

## ¿Revelado el secreto de los constructores de pirámides?

### La antigua pirámide egipcia Zoser pudo haberse construido utilizando ascensores hidráulicos



La pirámide Zoser de aproximadamente 63 metros de altura en la antigua necrópolis egipcia de Sakkara es la pirámide monumental más antigua de Egipto.

© Ivica Gulija/ iStock

**Con el poder del agua: los constructores de las pirámides del antiguo Egipto probablemente utilizaron una tecnología sorprendentemente avanzada: los ascensores hidráulicos. Un equipo de investigación encontró evidencia de esto en la pirámide Zoser en la necrópolis de Sakkara. Por lo tanto, existía un sofisticado sistema de suministro con cuencas colectoras, zanjas y túneles a través de los cuales el agua llegaba a dos pozos dentro de la pirámide, y subía o bajaba allí balsas de piedras.**

La pirámide escalonada de Zoser en Saqqara, construida alrededor del 2650 a. C., es la más antigua de las siete grandes pirámides de Egipto. El complejo de tumbas diseñado por el constructor y sumo sacerdote Imhotep se convirtió en el modelo para las pirámides de Giza, aunque no adoptaron la forma exterior escalonada. Sin embargo, la estructura de casi 63 metros de altura, construida con alrededor de 2,3 millones de bloques de piedra caliza, todavía se considera un hito en la arquitectura monumental del antiguo Egipto. Todo el complejo Zoser, incluidos sus edificios auxiliares, es el más grande de todo Egipto.

“Los logros demostrados con la pirámide Zoser fueron tan grandes que **Imhotep fue incluso elevado al estatus de dios** en el Reino Nuevo”, explican Xavier Landreau del Instituto Paleotécnico de París y sus colegas. Sin embargo, al igual que otras grandes pirámides, la forma exacta en que se construyó la monumental pirámide de Zoser sigue siendo controvertida: “Hasta el momento no existe un modelo holístico generalmente aceptado para la construcción de pirámides”, afirman los arqueólogos. Generalmente se supone que las piedras se izaron mediante rampas, rodillos o poleas.



La pirámide Zoser, Gisr el-Mudir y Abusir Wadi pueden haber sido parte de un complejo sistema hidráulico de agua.

© Paleotechnic, Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

## ¿Qué papel jugó el agua?

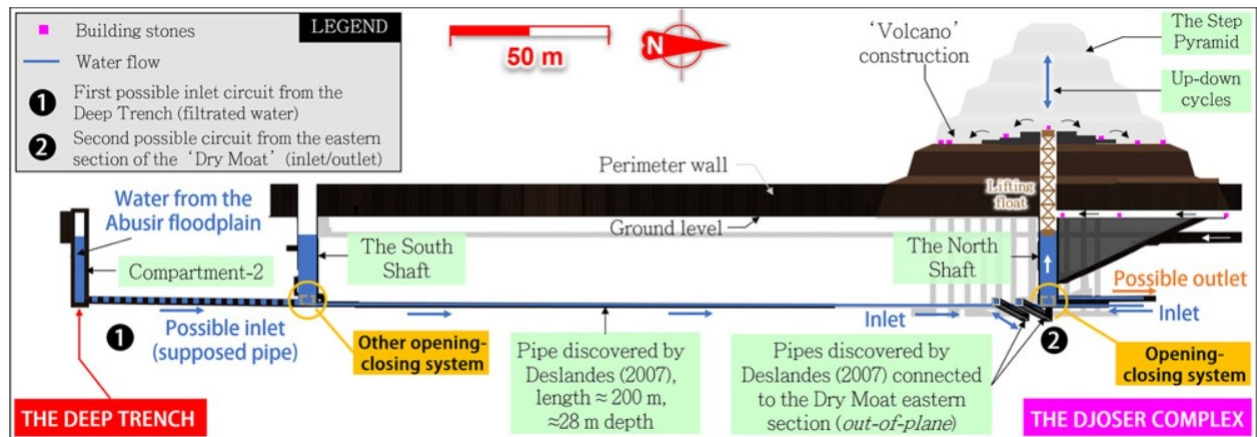
Pero es posible que Imhotep haya utilizado tecnología sorprendentemente avanzada para su edificio monumental, como informan Landreau y su equipo. Mapearon y analizaron con más detalle el área alrededor del complejo piramidal de Zoser y las estructuras dentro y alrededor de la pirámide. La atención se centró en el posible papel del agua como ayuda a la construcción. Ya se sabe por las pirámides de Giza que probablemente un brazo del Nilo ayudó a transportar las piedras.

La pirámide Zoser también se encuentra cerca del lecho de un río ahora seco, el Abusir Wadi. “Para investigar la conexión entre el wadi Abusir y la construcción de la pirámide escalonada, también cartografiamos por primera vez la zona de captación al oeste de Saqqara”, informa el equipo. Esto reveló varias cuencas y canales no reconocidos anteriormente a través de los cuales se canalizaban grandes cantidades de agua hacia Abusir Wadi durante las lluvias periódicas.

## ¿Era Gisir el-Mudir un embalse?

Al final del uadi de Abusir, el sistema de agua desembocaba en una estructura rectangular rodeada de murallas, cuya función hasta ahora no estaba clara: el Gisir el-Mudir, de unos 360 por 620 metros, se encuentra a unos cientos de metros al oeste del Pirámide de Zoser y se considera el edificio egipcio más antiguo construido en piedra tallada. Sus murallas, de varios metros de altura, están formadas por una doble hilera de muros, cuyo espacio entre ellos está lleno de escombros.

Como explican ahora Landreau y sus colegas, la ubicación y la forma de Gisir el-Mudir sugieren que esta estructura también formaba parte del sistema de agua: “Su muro occidental probablemente sirvió como la primera presa para la entrada de agua desde el Abusir Wadi”, ellos explican. El agua fue desacelerada y recogida en la cuenca de esta estructura. Los desechos y sedimentos del río se asentaron allí antes de que el agua fuera canalizada hacia una zanja que rodeaba el complejo piramidal de Zoser.



Flujo de agua desde las cavernas de la Fosa Profunda hacia los pozos de la Pirámide Djoser.

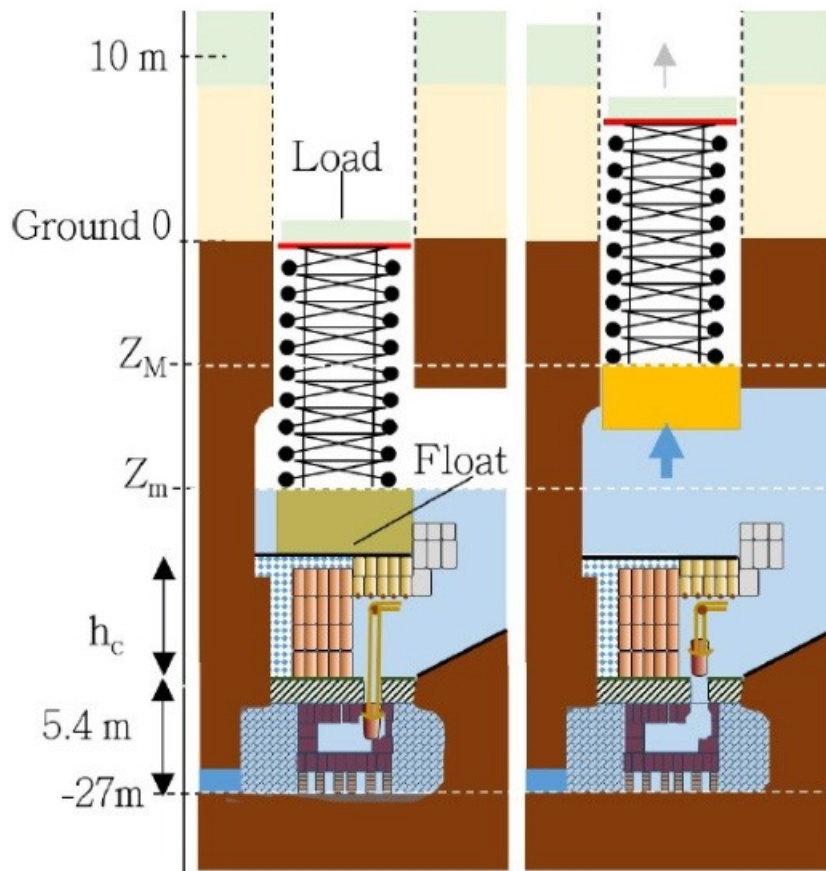
© Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

## De la ensenada a la pirámide

La conexión crucial entre la entrada de agua y la pirámide era un canal de 27 metros de profundidad (“Deep Trench”), que estaba excavado en la roca en el lado sur de la zanja. “Este canal profundo conecta al menos tres cavernas subterráneas, cuyas paredes están cortadas con precisión en la roca y de las que sale un túnel”, informan Landreau y su equipo. “La perfecta alineación geométrica de estas cavernas paralelas a la pirámide Zoser es notable”. Pero aún más emocionante es el hecho de que el suelo de la caverna estaba al mismo nivel que la parte inferior de los dos pozos principales dentro de la pirámide Zoser. Ambos están conectados en su base mediante un cable de 200 metros de longitud. Según Landreau y sus colegas, este sistema sugiere que el agua del Abusir Wadi alguna vez fue canalizada a través de la zanja y las cavernas hasta la base de la pirámide.



“Aunque aún no se ha encontrado la conexión entre la caverna Deep Trench y el eje sur de la pirámide, es muy probable que el agua se canalizara a través de este sistema”, escriben los investigadores.



Así podría haber funcionado el mecanismo hidráulico de elevación de las piedras. Si se hubiera utilizado una plataforma de balsa plegable, las piedras podrían haberse elevado a una altura de más de 17 metros.

© Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

## ¿Un elevador hidráulico?

Una vez dentro de la pirámide, la entrada de agua podría haber servido como impulso para un sistema de elevación hidráulico, como explican Landreau y sus colegas. El nivel del agua en los dos pozos principales podía regularse mediante un sofisticado sistema de pesados “tapones” que colgaban de cabrestantes. Cuando el agua del pozo subió, una balsa que flotaba en el agua transportó las piedras necesarias para la construcción.

Utilizando un modelo, el equipo calculó que las piedras podrían elevarse a una altura de 17 metros e incluso más utilizando este elevador hidráulico. Si se hubiera bajado el nivel del agua en el pozo, una balsa cargada de piedras también podría haber servido como contrapeso para un ascensor de cable: Los constructores podrían haber utilizado una construcción de cuerda y polea para tirar cargas hacia el exterior de la pirámide o en otros pozos.

## “No hay paralelo en nuestra civilización”

“Este estudio proporciona, por primera vez, una explicación de la función y el proceso de construcción de varias estructuras colosales en este complejo de Saqqara”, afirman Landreau y su equipo. “El mecanismo de elevación hidráulico es revolucionario para la construcción de estructuras de piedra y no tiene paralelo en nuestra civilización. Esta tecnología resalta la excelente gestión energética y la logística eficiente de esta cultura”.

Los investigadores suponen que los constructores de la pirámide de Sakkara también utilizaron técnicas de construcción habituales, como rampas, cables y rodillos, en paralelo con el sistema de elevación hidráulico. “Es poco probable que los arquitectos del antiguo Egipto utilizaran una sola técnica de construcción. En cambio, se utilizaron diferentes métodos para adaptarse a diferentes limitaciones o eventos impredecibles, como un período seco”, explican.

Sin embargo, Landreau y sus colegas también reconocen que se necesitan más investigaciones y excavaciones en el lugar para confirmar su interpretación de las estructuras. Entre otras cosas, aún queda por encontrar el tubo de conexión entre las cavernas y los pozos piramidales.

(PLoS ONE, 2024; [doi: 10.1371/journal.pone.0306690](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306690))

Quelle: PLOS

Nadja Podbregar

Quelle:

<https://www.scinexx.de/news/archaeologie/geheimnis-der-pyramidenbauer-gelueftet/>

### **Comentario de Rudolf Volz:**

*Esta técnica no era en absoluto adecuada para la construcción de una pirámide, ya que los bloques de piedra debían moverse no sólo hacia arriba sino también hacia los lados. En comparación con la tecnología de rampa, faltaba flexibilidad y eficiencia.*

*Si esta tecnología hidráulica realmente existiera, podría haberse utilizado para **elegir una estatua de un dios 15 m** durante la inundación del Nilo. Con este espectáculo las autoridades habrían podido mostrar su poder y causar una poderosa impresión en la gente.*

*Quizás fue gracias a este espectáculo que Imhotep fue posteriormente **elevado al estatus divino**.*

## **Geheimnis der Pyramidenbauer gelüftet? Altägyptische Djoser-Pyramide könnte mithilfe hydraulischer Lifte erbaut worden sein**



Die rund 63 Meter hohe Djoser-Pyramide in der altägyptischen Nekropole Sakkara ist die älteste Monumental-Pyramide Ägyptens.

© Ivica Gulija/ iStock

**Mit der Kraft des Wassers: Die altägyptischen Pyramidenbauer könnten eine überraschend fortgeschrittene Technik genutzt haben – hydraulische Aufzüge. Indizien dafür hat ein Forschungsteam an der Djoser-Pyramide in der Totenstadt Sakkara entdeckt. Demnach gab es dort ein ausgefeiltes Zuleitungssystem mit Sammelbecken, Gräben und Tunneln, über das Wasser in zwei Schächte im Pyramideninneren gelangte – und dort Flöße mit Steinen hob oder senkte.**

Die um 2650 vor Christus erbaute Stufenpyramide von Djoser in Sakkara ist die älteste der sieben großen Pyramiden Ägyptens. Die von Baumeister und Hohepriester Imhotep konzipierte Grabanlage wurde zum Vorbild für die Pyramiden von Gizeh, auch wenn diese die äußere Stufenform nicht übernahmen. Dennoch gilt das knapp 63 Meter hohe, aus rund 2,3 Millionen Kalksteinblöcken errichtete Bauwerk bis heute als Meilenstein der altägyptischen Monumental-Architektur. Der gesamte Djoser-Komplex mitsamt Nebenbauten ist der größte in ganz Ägypten.

„Die mit der Djoser-Pyramide demonstrierten Errungenschaften waren so groß, dass Imhotep im Neuen Reich sogar in den göttlichen Stand erhoben wurde“, erklären Xavier Landreau vom Paläotechnischen Institut in Paris und seine Kollegen. Wie genau die monumentale Djoser-Pyramide errichtet wurde, ist jedoch – ähnlich wie bei den anderen großen Pyramiden – noch strittig: „Bisher existiert kein allgemein akzeptiertes ganzheitliches Modell für den Pyramidenbau“, so die Archäologen. Meist geht man davon aus, dass die Steine mithilfe von Rampen, Rollen oder Flaschenzügen in die Höhe gehievt wurden.



Die Djoser-Pyramide, das Gisir el-Mudir und das Abusir-Wadi könnten Teil eines komplexen hydraulischen Wassersystems gewesen sein.

© Paleotechnic, Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

## Welche Rolle spielte das Wasser?

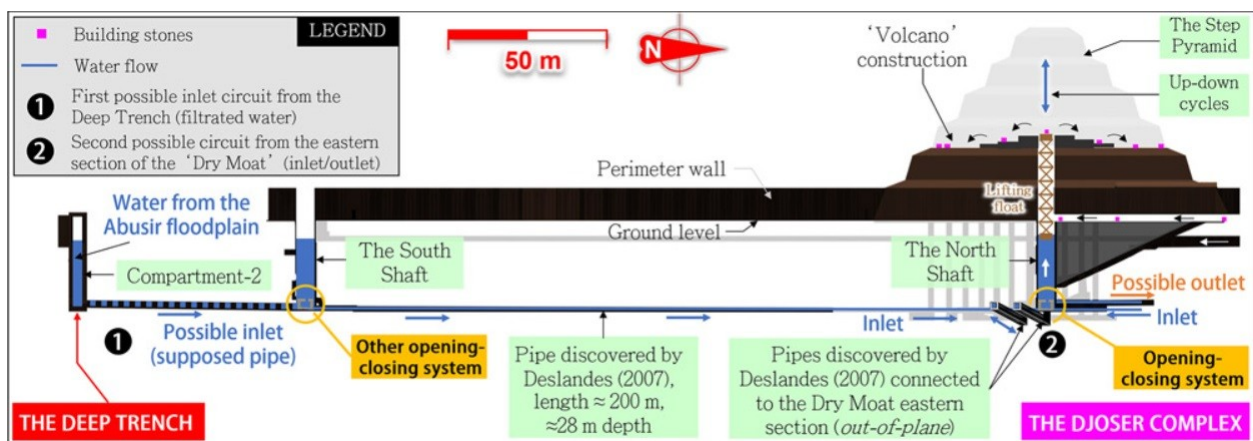
Doch Imhotep könnte für seinen Monumentalbau eine überraschend fortschrittliche Technik eingesetzt haben, wie Landreau und sein Team berichten. Sie haben das Gebiet rund um den Djoser-Pyramidenkomplex und die Strukturen in und an der Pyramide genauer kartiert und analysiert. Im Fokus stand dabei die mögliche Rolle von Wasser als Konstruktionshelfer. Von den Pyramiden von Gizeh ist bereits bekannt, dass ein Seitenarm des Nils wahrscheinlich beim Antransport der Steine half.

Auch die Djoser-Pyramide liegt in der Nähe eines heute ausgetrockneten Flussbetts, dem Abusir-Wadi. „Um den Zusammenhang des Abusir-Wadis mit dem Bau der Stufenpyramide zu untersuchen, haben wir erstmals auch das Einzugsgebiet westlich von Sakkara erstmals kartiert“, berichtet das Team. Dabei zeigten sich gleich mehrere zuvor unerkannte Becken und Kanäle, durch die bei periodischen Regenfällen größere Wassermassen in das Abusir-Wadi geleitet wurden.



## War Gisir el-Mudir ein Staubecken?

Am Ende des Abusir-Wadis mündete das Wassersystem in ein rechteckiges, von Wällen umgebenes Bauwerk, dessen Funktion bislang ungeklärt war: Das rund 360 mal 620 Meter große Gisir el-Mudir liegt einige hundert Meter westlich der Djoser-Pyramide und gilt als das älteste aus behauenen Stein errichtete Bauwerk Ägyptens. Seine mehrere Meter hohen Wälle bestehen aus einer Mauer-Doppelreihe, deren Zwischenraum mit Geröll gefüllt ist. Wie nun Landreau und seine Kollegen erklären, sprechen Lage und Form von Gisir el-Mudir dafür, dass auch dieses Bauwerk Teil des Wassersystems war: „Seine westliche Mauer diente wahrscheinlich als erste Staumauer für den Wasserzustrom aus dem Abusir-Wadi“, erklären sie. Das Wasser wurde gebremst und im Becken dieser Struktur gesammelt. Dort setzten sich Flussgerölle und Sediment ab, bevor das Wasser dann in einen den Djoser-Pyramidenkomplex umgebenden Graben geleitet wurde.



Fluss des Wassers von den Kavernen des Deep Trench in die Schächte der Djoser-Pyramide.

© Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

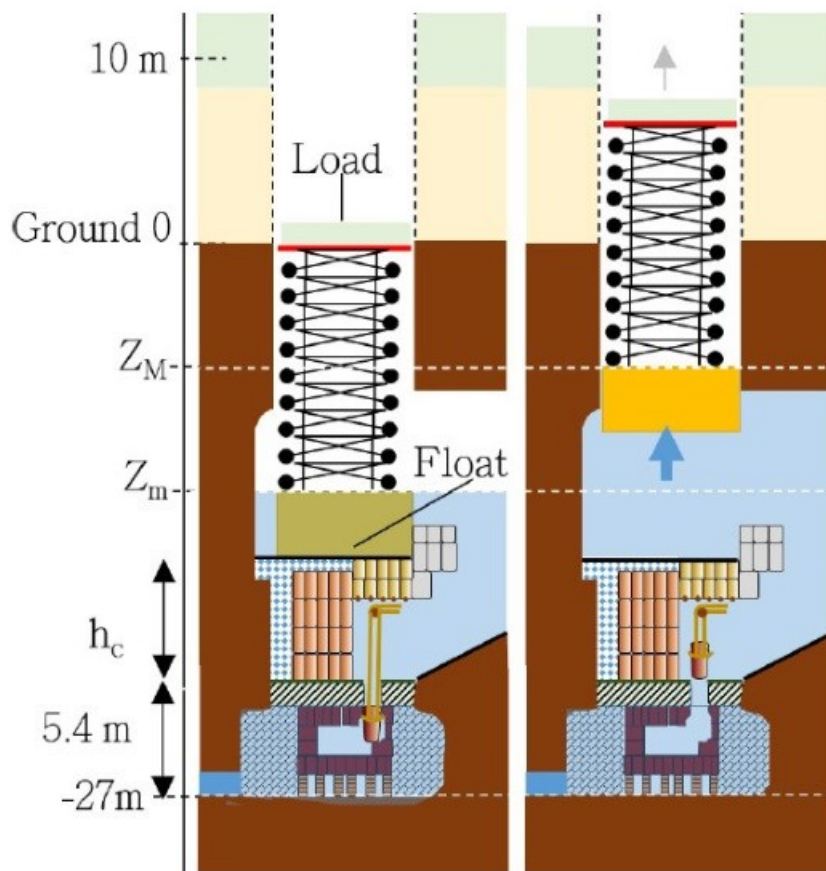
## Vom Zulauf bis in die Pyramide

Die entscheidende Verbindung zwischen Wasserzulauf und Pyramide bildete ein 27 Meter tiefer Kanal („Deep Trench“), der an der Südseite des Grabens in den Fels eingekerbt war. „Dieser tiefe Kanal verbindet mindestens drei unterirdische Kavernen miteinander, deren Wände präzise aus dem Gestein geschnitten sind und von denen ein Tunnel abgeht“, berichten Landreau und sein Team. „Die perfekte geometrische Ausrichtung dieser Kavernen parallel zur Djoser-Pyramide ist bemerkenswert.“

Noch spannender aber sei die Tatsache, dass der Kavernenboden auf gleicher Höhe lag wie der Grund der beiden Hauptschächte im Inneren der Djoser-Pyramide. Beide sind an ihrer Basis über eine 200 Meter lange Leitung miteinander verbunden. Nach Ansicht von Landreau und seinen Kollegen spricht diese Anlage dafür, dass einst Wasser aus dem Abusir-Wadi über den Graben und die Kavernen bis in den Unterbau der Pyramide geleitet wurde.



„Auch wenn Verbindung der Kaverne des Deep Trench und dem Südschacht der Pyramide noch gefunden werden muss, ist es höchst wahrscheinlich, dass Wasser über dieses System geleitet wurde“, schreiben die Forschenden.



So könnte das hydraulische Hebewerk für die Steine funktioniert haben. Nutzt man eine ausklappbare Floßplattform, könnten die Steine in mehr als 17 Meter Höhe gehoben worden sein.

© Landreau et al./ PLOS ONE, CC-by 4.0

## Ein hydraulisches Hebewerk?

Einmal in der Pyramide angekommen, könnte der Wasserzustrom als Antrieb für ein hydraulisches Hebewerk gedient haben, wie Landreau und seine Kollegen erklären. Dabei ließ sich der Wasserstand in den beiden Hauptschächten durch ein raffiniertes System aus schweren, an Seilwinden hängenden „Stöpseln“ regulieren. Wenn das Wasser im Schacht stieg, transportierte es ein auf dem Wasser schwimmendes Floß mit den für den Bau nötigen Steinen in die Höhe.

Mithilfe eines Modells errechnete das Team, dass die Steine mit diesem Hydraulik-Aufzug bis in 17 Meter Höhe und noch höher angehoben werden konnten. Wurde der Wasserspiegel im Schacht abgesenkt, könnte ein steinbeladenes Floß aber auch als Gegengewicht für einen Seilaufzug gedient haben: Über eine Seil- und Flaschenzug-Konstruktion könnten die Baumeister so Lasten außen an der Pyramide oder in anderen Schächten in die Höhe gezogen haben.

## „In unserer Zivilisation keine Parallele“

„Diese Studie liefert zum ersten Mal eine Erklärung für die Funktion und den Bauprozess gleich mehrerer kolossaler Strukturen dieser Anlage in Sakkara“, konstatieren Landreau und sein Team. „Der hydraulische Hebe-Mechanismus ist revolutionär für den Bau von Steinstrukturen und hat in unserer Zivilisation keine Parallele. Diese Technologie beleuchtet das exzellente Energie-Management und die effiziente Logistik dieser Kultur.“

Die Forschenden gehen davon aus, dass die Pyramidenbauer von Sakkara parallel zu dem Hydraulik-Hebesystem auch die gängigen Bautechniken wie Rampen, Seilzüge und Rollen nutzten. „Es ist unwahrscheinlich, dass die altägyptischen Architekten nur eine einzige Bautechnik verwendeten. Stattdessen wurden verschiedene Methoden eingesetzt, um sich an die verschiedenen Einschränkungen oder unwägbarere Ereignisse wie eine Trockenperiode anzupassen“, erklären sie.

Allerdings räumen Landreau und seine Kollegen auch ein, dass erst noch weitere Forschungen und Ausgrabungen vor Ort nötig sind, um ihre Interpretation der Strukturen zu bestätigen. Unter anderem muss die Verbindungsleitung zwischen den Kavernen und den Pyramidenschächten noch gefunden werden.

(PLoS ONE, 2024; [doi: 10.1371/journal.pone.0306690](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0306690))

Quelle: PLOS

Nadja Podbregar

Quelle:

<https://www.scinexx.de/news/archaeologie/geheimnis-der-pyramidenbauer-gelueftet/>

*Kommentar von Rudolf Volz:*

*Diese Technik eignete sich in keinem Fall zum Bau einer Pyramide, da man die Steinblöcke nicht nur nach oben, sondern auch seitlich bewegen musste. Im Vergleich zur Rampentechnik fehlte hier die Flexibilität und die Effizienz.*

*Falls es diese Hydrauliktechnik tatsächlich gegeben haben sollte, hätte man mit ihr während der Nilflut den Pharao und die Hohen Priester um 10 m anheben können. Mit diesem Schauspiel hätte die Obrigkeit ihre Macht zeigen und das Volk mächtig beeindrucken können.*

*Vielleicht wurde Imhotep aufgrund dieses Spektakels später in den göttlichen Stand gehoben.*