten zur Pyramide, also geometrische Daten und Materialdaten. Auf dieser Basis wählten wir die besten zerstörungsfreien Prüftechniken aus, die man hier einsetzen kann. Wir überlegten, wo man Sensoren hinsetzen muss und was die geeigneten Parameter für die Messung sind – zum Beispiel Frequenzen und Wellenlängen –, damit man die interessantesten Bereiche optimal zerstörungsfrei untersuchen kann.

Nach diesen Vorüberlegungen haben wir die Messmethoden ausgewählt. Dazu zählten neben drei unterschiedlichen Radarverfahren auch die Ultraschalltechnik und die elektrische Widerstandstomografie. Alle diese Verfahren liefern komplementäre Daten die im Rahmen einer Datenfusion miteinander verglichen werden können. Ein vergleichbares Konzept, verschiedene Messtechniken auf Basis von Simulationen parallel anzuwenden, ist in der Pyramide so noch nicht getestet worden.

*Wie können die Daten der verschiedenen Messmethoden dann verglichen werden?*



Nachrichten durchblättern



<https://static.archaeologie-online.de/fileadmin/img/nachrichten/2021/gizeh2.jpg>

Das ägyptisch-deutsche Messteam in der Königskammer der Cheops-Pyramide mit dem Sarkophag von Cheops. (©Khaled Emad Abdulhamid Taie)

## Projektförderung

Gefördert wurde das Projekt im Rahmen eines [IGSSE-Projektes der TUM](#) sowie durch den DAAD im Rahmen der "Deutsch-Ägyptische Fortschrittspartnerschaft Programmlinie 2" unter dem Projekttitel "Non-Destructive Techniques for the Preservation of Egyptian Cultural Heritage".

Das Ägyptische Ministerium für Altertümer hat die Forschungen genehmigt und unterstützt. In dem Forschungs- und Ausbildungsprojekt wurden ägyptische Studierende darin geschult, neue Messmethoden und -geräte anzuwenden, um zur Strukturaufklärung von Bauwerken beitragen zu können.

## Web-Links zu diesem Artikel

[ScanPyramids-Projekt](#)

<http://www.scanpyramids.org/index-en.html>

Um die Messprofile miteinander vergleichbar zu machen, mussten wir unsere Messpunkte zunächst geodätisch einmessen. Dazu braucht man auch gute Modelle. Die meisten Messpunkte waren ja in der Pyramide und nicht außerhalb. Wir hatten dabei sehr gute Unterstützung durch die ägyptischen Kollegen unter der Leitung von Prof. Hany Helal von der Universität Kairo. Mit ihren geodätischen Messtrupps haben sie diese Messpunkte eingemessen. Außerdem konnten wir auf sehr viel Literatur, auch auf Bildmaterial des Inneren der Pyramide, aufsetzen. In diese existierenden Pläne haben wir unsere Messprofile eingezeichnet.

Ein bisschen schwierig war, dass wir keine Markierungen an der Struktur also an den Wänden machen durften – anders als wir das sonst im Bauwesen machen. Aber wir hatten auch hier in Deutschland an vergleichbaren Objekten Techniken erprobt, um das Einmessen kontaktfrei und ohne Markierungen hinzubekommen und haben das auf der Basis von Kreuzlinienlaser sehr gut hingekommen. Bei der Kreuzlinienlasertechnik werden Laserlinien an ein Objekt heranprojiziert. Das funktioniert besonders gut, wenn es dunkel ist – und das ist es eben in der Pyramide.

*Was haben Sie konkret untersucht?*

Wir haben in den drei Hauptkammern der Pyramide Messungen durchgeführt: in der Felsenkammer, die sich im gewachsenen Fels unter der Pyramide befindet, in der Königinnenkammer etwas höher im Kernmauerwerk und in der öffentlich zugänglichen Königskammer, in der sich der Sarkophag befindet, in dem König Cheops bestattet worden sein soll. Außerdem haben wir in dem sehr langen und nur einen Meter hohen Gangsystem sowie im Eingangsbereich zur Pyramide gemessen.

Natürlich haben wir vor allem in verborgenen Bereichen unsere Messungen gemacht, aber auch in bekannten Bereichen, um unsere Messtechniken zu validieren. Das ist ganz wichtig, dass man Zutrauen schafft zu der Messtechnik, die man verwendet. Die Techniken sind komplementär hinsichtlich der Parameter Eindringtiefe und Auflösungsvermögen. Man will einerseits tief reinschauen und andererseits eine hohe Auflösung. Wir haben bei jedem Gerät bestimmte Eindringtiefen und können bei Messungen in den vorhandenen Gängen und Räumen unterschiedlich tief in die Struktur "hineinblicken". Unsere Techniken "scannen" die Struktur ab. Dabei fahren wir mit unseren Geräten entlang einer Linie, entlang der man kontinuierlich die Messungen durchführt – vergleichbar mit seismischen Messungen.

*Wie kamen Sie mit den Gegebenheiten in der Pyramide zurecht?*

Den Wagen, mit dem die Radartechnik durch die schmalen Gänge geführt wurde, haben meine Doktoranden selbst gebaut. Oft sind in so einem Projekt auch unkonventionelle Lösungen gefragt. In Ägypten ging einmal ein Messgerät kaputt. Gott sei Dank sind meine Mitarbeiter in der Lage, sowas vor Ort zu reparieren. Die Forschungsumgebung ist tatsächlich nicht die beste für Messgeräte, wie wir sie verwenden. Es ist alles sehr eng und mit Wüstenstaub bedeckt. Man muss sehr robuste Techniken verwenden und trotzdem geht immer mal was kaputt, also braucht man da viel Improvisationstalent. Der Einsatz der Mitarbeiter in diesem Projekt war enorm, aber auch von ägyptischer Seite hatten wir viel Unterstützung.

*Gibt es schon erste Erkenntnisse aus Ihrem Forschungsaufenthalt?*

Wir haben Daten ausgezeichneter Qualität aufgenommen und ich bin mir sicher, dass wir eine Reihe neuer Informationen liefern können. Nun müssen die Daten aber erst einmal gemeinsam mit den ägyptischen Kollegen ausgewertet werden.

Die Interpretation der Daten kann unser Lehrstuhl nicht alleine vornehmen. Dazu bedarf es interdisziplinärer Expertise aus der Archäologie, Ägyptologie, aber auch aus dem Bereich Sensorik und Datenanalyse. Zudem planen wir, neue Auswertetechniken aus den Bereichen Datenfusion und maschinelles Lernen einzusetzen, um Bauwerkskomponenten besser identifizieren zu können. Es wird also noch einige Zeit dauern, bis wir die Ergebnisse veröffentlichen können – und vielleicht bekommen wir ja noch einmal die Gelegenheit zu weiteren Messungen.

## Verwandte Nachrichten

**[Hohlräume in der Menkaure-Pyramide in Gizeh könnten auf unbekanntem Eingang hinweisen \(/nachrichten/hohlraeume-in-der-menkaure-pyramide-in-gizeh-koennten-auf-unbekanntem-eingang-hinweisen-6463/\)](#)**



**[\(/nachrichten/hohlraeume-in-der-menkaure-pyramide-in-gizeh-koennten-auf-unbekanntem-eingang-hinweisen-6463/\)](#)**

**[Neu entdeckte Kammer in der Cheops-Pyramide von Gizeh \(/nachrichten/neu-entdeckte-kammer-in-der-cheops-pyramide-von-gizeh-5546/\)](#)**



**[\(/nachrichten/neu-entdeckte-kammer-in-der-cheops-pyramide-von-gizeh-5546/\)](#)**

Ein internationales Forschungsteam hat eine unbekannte Kammer in der Cheops-Pyramide von Gizeh entdeckt. Bereits seit 2016 gaben Messungen einen Anhaltspunkt für die

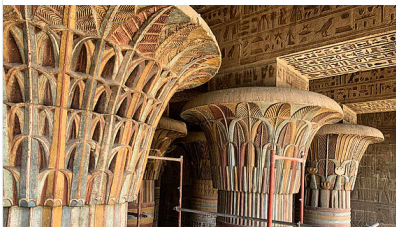
Forscher der Universität Kairo und der Technischen Universität München (TUM) haben erstmals zwei Anomalien in der drittgrößten Pyramide von Gizeh entdeckt und konnten sie als verborgene Hohlräume identifizieren. Schon länger bestand die Hypothese, dass an der Ostseite der Menkaure-Pyramide (altgr. Mykerinos-Pyramide) ein weiterer Eingang existiert haben könnte. Die Untersuchungen mit Radar, Ultraschall und elektrischer Widerstandstomografie belegen nun eindeutig die Existenz zweier luftgefüllter Hohlräume unter der Ostfassade.

14.11.2025Forschung [Weiterlesen \(/nachrichten/hohlräume-in-der-menkaure-pyramide-in-gizeh-koennten-auf-unbekanntem-eingang-hinweisen-5463/\)](#)

Existenz eines verborgenen Hohlraums im Bereich des sogenannten Chevrons. Nun konnte das Team der Technischen Universität München (TUM) mit Ultraschall und Endoskopie maßgeblich dazu beitragen, diese Vermutung zu bestätigen.

03.03.2023 Funde & Befunde [Weiterlesen \(/nachrichten/neuentdeckte-kammer-in-der-cheops-pyramide-von-gizeh-5546/\)](#)

### **Spektakuläre Deckengemälde im Tempel von Esna entdeckt** **(/nachrichten/spektakulaere-deckengemaelde-im-tempel-von-esna-entdeckt-5303/)**



[\(/nachrichten/spektakulaere-deckengemaelde-im-tempel-von-esna-entdeckt-5303/\)](#)

Tübinger Forscher legen bislang im Detail unbekannte Darstellung der Göttinnen Nechet und Wadjet frei

Deutsche und ägyptische Forscher haben im Tempel von Esna in Oberägypten eine Serie farbenprächtiger Deckenbilder freigelegt. Wie Professor Christian Leitz von der Universität Tübingen berichtete, handelt es sich bei den reliefartig ausgeführten Bildern des mittleren Deckenabschnitts um insgesamt 46 Darstellungen der oberägyptischen Kronengöttin Nechet sowie der unterägyptischen Kronengöttin Wadjet.

20.05.2022Kulturerbe [Weiterlesen \(/nachrichten/spektakulaere-deckengemaelde-im-tempel-von-esna-entdeckt-5303/\)](#)

### **Verwaltungszentrum aus der 1. Zwischenzeit entdeckt** **(/blog/verwaltungszentrum-aus-der-1-zwischenzeit-entdeckt-5266/)**



[\(/nachrichten/verwaltungszentrum-aus-der-1-zwischenzeit-entdeckt-5266/\)](#)

Archäologinnen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und aus Ägypten haben in Kom Ombo ein Verwaltungszentrum aus der 1. Zwischenzeit (ca. 2180-2050 v. Chr.) entdeckt. Bisher konnten 32 Speicher aus Lehmziegeln freigelegt werden, in denen vermutlich Getreide gelagert wurde.

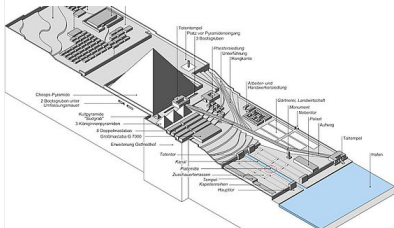
27.03.2022Ausgrabungen [Weiterlesen \(/blog/verwaltungszentrum-aus-der-1-zwischenzeit-entdeckt-5266/\)](#)

### **Sudanesisch-deutscher Restaurierungslehrgang an den Pyramiden von Meroe** **(/nachrichten/sudanesisch-deutscher-restaurierungslehrgang-an-den-pyramiden-von-meroe-4593/)**



[\(/nachrichten/sudanesisch-deutscher-restaurierungslehrgang-an-den-pyramiden-von-meroe-4593/\)](#)

### **In der Mitte der Pyramide** **(/blog/in-der-mitte-der-pyramide-4191/)**



[\(/nachrichten/in-der-mitte-der-pyramide-4191/\)](#)

Warum gibt es in der Cheops-Pyramide drei Kammern, einmalig unter allen Pyramiden, wo doch eine einzige Grabkammer ausgereicht hätte? Wie konnten die Bauleute in den Kammern und Gängen im tiefen Inneren der Cheops-Pyramide ohne Tageslicht und ausreichende Luftzufuhr Schwerarbeit leisten? Viele Fragen rund um den Bau der



ist ein Non-Profit-Projekt. Um die Kosten für  
Server usw. aufbringen zu können, brauchen wir  
Ihre Unterstützung.

→ Erfahren Sie mehr, helfen Sie mit!

(/unterstuetzen-sie-archaeologie-online/)