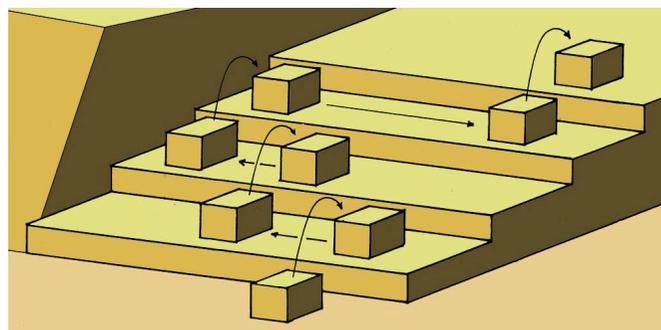


Stationäre Winkelhebel

(am Beispiel der Cheopspyramide)

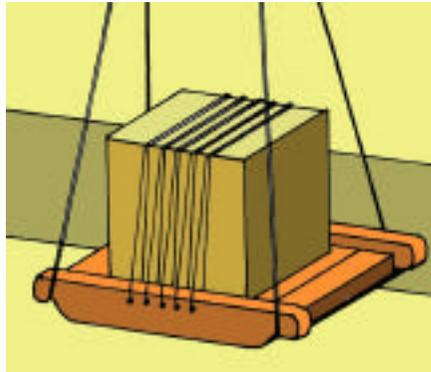
In dieser Studie wird versucht, die beschriebene Winkelhebel-Methode zu optimieren und dadurch eine deutliche Verbesserung der Kapazitäten zu erreichen.

Das Eigengewicht eines Winkelhebels für Lasten von 2000 – 2500 kg, zu dessen Konstruktion Rundhölzer von ca. 15 cm Durchmesser verwendet werden, beträgt doch immerhin um die 700 kg. Das Transportieren des Hebels von Stufe zu Stufe wäre also ein recht mühsames Unterfangen gewesen, welches die Kräfte der Bedienungsmannschaft zusätzlich belastet hätte. Es mussten deshalb die Winkelhebel, und dies gilt auch für viele andere „Herodot’sche Maschinen“ stationär positioniert werden. Da auf einer Stufenrampe mit einer Auftrittstiefe von ca. 2.50 m die Winkelhebel nicht auf aufeinander folgenden Stufen hinter einander aufgestellt werden konnten, musste dies gestaffelt geschehen und zwar je drei diagonal auf drei Stufen. Daher mussten die Stufenrampen zum stationären Betrieb eine Mindestbreite von 9 m aufweisen. Figur 1 zeigt den Weg eines Steinblocks über vier Stufen und vier stationäre Hebel.



Figur 1.

Nach jedem Hub wurde der Block seitwärts an den Ausgangspunkt des nächsten Hebels verschoben. Dazu wurden in die Stufen leicht gerundete Schwellen aus Palmholz eingelassen. Der auf einem Holzschlitten fest verankerte Block wurde mit einfachen Stangenhebeln über diese Schwellen gewuchtet. Die Schlitten wurden so gestaltet, dass sie sowohl zum Treideln, als auch zum Heben mit den Winkelhebeln verwendet werden konnten (vgl. Figur 2). Die fixen Seile an den Hebeböcken wurden an den entsprechenden Einschnitten in den Kufen der Schlitten befestigt. Durch diese Massnahme konnten verschieden grosse Blöcke transportiert werden, ohne dass die Seillängen an den Hebeln verändert werden mussten.



Figur 2

Die Frequenz einer solchen Anlage beträgt etwa 5 Minuten pro Stein und Stufe:

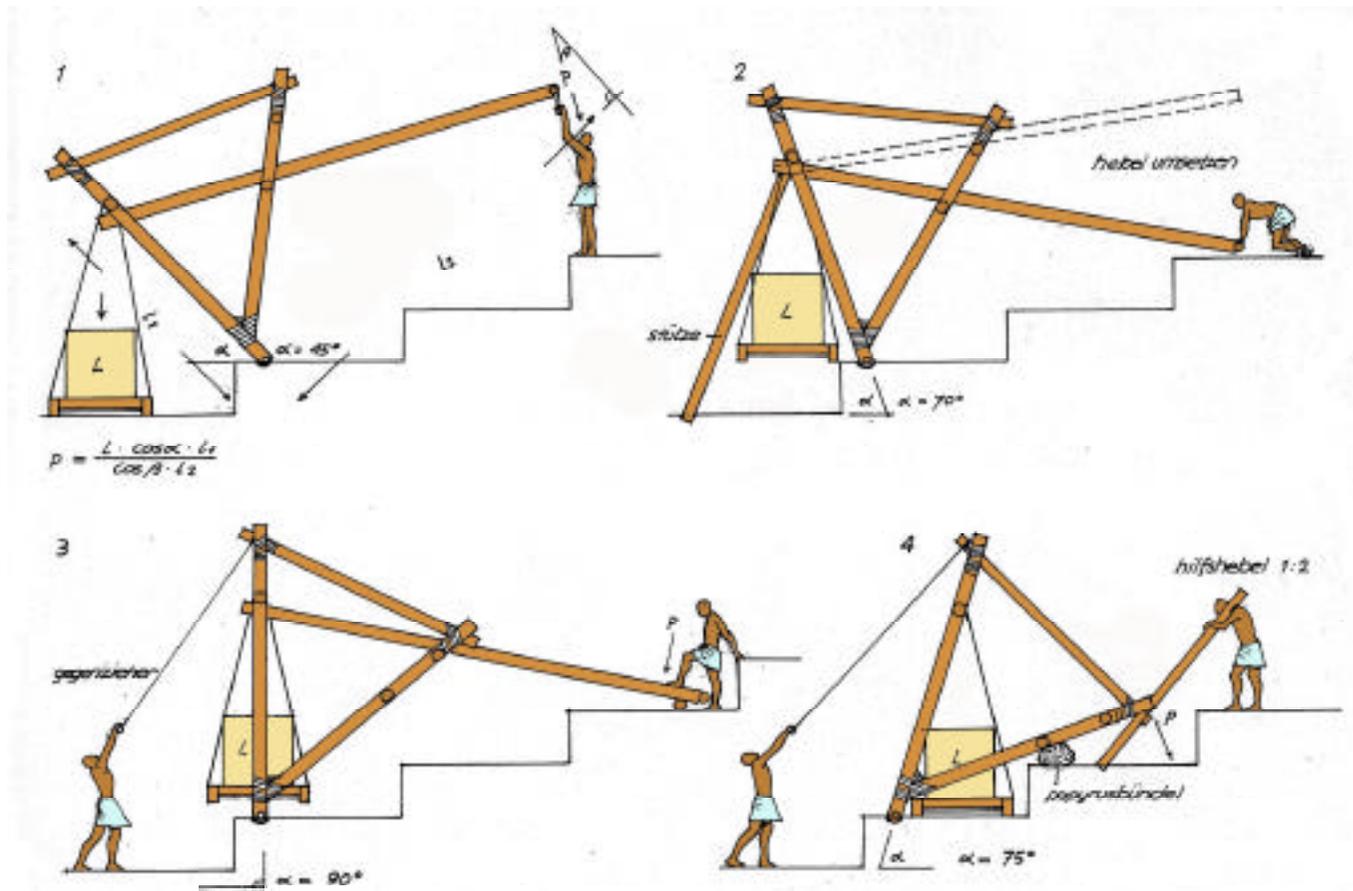
| | |
|---|--------|
| Anhängen der vorbereiteten Last | 40 Sek |
| Anheben bis zur ersten Umsetzung und | |
| Unterstellen eine Stütze | 60 Sek |
| Umsetzen des Hebelarms | 40 Sek |
| Heben bis zum Gleichgewicht | 30 Sek |
| Absenken des Hebels | 20 Sek |
| Abnehmen der Last und Rückstellung des Hebels | 40 Sek |
| Verschlaufpause | 70 Sek |

Dazu kommen noch Arbeiten wie seitliches Verschieben der Lasten, Anhängen einer neuen Last, Aufsicht und Kommando, welche aber von speziellen Mannschaften vorgenommen wurden.

In der Folge soll nun der Vorgang im Detail betrachtet werden:

Die vorbereitete und am Hebel befestigte Last wird mittels einer zweiteiligen Hebelstange durch Drehung des Winkelhebels hochgezogen. Am Ende der Hebelstange ist ein Querholz angebracht, welches ca. 18 - 20 Männern Platz zum ziehen bietet. Durch die Position der Hebelstange können die Männer ihr volles Gewicht als Zuglast einsetzen (vgl. Figur 2.1). Womit der Krafteinsatz relativ gering bleibt. Bei schweren Gewichten kann der anfangs höchste Kraftaufwand mit dem Einsatz von Stangenhebeln an der Last selbst reduziert werden. Sobald der Winkelhebel zu drehen beginnt, wird der Kraftaufwand kontinuierlich kleiner. Die Hebelstange wird bis auf die Stufenfläche heruntergedrückt und dann von ca. 10 Mann in dieser Position gehalten (vgl. Figur 2.2). Am Winkelhebel wird eine Stütze angebracht, so

dass die Last nicht zurückkippen kann. Die Mannschaft nimmt die Hebelstange heraus und setzt sie in die neue Position, welche durch die Querhölzer am Winkelhebel bestimmt ist. Von neuem wird die Hebelstange heruntergezogen bis der Hebel auf der Stufe anschlägt. Nun ist peinlich darauf zu achten, dass der Winkelhebel nicht überzogen wird, sondern in der Position des Gleichgewichts gehalten wird (vgl. Figur 2.3). Dazu dienen die Gegenzieher, welche dann die Last langsam herunterlassen, bis die stets aufzuwendende Kraft von Stangenhebeln übernommen und dann zum Zielpunkt abgesenkt wird, wobei z.B. ein Papyrusbündel ein ruckartiges Aufsetzen der Last vermindern könnte (vgl. Figur 2.4).



Figur 2. Ablauf des Hebevorgangs

Die nachfolgende Tabelle erläutert, welcher Kraftaufwand in den verschiedenen Positionen des Winkelhebels notwendig ist: Dabei gilt die Formel

| | |
|-------------------|-------|
| Zugkraft pro Mann | 55 kg |
|-------------------|-------|

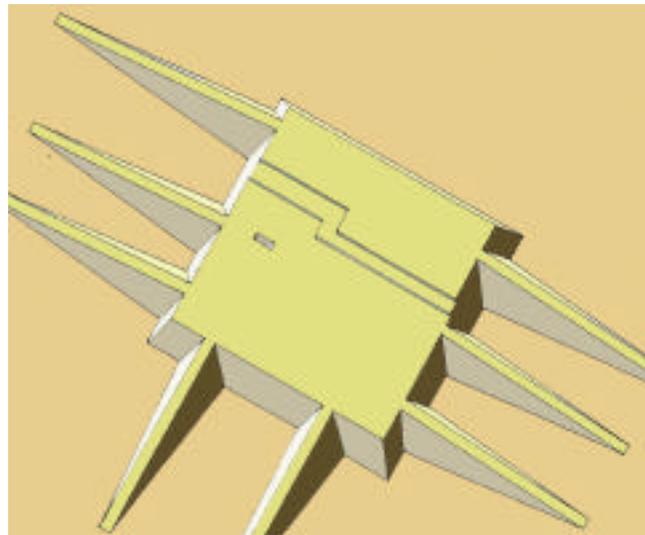
| Gewicht | l_1 | l_2 | Winkel | Winkel | Zugkraft | Männer |
|---------|-------|-------|--------|------------|----------|--------|
| kg | | | | Mittelwert | kg | kg |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 45.00 | 5.00 | 967.92 | 18 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 50.00 | 5.00 | 879.88 | 16 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 55.00 | 5.00 | 785.14 | 14 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 60.00 | 5.00 | 684.42 | 12 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 65.00 | 5.00 | 578.50 | 11 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 70.00 | 5.00 | 468.17 | 9 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 75.00 | 5.00 | 354.28 | 6 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 80.00 | 5.00 | 237.70 | 4 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 85.00 | 5.00 | 119.30 | 2 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 90.00 | 5.00 | 0.00 | 0 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 95.00 | 5.00 | -119.30 | -2 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 100.00 | 5.00 | -237.70 | -4 |
| 2500.00 | 3.00 | 5.50 | 105.00 | 5.00 | -354.28 | -6 |

Man erkennt, dass unmittelbar beim Absetzen der Last etwas über 350 kg Gegenzug nötig sind, eine Last allerdings welche am Winkelhebel selbst von ein paar wenigen Leuten aufgebracht werden kann.

G. Goyon nimmt an, dass in einer intensiven Phase des Baus alle 3 Minuten eine Last auf die oberste Plattform des Pyramidenstumpfs gebracht werden musste. Mit mehreren gleichzeitig betriebenen Systemen stationärer Winkelhebel lässt sich diese Frequenz leicht übertreffen. Das ist auch nötig, denn bei Goyon's 3-Minutentakt handelt es sich um einen Durchschnittswert für die ganze Pyramide. Da im obersten Teil, also nach ca. 2/3 Höhe diese Frequenz mit Sicherheit weder mit Rampen noch Maschinen erreicht werden konnte, musste im unteren Teil Tempo gemacht werden. Höchstwahrscheinlich wurden die ersten 35 Steinschichten, d.h. also die ersten 30 m Höhe mittels mehrerer senkrecht zu den Pyramidenseiten stehenden Treiderrampen mit einer Steigung von ca. 6° erbaut. R. Stadelmann hat diese Möglichkeit postuliert und es scheint tatsächlich die beste Methode zu sein, um die gewaltigen Volumen an der Basis der Pyramide zu bewältigen. Geht man davon aus, dass insgesamt 8 solcher Rampen gebaut und Goyon's Frequenz von 3 Minuten pro Stein eingehalten wurde, so gelangte alle 22.5 Sekunden eine Last auf die Plattform. Ein Wert, welcher Goyon's Vorstellung bei weitem übertrifft (vgl. Figur 3). Aber Achtung: Das Volumen dieser acht Rampen beträgt immerhin etwa 400'000 m³ und das dürfte doch schon die Grenze des Möglichen sein. Im Vergleich allerdings zu anderen Rampentheorien, deren Rampenvolumen dasjenige der Pyramide bei weitem übertreffen, erscheint die obige Annahme bescheiden. Ob nun, wie Stadelmann weiter annimmt, eine angelegte, d.h. tangential zu einer Pyramidenseite

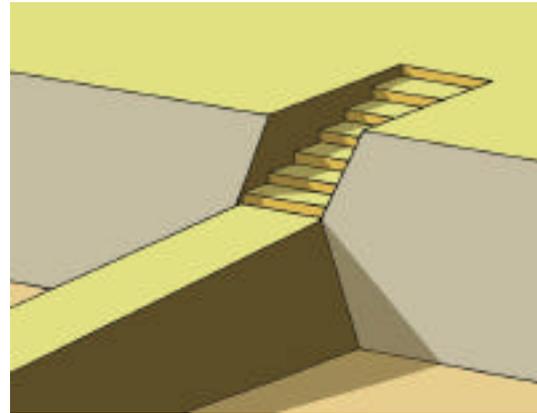
stehende Treiderrampe aus dem Material der kleinen Rampen auf eine weitere Höhe von ca. 50 m erstellt wurde, sei dahingestellt. Wenn man davon ausgeht, dass weiter oben mit mehreren stationären Winkelhebel-Systemen gearbeitet wurde, so musste die Tangentialrampe eine ausreichende Frequenz aufweisen, um die „Maschinen“ zu beliefern. Das heisst also, dass sie mehrere Fahrbahnen haben müsste. Der Abbruch der senkrecht stehenden Rampen und der Wiederaufbau der Tangentialrampe erforderte aber auch einen grossen Arbeits- und Zeitaufwand, welcher der Pyramide nicht direkt zu gute kam. Gehen wir also davon aus, dass ab der Höhe von ca. 30 Metern mit stationären Winkelhebeln gearbeitet wurde.

Am oberen Ende aller oder mehrerer Radialrampen wurden die für den Maschinentransport geeigneten Stufenrampen als innere Rampen fortgesetzt (vgl. Figur 4). Man musste natürlich darauf achten, dass durch diese inneren Rampen die Ausbauten im Innern der Pyramide nicht tangiert wurden. Der Ausbau der inneren Einrichtungen der Pyramide



Figur 3

erfolgte sozusagen im Tagebau und wurde mit dem Wachsen der Pyramide kontinuierlich vorgenommen. Vermutlich wurden die inneren Bauten durch eine speziell zu diesem Zweck erstellte Treiderrampe bedient.



Figur 3

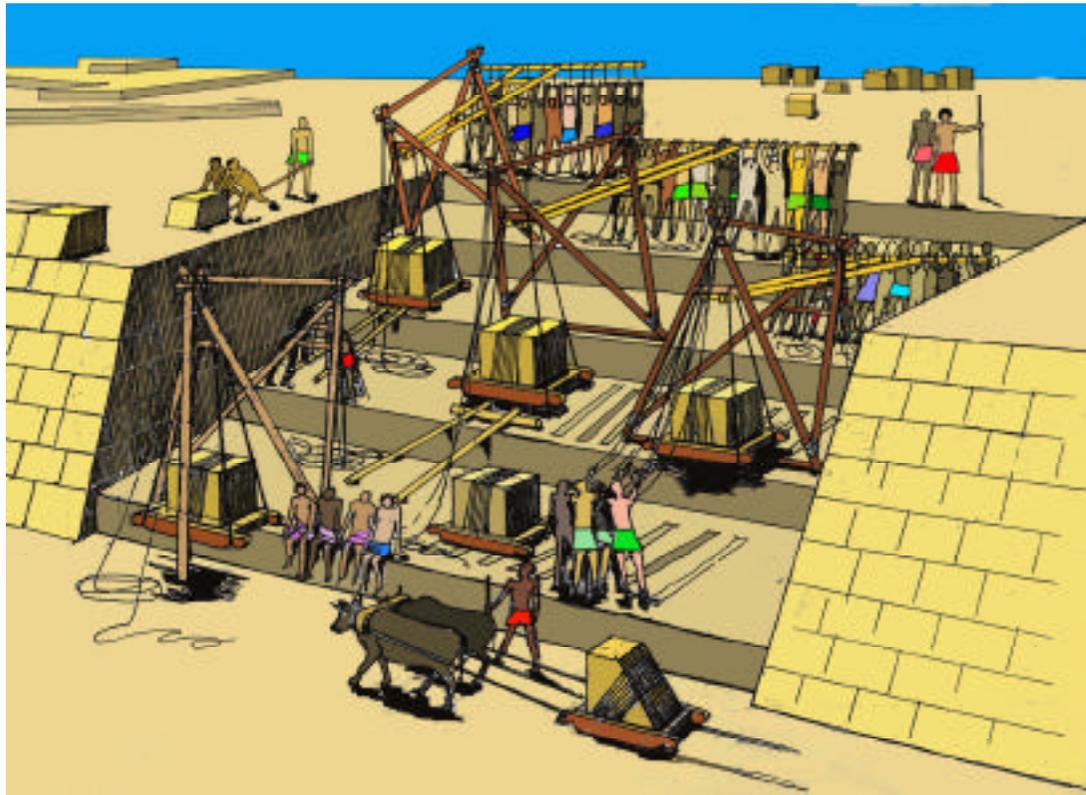
Dass die inneren Bauten, wie W. Borchardt vorschlägt erst später, also im Stollenbau vorgenommen wurden, erscheint vom Aufwand und von den technischen Möglichkeiten her, sehr zweifelhaft. Wie diese gewaltigen Gewichte von über 40 Tonnen der Deckenplatten über der Kammer da hinauf gebracht worden sind, bleibt nach wie vor ein Rätsel. Bestimmt bieten die Winkelhebel auch hierzu keine Lösung, denn sie würden unter diesen Lasten zusammenbrechen, so massiv sie auch gebaut wären.

Mit den stationären Winkelhebeln und den erforderlichen ca. 10 Meter breiten Stufenrampen konnte nur bis auf eine begrenzte Höhe gebaut werden. Diese Begrenzung dürfte etwa bei 90 Metern liegen und das trifft sich gut, denn nach der Steinlagen-Tabelle von Goyon weist die 118. Schicht eine Höhe von 90.5 cm auf, eine Höhe welche weiter oben nicht mehr annähernd erreicht wurde. Die Ausnahme bildet der 112 cm hohe Block auf der 201. Schicht, auf dem jetzigen Pyramidenstumpf. Könnte dieser Block nicht das „Trainingsobjekt“ für das wertvolle Pyramidion gewesen sein?

Die 90.5 cm hohe Steinschicht auf ca. 90 Meter Höhe lässt geradezu einen letzten Kraftakt der Hebemanschaften vermuten, denn weiter ging es mit Sicherheit nicht mehr mit den stationären Winkelhebeln. Für das oberste Stück der Pyramide mussten sich die Baumeister etwas Neues einfallen lassen und das gelang ihnen auch, denn sie stehen ja, die Pyramiden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass im oberen Teil mit quaderförmigen Stufen und an diese angelehnte Stufenrampen gearbeitet wurde. Leichtere, nicht stationäre Winkelhebel wären eine Möglichkeit, die nun doch meist unter einer Tonne liegenden Gewichte auf diesen Stufen hoch zu hebeln. Vielleicht wurden andere Maschinen eingesetzt, die bis heute noch nicht „nacherfunden“ worden sind. Bei 90 Metern sind bereits 92 % des Gesamtvolumens verbaut und es wäre deshalb denkbar, dass eines der vielen eher primitiven, aber zeitraubenden Hebesysteme der zahlreichen „Maschinentheorien“ angewendet wurde. Die oberen 50 Meter der Pyramide müssen deshalb das Thema einer besonderen Studie sein.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass alle Theorien des Pyramidenbaus nur Vorschläge sein können, wie es die Aegypter hätten machen können. Die übereilten Ansprüche auf absolute Richtigkeit einzelner Autoren sind es, welche die Aegyptologen veranlassen, allen Pyramidenbau-Theoretikern mit grossem Misstrauen zu begegnen. Vielfach zu Recht.

Figur 5 zeigt eine kleine Vision des Autors, so wie es hätte sein können.



Figur 5