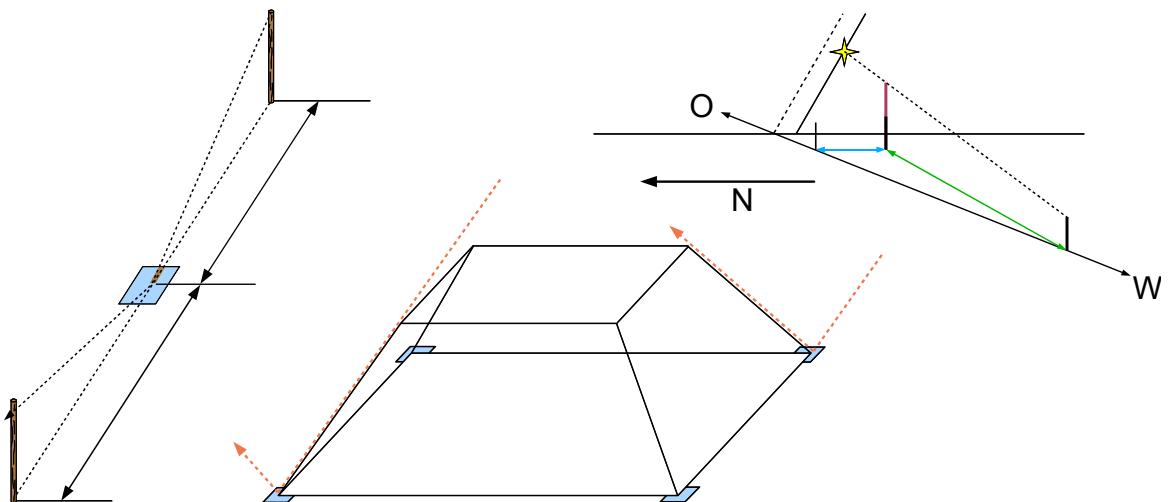


Eckart Unterberger

Die Tricks der Pyramidenbauer

Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden



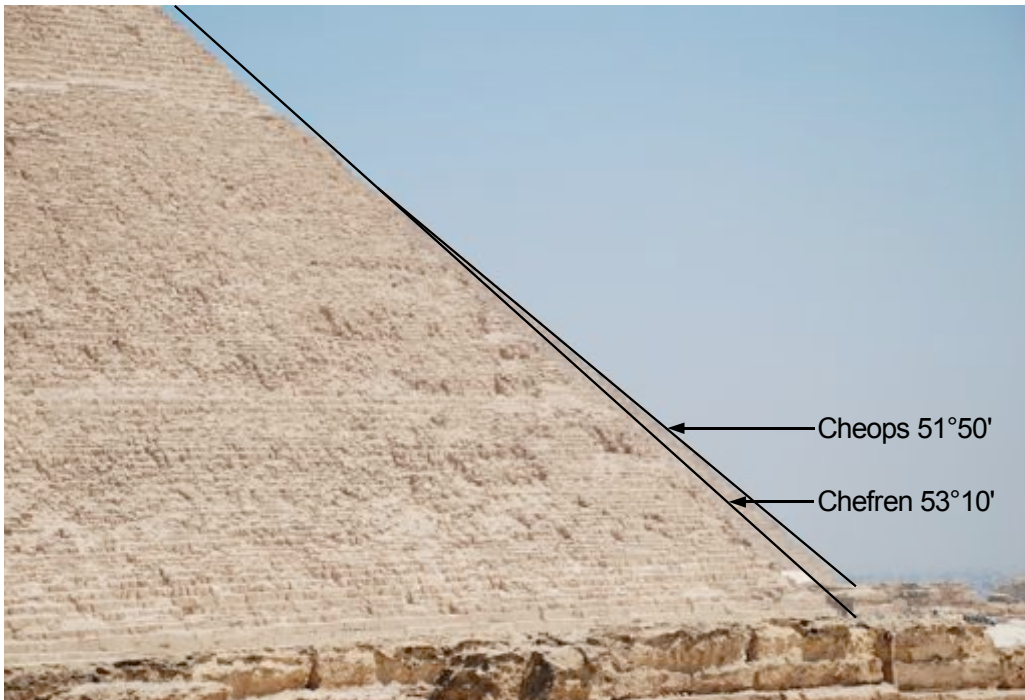
Eckart Unterberger

Die Tricks der Pyramidenbauer

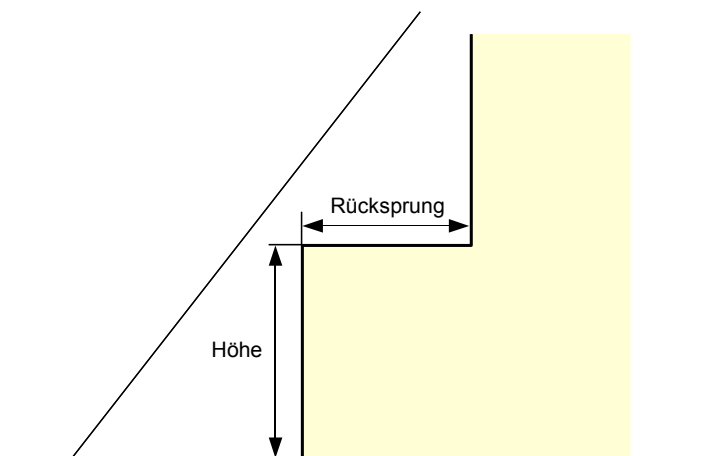
Vermessung und Bau der ägyptischen Pyramiden

Herausgegeben im Eigenverlag

Innsbruck 2008



Die Chephrenpyramide vor der Cheopspyramide: Man sieht die unterschiedlichen Neigungswinkel. Vermessungstechnisch wäre es einfacher gewesen, beide Pyramiden mit dem gleichen Neigungswinkel zu bauen. Man hätte dann die Chephrenpyramide an der Cheopspyramide ausrichten können. Die Ägypter müssen daher über eine Methode verfügt haben, den Neigungswinkel ohne großen Aufwand einmessen zu können.



Die Methode mit Rücksprung und Höhe: Die beiden Werte werden bei Cheops auf 5 1/2 Handbreiten Rücksprung bei 1 Elle Höhe festgesetzt. Die Methode erweist sich in der Praxis als undurchführbar. Die Stufen sind nicht waagrecht, das Verfahren müsste mehr als 200-mal wiederholt werden und ist daher bei weitem zu unpräzise.

Der Neigungswinkel

Wie dramatisch sich eine falsche Einmessung der Seitenneigung auf die endgültige Gestalt der Pyramiden auswirken kann, wurde in der Einleitung zu diesem Abschnitt diskutiert und dargestellt. Im Gegensatz zur Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen sind es hier aber nur zwei Theorien, die in der Literatur beschrieben werden.

Grundsätzlich gehen beide Theorien von der Einmessung des so genannten Rücksprungs und der Höhe aus. Stellen wir uns eine normale Treppe vor, so versteht man unter Rücksprung die Breite einer Treppenstufe, die Trittläche also. Die Höhe ist die senkrechte Höhe von einer Stufe zur nächsten.

Die erste Methode: Erhart Graefe entwickelte die Methode der Vermessung rund um einen Kernbau in Form einer Stufenpyramide. Dabei geht er davon aus, dass in jeder Pyramide eine Stufenpyramide steckt, weil diese dazu notwendig ist, die genaue Seitenneigung einer Pyramide zu bestimmen. Die Neigung einer Stufenpyramide ist wesentlich leichter einzumessen als die einer echten Pyramide. Da die Flanken der einzelnen Stufen fast senkrecht sind, kann mit Senklot und Setzwaage jede einzelne Stufe nach Rücksprung und Höhe eingemessen werden.

Wir werden im Abschnitt über den Bau der Pyramide sehen, dass dieses Verfahren derart große technische Schwierigkeiten mit sich bringt, dass es sich auf den Bau einer Großpyramide praktisch nicht anwenden lässt, unabhängig davon, ob nun in jeder Pyramide wirklich eine Stufenpyramide steckt oder nicht.

Die zweite Methode ist die Einmessung nach Rücksprung und Höhe bei jeder einzelnen Steinlage.

Bei jeder Schicht wird zuerst waagrecht nach innen gemessen und dann senkrecht nach oben. Der Vorgang wird mehr als 200-mal wiederholt und alle 4 Seitenflächen sollen sich dann an der Spitze der Pyramide genau über deren Zentrum treffen. Betrachten wir die Methode im Detail, so häufen sich die Probleme.

Das Verfahren kann von jedem an einer Haustreppe versucht werden. Man wird sehen, dass hier von Präzision keine Rede mehr sein kann. Bereits nach einem Stockwerk tritt ein Fehler im Zentimeterbereich auf. Um aber das Verfahren an der Pyramide durchzuführen, müsste vergleichsweise bis ins 17. Stockwerk gemessen werden.



Die Pyramidenstufen sind deutlich nach innen geneigt. Wollte man von Stufe zu Stufe messen, müsste zuerst waagrecht nach innen nivelliert werden.



Die Flanken der Cheopspyramide sind konkav, das heißt, sie sind leicht eingedellt. Gut zu erkennen ist das an der Nord- und Südseite der Cheopspyramide (links unten). Die Messmethode mit Höhe und Rücksprung kann daher nicht angewandt werden.

Das Messen selbst

Die Pyramidenstufen sind nicht waagrecht, sie sind leicht schräg nach innen geneigt. Es kann also nicht direkt von einer Stufe zur nächsten gemessen, sondern es muss zuerst mit einer Setzwaage nach innen zur nächsten Stufe nivelliert werden. Dass sich das nicht gerade positiv auf die Genauigkeit der Messung auswirkt, liegt auf der Hand.

Die Maßeinheit

Die einzelnen Steinlagen der Pyramiden sind nicht gleich, sondern unterschiedlich hoch. Man kann also nicht einfach jedesmal drei Ellen nach innen messen und dann beispielsweise drei Ellen und drei Finger nach oben. Man könnte das höchstens seitlich an einem Verkleidungsstein anzeichnen und dann markieren. Auch mit einem Messgerät, das in etwa wie eine schräge Setzwaage funktioniert, ist die gewünschte Präzision sicher nicht zu erreichen. Eine Berechnung der notwendigen Höhe bei bestimmtem Rücksprung ist ebenfalls nicht möglich. Die einzelnen Steinlagen sind nicht gleich hoch. Es müssten komplizierte Bruchrechnungen durchgeführt werden, wenn der Rücksprung einmal nicht eine runde Zahl in Ellen ist.

Als größtes Hindernis für dieses Verfahren entpuppt sich aber eine Besonderheit der Seitenflächen, die bis heute Rätsel aufgibt. Die Seitenflächen einiger Pyramiden sind konkav. Das heißt, sie sind keine planen Flächen, sondern leicht eingedellt. Wie weit sie eingedellt sind, ist nicht genau festzustellen, es mag sich im Bereich von weniger als einem Meter bewegen. Dieser Umstand lässt inzwischen auch die meisten Ägyptologen an der Messmethode nach Rücksprung und Höhe zweifeln. Sind die Seitenflächen konkav, so ist diese Methode nicht durchführbar! Der Winkel von Stufe zu Stufe würde sich jedesmal um den Bruchteil eines Millimeters ändern.

Das eigentliche Problem ist aber ein anderes. Die Methode mit Rücksprung und Höhe wird von der Wissenschaft recht unkritisch als einzig gültige angesehen, was sich damit begründen lässt, dass es keine andere gibt. Das führt uns aber zu einem Faktum, das einer ernsthaften Pyramidenforschung entgegensteht.

Es ist definitiv nicht bekannt, wie hoch die Pyramiden genau waren. Der Grund dafür ist die Methode, wie die Pyramidenhöhe bestimmt wurde und immer noch wird. Man misst zunächst die Kantenlänge, dann die Neigung der noch ‚in situ‘ (in der originalen Position) vorhandenen Verkleidungssteine. Deren Neigung ist aber bei ein und derselben Pyramide nicht immer gleich, kann sie auch nicht sein, da die Pyramidenflächen konkav sind. Dann würden die zur Mitte gelegenen Verkleidungssteine einen flacheren Winkel aufweisen als die in der Nähe der Kanten.

Pyramide	Neigungswinkel
Meidum	51°53'
Knickpyramide	55°43'
Rote Pyramide	44°44'
Cheopspyramide	51°50'
Djedefre	52°
Chefren	53°10'
Mykerinos	51°20'
Userkaf	53°10'
Sahure	50°11'
Neferirkare	54°30'
Unas	56°



Die Rote Pyramide von Dahschur ist die einzige Pyramide mit einem geringeren Neigungswinkel als 50°.

Trotzdem wird davon ausgegangen, dass die Pyramiden über die Seitenflächen nach der Rücksprung-Höhe-Methode eingemessen wurden. Nun wird ein Mittelwert der verschiedenen Neigungswinkel herangezogen und auf ein Maß ‚gerundet‘. Dieses Maß soll ein gerades Maß in Ellen oder ein Maß in einem Bruch ergeben. Dabei wird bei der Cheopspyramide von Rücksprüngen in Handbreiten und Fingern bei einer Höhe von einer Elle gerechnet, bei der Chefrenpyramide wird hingegen von einem Verhältnis von 3:4 gesprochen, obwohl der gemessene Winkel ein um 3‘ steilerer war. Die echte, derzeitige Höhe der Chefrenpyramide wurde überhaupt noch nie vermessen, sie wurde immer nur rückgerechnet.

Dieses Vorgehen ist so nicht korrekt. Man kann nicht einfach eine Methode als gültig annehmen, obwohl es keine Hinweise dafür gibt, dass sie verwendet wurde, ja ganz im Gegenteil, alles darauf hindeutet, dass sie schlicht und einfach undurchführbar ist und dann alle Maße auf diese Methode hin ausrichten.

Besonders skurril wird dieses Faktum bei der Höhenangabe der Chefrenpyramide. I.E.S. Edwards gibt die derzeitige Höhe mit 136,39 m an, die ursprüngliche mit 143,55 m. Das ist ganz einfach nicht möglich. Die Plattform auf der Spitze der Chefrenpyramide ist gerade einmal 4 m im Quadrat. Bei einem Winkel von 53° kann man nicht noch 7 m höher bauen. Diese Angaben werden aber einfach übernommen und in verschiedenen, sonst seriösen Publikationen veröffentlicht.

Sehr oft wird der Neigungswinkel sogar in Bogensekunden angegeben. Eine Bogenminute Abweichung würde die Spitze der Pyramide gerade einmal um 9 cm nach oben oder unten verschieben. 1 Bogensekunde ist $1/60$ einer Bogenminute, da geht es also nur mehr um Millimeter in der Höhenangabe.

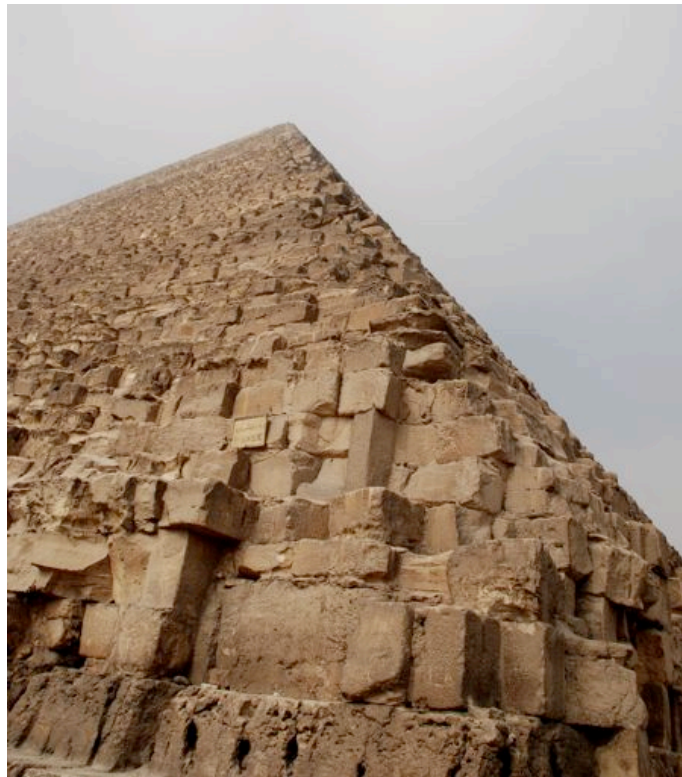
Legen wir das Ganze aber einmal auf die beschriebene Rücksprung-Höhe-Methode um. Nehmen wir an, die Neigung wäre Stein für Stein in Bogenminuten aufgetragen worden, wie viel macht das dann pro Stein aus? Bei einem 1 m hohen Stein hätten die Ägypter dann auf 0,4 mm genau gemessen, und das 200-mal!

Das bedeutet:

- Alle Angaben über die Höhe und den Neigungswinkel von Pyramiden sind mit Vorsicht zu betrachten!
- Differenzen von mehr als 5‘ sind möglich.
- Sämtliche Zahlenspielerereien mit pi oder Ähnlichem erübrigen sich.



Die Spitze der Cheopspyramide: Alle 4 Seitenflächen treffen sich genau über dem Zentrum der Pyramide, obwohl die Seitenflächen leicht konkav sind.



Blick über die Kante zur Spitze der Cheopspyramide. Da eine Messung über die Pyramidenflächen nicht möglich ist, wurde die Seitenneigung über die Kanten eingemessen. Die Länge der Kante beträgt 218 m.

Es müssen daher bei der Einmessung der Neigung einer Pyramide neue Wege beschritten werden.

Wenn man die Neigungswinkel der Pyramiden auflistet, so wird man feststellen: Die Ägypter konnten praktisch in jedem Neigungswinkel bauen. Begrenzt wurde der Winkel lediglich nach oben hin. Eine bestimmte Steilheit der Flanken wurde nie überschritten. Dass es auch nach unten eine Grenze gab, liegt auf der Hand. Eine zu flache Pyramide wirkt einfach nicht mehr sonderlich imposant. Dazwischen ist aber alles vertreten. Die meisten Pyramiden wurden in einem Winkel zwischen 50° und 55° gebaut. Wir müssen also nach einem Verfahren suchen, das jeden möglichen Winkel zulässt.

Die Messung über die Kanten

Wenn die Einmessung nicht über die Seitenflächen durchgeführt werden kann, weil die Pyramidenfläche konkav ist, dann bleibt nichts anders übrig, als sie über die Kanten zu messen. Das Hauptproblem bei Vermessung und schließlich dem Bau der Kanten ist,

- dass sie sich an einem Punkt treffen müssen und nicht an einer Linie, dass also kein Giebel entsteht, sondern eine Spitze,
- dass sich diese Spitze genau in der Mitte der Pyramide befindet und
- dass daher an allen 4 Kanten mit dem gleichen Winkel begonnen werden muss.

Offensichtlich war das möglich und auch nicht sonderlich schwierig.

Dem entgegen steht hier wieder der Felskern, auf dem sowohl die Cheops- als auch die Chefrenpyramide errichtet wurde. Dieser erlaubt kein Messen der Diagonalen. Die Höhe dieses Felskerns lässt sich nicht genau ermitteln, beträgt aber wahrscheinlich rund 10 m. Wenn man aber in 10 m Höhe entdeckt, dass man bisher schräg gebaut hat, ist das schon reichlich spät und eine Korrektur nicht mehr möglich.

Wir brauchen also eine Visierlinie, die den Winkel über eine möglichst große Entfernung präzise festlegt, genauer gesagt vier Visierlinien, eine für jede Kante.

Diese Visierlinien müssen nicht nur alle vier den gleichen Neigungswinkel aufweisen, sie müssen außerdem genau auf das Zentrum der Pyramide gerichtet und lange genug sein, um eine präzise Einmessung zu ermöglichen. Nehmen wir an, es stünden vier Visierlinien von etwa 10 - 15 m zur Verfügung, so könnten zumindest die ersten 40 – 50 m der Pyramidenkanten mit zufriedenstellender Genauigkeit eingemessen werden.