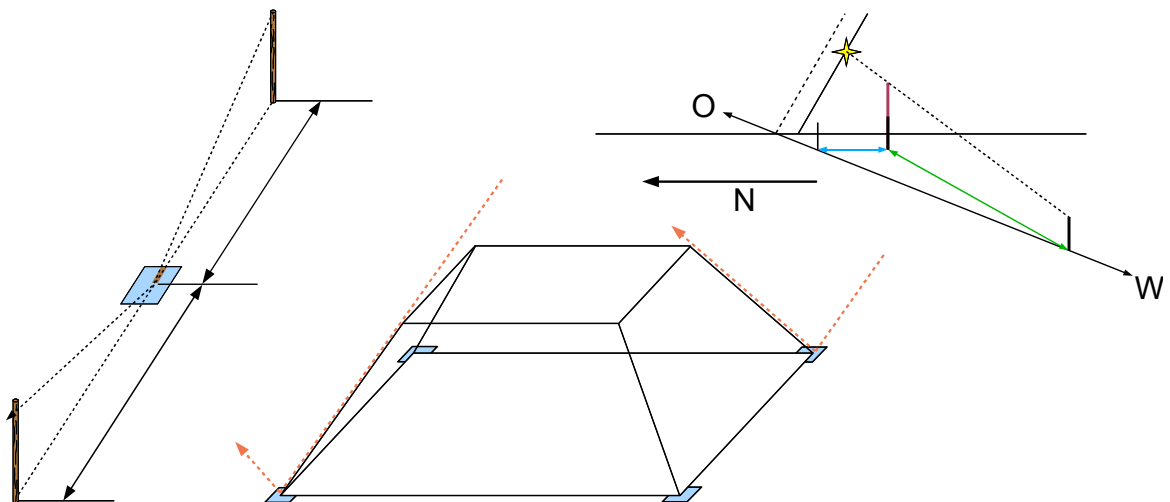


Eckart Unterberger

Die Tricks der Pyramidenbauer

Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden



Eckart Unterberger

Die Tricks der Pyramidenbauer

Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden

Herausgegeben im Eigenverlag

Innsbruck 2008



Die Pyramiden von Gizah, hier auf einem Holzschnitt aus dem 16. Jahrhundert.

Vorbemerkungen

Jede Pyramidenbautheorie muss an den beiden großen Pyramiden von Gizah, der Cheops- und der Chefrenpyramide, gemessen werden. Kann man sich den Bau der anderen Pyramiden noch irgendwie vorstellen, so beeindruckt diese beiden Bauwerke durch ihr ungeheures Volumen und ihre schwindelerregende Höhe. Allein die Tatsache, solche Bauwerke in Angriff zu nehmen, zeigt uns, dass die Ägypter über eine ausgeklügelte Bautechnik verfügt haben müssen. Sie mussten auch gewusst haben, dass sich so ein Bauwerk in einem zumindest überschaubaren Zeitrahmen fertigstellen lässt.

Es ist besonders die Cheopspyramide, die uns hier interessiert. Sie ist die größte der drei Pyramiden von Gizah und sie ist die am aufwändigsten ausgeführte.

Über die genaue Regierungszeit und die Länge der Regierung von Pharao Cheops herrschen ebenso Unklarheit wie über die Länge der Bauzeit seiner Pyramide. Das soll uns bei den folgenden Darlegungen aber nicht weiter berühren. Cheops regierte ab etwa 2550 v. Chr. und dürfte dann 20 Jahre lang über Ägypten geherrscht haben. Erstaunlicherweise sind außer seiner Pyramide nur sehr wenige Zeugnisse von ihm vorhanden. Einziges Abbild ist eine gerade einmal 7,5 cm große Elfenbeinstatue. Auch sein Name taucht offiziell an der Pyramide nirgends auf. Die Zuweisung, dass die Cheopspyramide tatsächlich unter der Regierung von Pharao Cheops gebaut wurde, ist durch die Graffiti der Bauarbeiter an einigen Steinen im Inneren der Pyramide möglich.

Die Zweifel über Zuweisung, Baujahr und Dauer des Baus sind aber nicht Gegenstand der folgenden Untersuchung. Es geht vielmehr darum, wie es möglich war, in relativ kurzer Zeit ein so gigantisches Bauwerk zu errichten.

Die Mittel

Was stand den Baumeistern nach dem Tod von Snofru, dem Vorgänger des Cheops, zur Verfügung, welche intellektuellen und technischen Mittel hatten sie, als sie den Bau der Pyramide begannen?

Erfahrung

Kurz zuvor, unter Snofru, wurden bereits drei mächtige Pyramiden errichtet, deren Gesamtvolumen das der Cheopspyramide übertrifft. Man wusste daher sehr genau, worauf man sich einlässt und konnte auch abschätzen, wie lange man brauchen würde.



Die Granitblöcke hatten die weiteste Reise hinter sich. Sie wurden in Assuan gebrochen und 1000 km auf dem Nil herangeschafft.



Holz stand den Ägyptern in nur geringen Mengen zur Verfügung, dennoch beherrschten sie die Holzbearbeitung meisterhaft, wie die Verbindung zweier Planken an der Totenbarke des Cheops zeigt.

Wie wir gesehen haben, ist die Rote Pyramide von Dahschur an ihrer Basis kaum kleiner als die Cheopspyramide. Die 219 m Basislänge der Roten Pyramide stehen den 230 m der Cheopspyramide nur wenig nach und übertreffen sogar die Basislänge der Pyramide des Chefren mit ‚nur‘ 214 m Länge.

Einziger Unterschied zwischen der Roten Pyramide und den beiden Großpyramiden ist der steilere Neigungswinkel. Dieser wurde aber schon bei der Ummantelung der Pyramide von Meidum steiler gewählt, man wusste also, dass so etwas machbar ist.

Steine

Diese standen in unbegrenztem Ausmaß zur Verfügung. Ein Großteil der Steinblöcke, jene für den Pyramidenkern, wurde in unmittelbarer Nähe gebrochen. Lediglich die Verkleidungssteine stammen aus anderen Steinbrüchen, woher genau ist nicht gesichert. Es stehen zwei Abbaugelände zur Auswahl: einmal Steinbrüche am Ostufer des Nil und dann der Steinbruch von Tura, südlich von Kairo. In jedem Fall musste eine ganz erhebliche Anzahl von Baumaterial über den Nil zur Baustelle transportiert werden. Die weiteste Reise hatten die Granitquader hinter sich, die für die Gänge im Inneren der Cheopspyramide und für die untere Verkleidung der beiden anderen Pyramiden verwendet wurden. Sie stammen aus Assuan und mussten 1000 km über den Nil gebracht werden.

In der Bearbeitung der Steine konnten die Ägypter auf einen wohl einige Jahrtausende alten Erfahrungsschatz zurückgreifen. Trotzdem ist es für uns letztlich unbegreiflich, mit welcher endloser Geduld Hunderttausende von Steinquadern bearbeitet wurden.

Seile

Die Herstellung von haltbaren Seilen war den Ägyptern bekannt und mit Sicherheit Routine. Sie fanden nicht nur im Bauwesen Verwendung sondern vor allem in der Schifffahrt. Seile sind uns auch noch erhalten. Auch die Herstellung sehr langer Seile dürfte den Ägyptern keine Schwierigkeiten bereitet haben.

Holz

Holz stand nur in geringem Maß zur Verfügung und kann daher auch nur sparsam verwendet worden sein. Das Holz von Palmen splittert leicht und ist für den Einsatz am Bau ungeeignet. Zudem ist die Dattel auch heute noch Grundnahrungsmittel für die Bevölkerung und es ist unwahrscheinlich, dass Dattelpalmen gefällt wurden, um für andere Zwecke benutzt zu werden. Holz musste von weither importiert werden. Verwendet wurde, wie wir aus Fundstücken wissen, vor allem Zedernholz.



Die unterste Lage der Verkleidungssteine ruht auf dem etwa 30 cm starken Pflaster. Darunter liegt der gewachsene Fels. Zu Anfang wurde nur jener Teil des Pflasters gelegt, der direkt unter den Verkleidungssteinen zu liegen kam. Nach Fertigstellung der Pyramide wurde das restliche Pflaster verlegt.



Die millimetergenaue Verlegung der Verkleidungssteine ist bis heute ein Rätsel. Die Verkleidungssteine sind keineswegs rechtwinklig, sondern schief in allen Ebenen, die Verwendung eines rechten Winkels ist daher nicht möglich. Jeder Stein passt einzig und allein zu seinem unmittelbaren Nachbarn.

Menschen

Menschliche Arbeitskraft stand praktisch unbegrenzt zur Verfügung. Das Problem und der springende Punkt ist nicht die Rekrutierung einer genügend großen Anzahl von Arbeitskräften sondern es ist deren Einsatz. Alle weiteren Überlegungen werden daher unter dem Gesichtspunkt betrachtet werden müssen:

Wie kann eine möglichst große Anzahl von Arbeitskräften gleichzeitig eingesetzt werden?

Die einzelnen Arbeitsschritte dürfen nicht hintereinander ablaufen, sondern möglichst simultan. Es darf nicht sein, dass eine Gruppe von Arbeitern einfach nichts zu tun hat oder dass sich die Arbeiter gegenseitig behindern. Nur wenn die verschiedenen Arbeiten und damit die Arbeitskräfte entsprechend organisiert sind, lässt sich ein Bauwerk wie die Cheopspyramide in überschaubarer Zeit errichten.

Auf den folgenden Seiten wird der Bau der Cheopspyramide Schritt für Schritt beschrieben. Besonders auf die Details der verschiedenen Arbeitsschritte wird eingegangen, denn sie sind es, die eine Theorie zum Scheitern bringen.

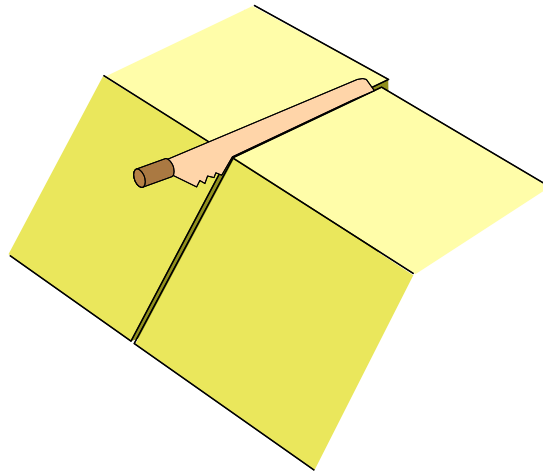
Das Fundament und die ersten Steinlagen

Das Gelände wird zunächst nur grob geebnet. Begonnen wird mit der Vorbereitung des Fundaments an einer der Westecken. Die genaue Orientierung der Nord- oder Südseite erfolgt in der beschriebenen Methode der Astro-Aszension. Dabei wird noch nicht so präzise vorgegangen, wie das später beim endgültigen Einmessen der Fall sein wird. Ein Hilfsrechteck wird eingemessen und die Ost- und Westseite werden grob festgelegt.

Jetzt beginnt die echte Vorbereitung des Fundaments. Entlang der Linien, die die Basis der Pyramide bilden sollen, wird jetzt überall zeitgleich mit dem Ebnen des Fundamentes begonnen. Dieser Arbeitsgang wird durch laufendes Nachmessen der Höhe ständig kontrolliert. Mit Hilfe der optischen Nivellierung ist dies schnell und unkompliziert durchzuführen. Die Basis misst viermal 230 m, es ist also eine Strecke von 920 m zu nivellieren. Da aber überall zugleich, simultan, gearbeitet werden kann, nimmt diese Arbeit nur wenig Zeit in Anspruch.

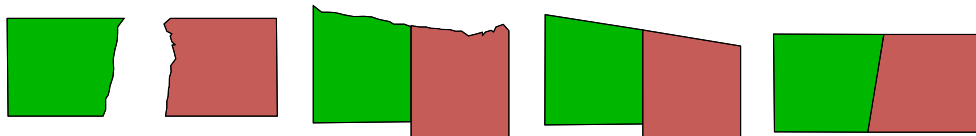
Nach der Nivellierung wird das Pflaster aus ca. 30 cm dicken Kalksteinplatten aufgebracht. Jetzt erst wird die endgültige Nivellierung und Orientierung durchgeführt. Die Basislinie wird in das Pflaster eingeritzt, ebenso die Achsen der Pyramide, das heißt

Der Trick mit den Verkleidungssteinen

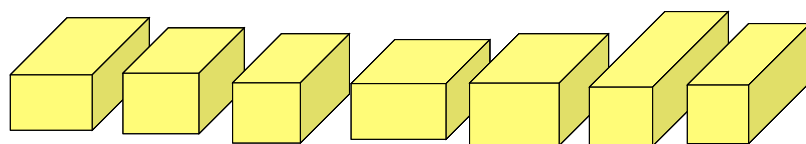


Der einzige Vorschlag in der Literatur ist die Verwendung einer Kupfersäge, mit der die Steine auseinander geschnitten werden. Bei mehr als 200 Steinen auf jeder Seite der Pyramide dürfte dieses Verfahren jedoch viel zu zeitaufwändig sein.

Mein Lösungsvorschlag: Die supplementäre Bearbeitung



Der Trick kommt aus dem Tischlerhandwerk. Bevor es Präzisionsmaschinen gab, wurde er verwendet, um zwei Bretter nur mit dem Hobel passgenau aneinander zu fügen. Die Bretter werden mit ihren Unterseiten aneinander fixiert und gleichzeitig abgehobelt. Dreht man sie wieder zurück, passen sie, egal in welchem Winkel die Seiten bearbeitet wurden.



Dieser Trick lässt sich auf die Verkleidungssteine übertragen: Die Steine werden der Reihe nach aufgelegt. Jene Steine, die ungefähr zueinander passen, werden nebeneinander gelegt.

die Mitte zwischen den beiden Ecken. Das Markieren der Achse ist notwendig, um die optische Nivellierung durchführen zu können. Leider sind diese Ritzungen heute nicht mehr sichtbar. Die letzte noch vermessene Ritzung befand sich 3 cm von der Pyramidenachse entfernt.

Das Pflaster wird nun nicht komplett, sondern lediglich die erste Reihe wird verlegt. In der Mitte, am Felskern, wurde inzwischen das Bett für die innerste Steinreihe vorbereitet. Dazu wurde waagrecht hinein gemessen und eine Stufe in den Fels gehauen.

Jetzt beginnt der Bau. Die Steinblöcke werden zunächst an den Felskern gezogen. Auch jetzt wird an allen Seiten der Pyramide zugleich gearbeitet. Den genauen Arbeitsablauf werden wir dann in größerer Höhe durchspielen, denn vorerst stehen wir vor einem weiteren Rätsel, den Verkleidungssteinen.

Der Trick mit den Verkleidungssteinen: Die supplementäre Bearbeitung

Die wenigen Verkleidungssteine, die an der Cheopspyramide noch vorhanden sind, genügen, uns ein weiteres Rätsel des Pyramidenbaus aufzugeben. Sie passen derart präzise zusammen, dass es nicht möglich ist, auch nur ein Blatt Papier dazwischen zu schieben. Das ist aber der Rätsel nicht genug. Man könnte sich vorstellen, dass die Blöcke einfach alle rechtwinklig bearbeitet wurden, als geometrische Quader. Das sind sie aber nicht. Sie sind sowohl in Längsrichtung (horizontal) als auch in der Höhe (vertikal) schiefwinklig. Das heißt, lediglich die Unterseite und die Oberseite sind parallel.

Dazu gibt es derzeit nur eine Theorie. Die Steine werden aneinandergelegt und mit Kupfersägen auseinandergeschnitten. Neben der technischen Unmöglichkeit würde dies zu viel Zeit benötigen, genauso wie das Bearbeiten und Einrichten Stein für Stein. An einer Seite der Pyramide sind über 200 Verkleidungssteine verlegt.

Wir wenden uns wieder der von mir postulierten, obersten Prämisse des Pyramidenbaus zu: Die Arbeiten werden simultan ausgeführt. Sämtliche Steine einer Schicht müssen gleichzeitig an den Seiten bearbeitet werden, alles andere dauert zu lange.

Es gibt einen Trick, der bis in das 20. Jahrhundert Verwendung fand, inzwischen aber schon vergessen ist. Benutzt wurde er von den Tischlern beim Abrichten von Brettern. Als es noch keine Präzisionsmaschinen gab, um die Seitenkanten von Brettern genau rechtwinklig zu bearbeiten, behelfen sich die Tischler mit einer einfachen aber umso genaueren Methode, wenn es notwendig war, mehrere Bretter passgenau aneinander zu reihen.