

# Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden – ein Beitrag zur Bautechnik im Alten Reich

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Philosophie an der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

vorgelegt von

Professor Dr.-Ing. Frank Müller-Römer

Oktober 2007

## 7.5. Hypothesen für den Einsatz von Hebegeäten bzw. Zugeinrichtungen

### 7.5.1 Vorschlag von Isler zum Pyramidenbau mittels Hebeln

In zwei Beiträgen stellte Isler 1985 und 1987 seine Vorschläge zum Pyramidenbau zur Diskussion.<sup>679</sup> Die erste Hypothese sagte aus, dass über an den Pyramidenbaukörper einschließlich der fertig gestellten Verkleidung von außen angelegte breite Treppen aus Stein das Baumaterial hochgehoben werden konnte (Abb. 7.5.1.1).

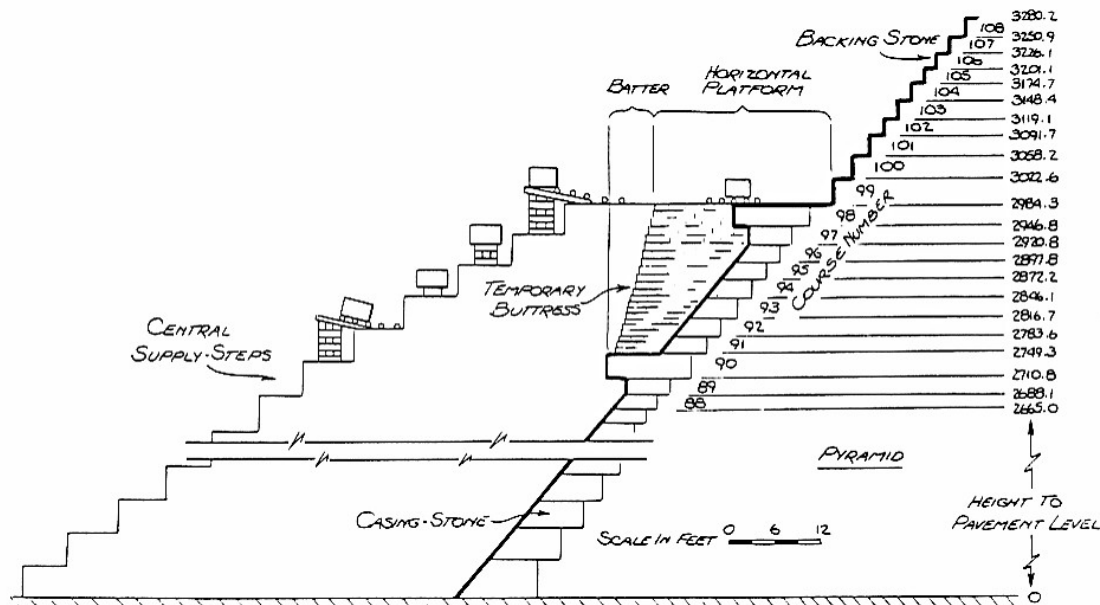


Abb. 7.5.1.1. Treppe nach Isler

Isler nimmt eine lagenweise Steinverlegung an. Die Treppen sollen in gewissen Abständen mit aus der Verkleidung hervorstehenden größeren Steinen mit der Pyramide und einer darauf errichteten, um die Pyramide umlaufenden Plattform verbunden werden. Auf diese Weise erkläre sich bei der Cheopspyramide auch das so genannte Petrie-Diagramm.<sup>680</sup> Dieses zeigt u.a. für die 90. und 98. Lage jeweils einen Sprung in der Höhe der Steine des Verkleidungsmauerwerks, wie in Abb. 7.5.1.1 dargestellt. Dieser Vorschlag bedingt – wie aus Abb. 7.5.1.2 ersichtlich ist –, dass die Treppenrampe unter Beibehalt einer gleich bleibenden und geringeren Neigung als die der Pyramidenaußenfläche ständig erhöht und damit auch verlängert werden muss<sup>681</sup>.

Zum Neigungswinkel und zur Gesamtlänge der Treppe bis zur Pyramidenspitze sowie zu Kapazitätsbetrachtungen und Bauzeiten macht Isler keine Angaben. Für das Hochhebeln stellt Isler verschiedene Möglichkeiten vor. Nach Fertigstellung des Verkleidungsmauerwerks schlägt Isler weitere Treppen mit dem Neigungswinkel der Verkleidungsschicht vor, um diese von oben nach unten anzubringen.

<sup>679</sup> Isler I und Isler II.

<sup>680</sup> Petrie hat die einzelnen Stufenhöhen der Cheopspyramide an der NO-Ecke vermessen und in einem Diagramm dargestellt (Petrie, Pyramids, Pl.VIII). Eine spätere Vermessung der Stufenhöhen an der SO-Ecke durch eine Hobby-Archäologen-Gruppe (Ägyptische Pyramiden 2, S.103) führte zu denselben Werten. Auch eine Messung von Goyon (Goyon, Messungen und Goyon, Cheopspyramide, S.220ff.) bestätigte diese Werte.

<sup>681</sup> Isler I, Fig.8 und 10.

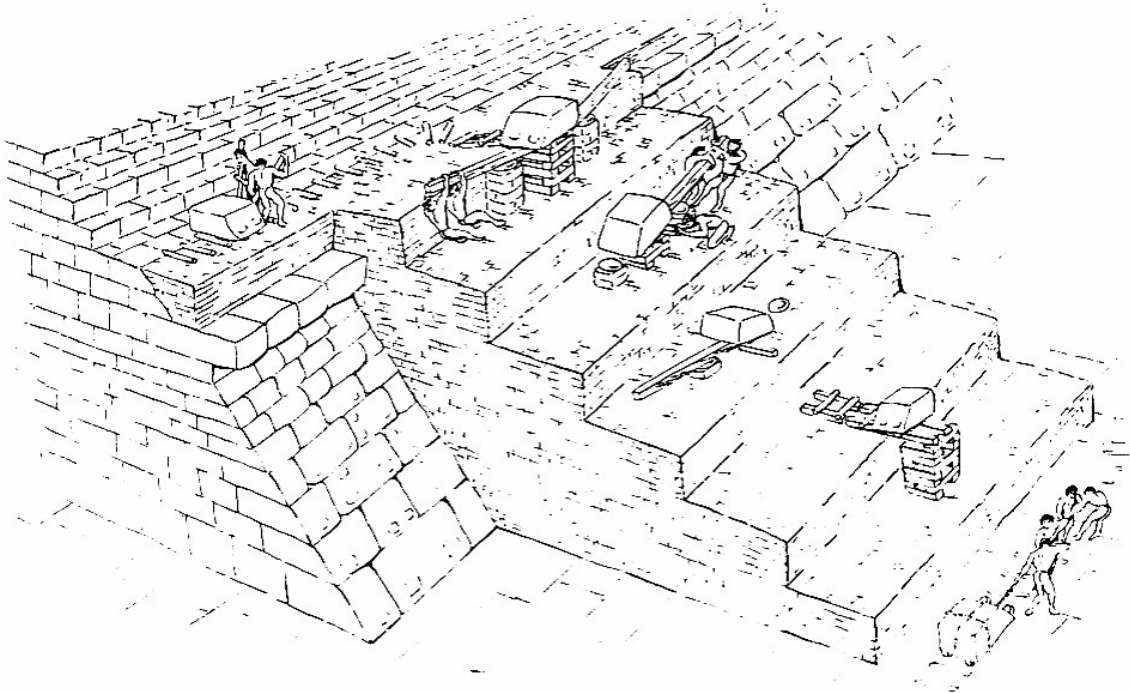


Abb. 7.5.1.2 Hochhebeln der Steine nach Isler

In seiner zweiten Bauhypothese geht Isler dagegen aufgrund verschiedener archäologischer Befunde und „zwischenzeitlich gewonnener Erkenntnisse“ von einem stufenförmigen Kernmauerwerk der Pyramiden aus. Er entwickelt ein Verfahren, wie die Stufen schichtweise durch Hochhebeln der Steine gebaut werden könnten. Dabei wird übersehen, dass das Kernmauerwerk innerhalb der jeweiligen Außenmauer der Stufe aus Steinen ganz unterschiedlichen Formats besteht und die Zwischenräume mit einer Mischung aus Splintern, Schutt etc. aufgefüllt sind.

Der Vorschlag von Isler hat darüber hinaus den weiteren großen Nachteil, dass der Neigungswinkel der Treppe sehr steil für das Hochhebeln der Steine ist. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die Baumeister im AR eine derart gefährliche Transportmöglichkeit gewählt haben dürften. Auch bei dieser Bauhypothese sind der Bau der Außenverkleidung der Pyramide und das Glätten der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung ohne eine Art Baugerüst aus bau- und sicherheitstechnischen Gründen nicht vorstellbar.

Eine Berechnung der Transportkapazität und der Bauzeit der Pyramide wird nicht vorgelegt. Das von Isler vorgeschlagene Bauverfahren ist trotz der von Hodges durchgeführten Feldversuche<sup>682</sup> in der Praxis nicht einsetzbar. Verschiedene der in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ formulierten Prämissen werden nicht eingehalten.

### 7.5.2 Vorschlag für eine Hebeeinrichtung nach Croon

Croon hat sich in seiner Veröffentlichung „Lastentransport beim Bau der Pyramiden“ eingehend mit den verschiedenen Möglichkeiten des Steintransports am Beispiel der Cheopspyramide befasst.<sup>683</sup> Ausgehend von Annahmen über ein durchschnittliches Gewicht der Steine (2.5 t), einen Reibungskoeffizienten von 0,25, einer menschlichen Zugkraft von 30 kg und einer Neigung der senkrecht auf die Pyramide zulaufenden Rampe von 20° berechnet er die

<sup>682</sup> Hodges, Pyramides.

<sup>683</sup> Croon, Lastentransport.

Länge eines Schlittenzuges mit 48 Arbeitern in je vier Reihen mit 15 m und kommt so zu dem Schluss, dass die restlichen 10 m der Pyramidenspitze mit anderen Hilfsmitteln (Hebeeinrichtungen) gebaut werden mussten, da dort der Platz für diese Gespannlänge nicht mehr vorhanden ist. Das ständige Erhöhen der senkrecht auf die Pyramide zulaufenden Rampe kommt seiner Meinung nach noch erschwerend hinzu. Croon scheidet daher die Möglichkeit der Bauweise über eine senkrecht auf die Pyramide zulaufende Rampe aus.

Als Zweites untersucht Croon ein Bauverfahren mit parallel zu den Stufen des Kernmauerwerks geführten Rampen. Wie in Abb. 7.5.2.1 dargestellt, werden – entsprechend einer Beobachtung der Stufenhöhen nach Petrie durch Landt<sup>684</sup> – wiederum am Beispiel der Cheopspyramide unterschiedlich hohe Stufen des Kernmauerwerks angenommen und parallel zu diesen auf allen vier Seiten eine möglichst große Zahl von Rampen mit einer Breite von 8 m und einer Neigung von 20° angeordnet.

**TAFEL 5.**

*Abb. 15 und 16.  
Einzelrampen beim  
Stufenbau.*

*Cheops-Pyramide  
Anordnung der Stufen  
nach Landt.*

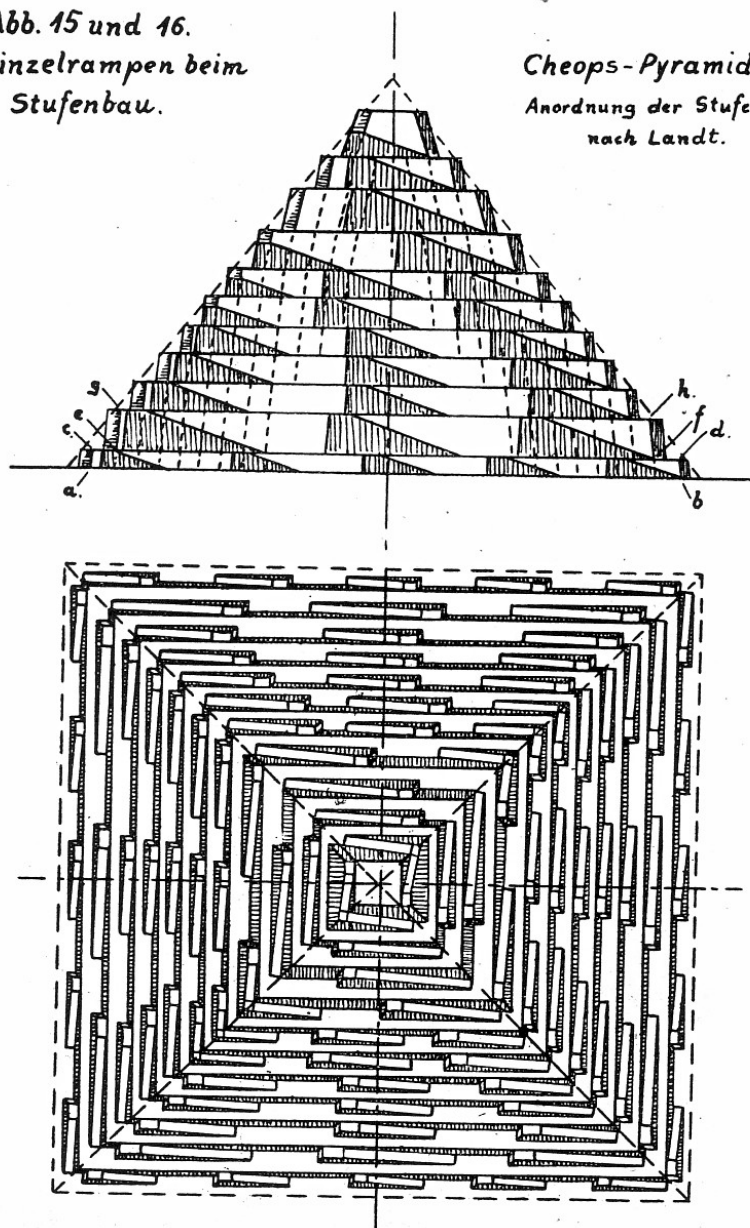


Abb. 7.5.2.1 Vorschlag von Landt für Rampenanordnung parallel zu den Pyramidenseiten

<sup>684</sup> Landt, Cheopspyramide, S.70.

Bei der Berechnung der Transportkapazität wird ein Teil der Rampen für den abwärtsgerichteten Verkehr (leere Schlitten und Arbeiter) vorgesehen. Croon ermittelt für den Bau der Pyramide insgesamt ca. 364 000 Schleppzüge. Bei einer angenommenen täglichen Arbeitszeit von 12 Stunden und einer Arbeitszeit von nur drei Monaten pro Jahr (Zeit der Überschwemmung) sowie Einbeziehung der weiteren Annahmen wie bei der senkrecht zulaufenden Rampe kommt Croon zu dem Ergebnis, dass alle 3,6 Minuten auf jeder Rampe ein Schleppzug ein treffen muss. Die sich daraus ergebende Arbeitsleistung pro Arbeiter liegt nach Croon jenseits realistischer Werte, sodass auch diese Möglichkeit des Pyramidenbaus ausgeschlossen wird. Nach Stadelmann wurde an den Pyramiden an etwa 300 Tagen im Jahr gearbeitet<sup>685</sup>, sodass sich dann die Transportzeit pro Schleppzug und Rampe auf ca. 12 Minuten verlängert. Angaben zur Zahl der für einen Schleppzug bei einer Rampensteigung von 20% benötigten Arbeiter macht Croon nicht.

Croon untersucht dann das Prinzip des Hochhebelns von Steinen und mittels eines Kippschlittens nach dem Vorschlag von Choisy<sup>686</sup> und kommt nach Kapazitätsberechnungen zu dem Schluss, dass auch dieses Verfahren für den Bau der Cheopspyramide nicht infrage kommt. Nicht zuletzt spricht auch das erstmalige Auftauchen von Kippschlittenmodellen im NR gegen eine Verwendung beim Bau der Pyramiden im AR.

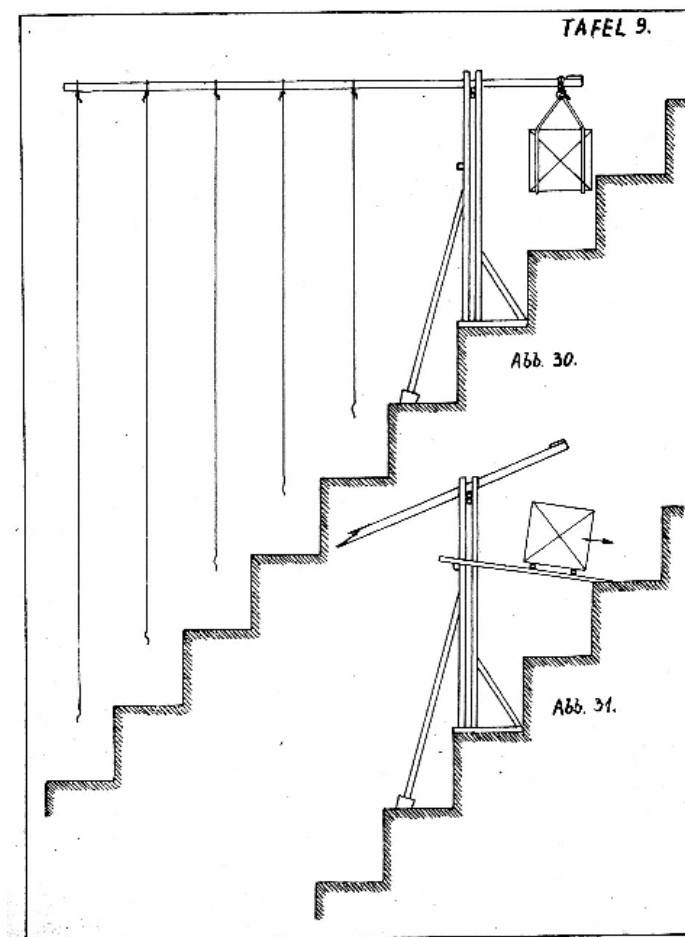


Abb. 7.5.2.2 Vorschlag von Croon für eine Hebeeinrichtung

<sup>685</sup> Stadelmann, MDAIK 36.

<sup>686</sup> Choisy, Kippschlitten.

Aufgrund der Untersuchungen und Darstellungen von Hölscher im Totentempel des Chephren<sup>687</sup> geht Croon davon aus,

*„...dass die Alten Ägypter die Steinblöcke beim Heben mit Stricken und mit zangenartigen Vorrichtungen gehalten haben. Beide setzen eine kranartige Hebevorrichtung voraus.“*

Auf der Basis des Prinzips des Schaduf schlägt Croon für die Bauweise der Pyramiden eine Hebeeinrichtung (Abb. 7.5.2.2) vor, bei der durch das nach unten gerichtete Zuggewicht von Arbeitern, die auf verschiedenen Stufen stehen, über die Hebelwirkung auch größere Steine gehoben werden können. Technisch dürfte dieses Prinzip funktionieren. Allerdings stellt Croon gerade für diesen, seinen Vorschlag der Bautechnik keine detaillierte Kapazitätsberechnung zur Bauzeit der Cheopspyramide vor. Auch andere Fragen wie das Aufsetzen des Pyramidions und der Bau des Verkleidungsmauerwerks sowie der äußeren Verkleidungsschicht werden nicht angesprochen. Hinzu kommt, dass der Schaduf erstmals im NR belegt ist und auch Croon selbst

*„...glaubt annehmen zu müssen, dass sie<sup>688</sup> jünger als die Pyramidenbauten sind.“*

Der von Croon vorgeschlagene Hebekran kommt als Bautechnik für den Bau der Pyramiden daher nicht infrage kommt. Andererseits stellt Croon verschiedene Berechnungen an, die für die Bewertung von Bauverfahren von Wert sind. Darüber hinaus weist er in seiner Arbeit auf die Idee von Landt zur Anordnung mehrerer Rampen pro Pyramidenseite und der damit verbundenen Erhöhung der Transportkapazität (Gleichzeitigkeit) und somit einer Verringerung der Bauzeiten gegenüber vielen anderen geäußerten Hypothesen zum Rampenbau hin.

Die Idee von Landt stellt einen sehr innovativen Denkansatz dar.

### **7.5.3 Vorschlag von Löhner für den Bau der Pyramide mit Seilrollenböcken**

Franz Löhner hat sich seit vielen Jahren mit Verfahren für den Pyramidenbau beschäftigt und seine Vorschläge im Internet publiziert.<sup>689</sup> Zusammen mit Illig hat er einen Teil dieser Vorschläge auch als Buch veröffentlicht.<sup>690</sup>

Ein zentrales Element der Idee von Löhner ist die Seilrolle aus Zedernholz. Sie dient dazu, auf einer Schleppstrecke bzw. auf der Oberfläche des fertig gestellten Pyramidenstumpfes ein Seil, an dem ein Schlitten befestigt ist, umzulenken. Dadurch kann die Schleppmannschaft die Zugkräfte nach unten richten und auch das eigene Körpergewicht als Teilzugkraft einsetzen. Nach Löhners Vorschlag ist der Seilrollenblock ca. 20 cm breit und die Rolle hat einen Durchmesser von 14 cm. Sie ist links und rechts drehbar in einem Holzbock gelagert (Abb. 7.5.3.1). Das Lager ist mit Kupferblech ausgeschlagen und wird geschmiert.

Für den Transport der Schlitten auf der von Beginn an mit der äußeren Verkleidungsschicht versehenen Pyramidenflanke schlägt Löhner als weiteres wesentliches Merkmal seiner Idee den Einsatz von Holzgleisen vor (Abb. 7.5.3.2).

---

<sup>687</sup> Hölscher, Chephren.

<sup>688</sup> Gemeint sind entsprechende bildliche Darstellungen des Schaduf.

<sup>689</sup> Löhner, Pyramidenbau.

<sup>690</sup> Illig, Cheopspyramide.

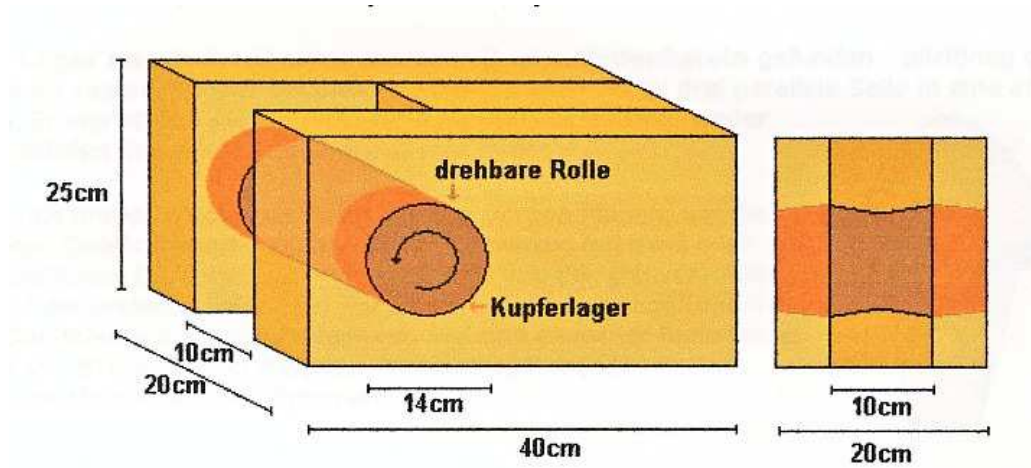


Abb. 7.5.3.1 Seilrollenbock nach Löhner

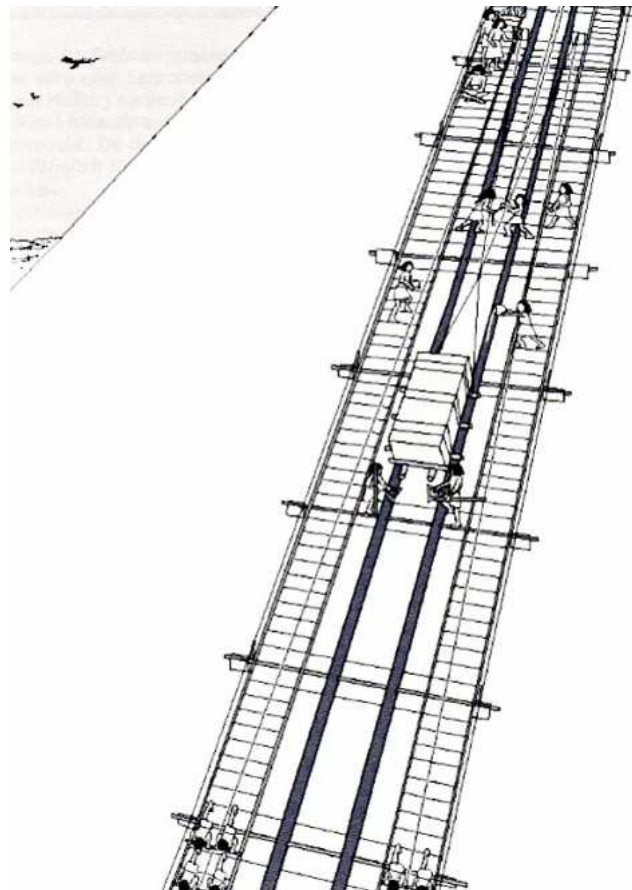


Abb. 7.5.3.2 Gleisanlage mit Seilrollenstation nach Löhner

Die Verankerung der Gleise erfolgt an den in Bossen stehen gelassenen Steinen der Außenverkleidung bzw. auf der Kante der jeweiligen Baufläche. Die Verankerung der Seilrollen wird ebenfalls in hervorstehenden Steinblöcken der Verkleidung vorgenommen (Abb. 7.5.3.3). Im Detail wird auf Löhners Darstellungen verwiesen.

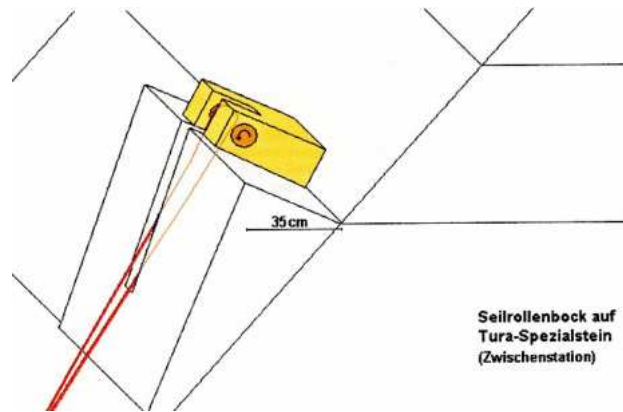


Abb. 7.5.3.3 Befestigung einer Seilrolle an der Außenverkleidung

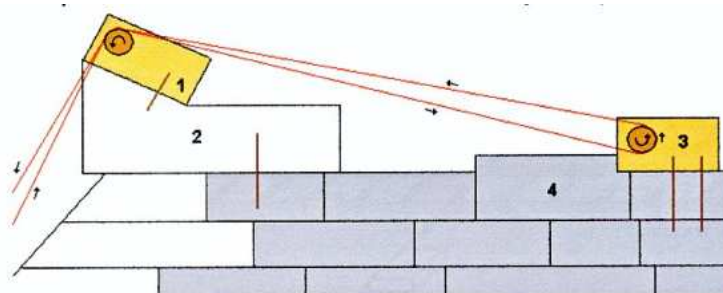


Abb. 7.5.3.4 Befestigung der Seilrollenböcke

Die Schlepptmannschaften benutzen Leitern, die auf beiden Seiten der Gleise verlegt sind. Für den Transport der Granitblöcke der Entlastungskammern schlägt Löhner die Verwendung von Schwerlastenaufzügen mit Gegengewichten vor. Für das Aufsetzen des Pyramidions hat Löhner ebenfalls einen Lösungsvorschlag (Abb. 7.5.3.5).

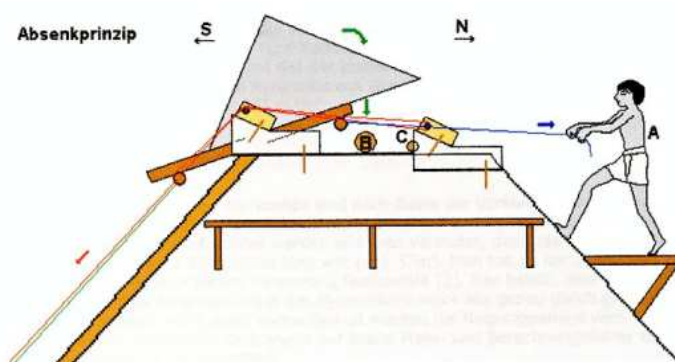


Abb. 7.5.3.5 Aufsetzen des Pyramidions

Die Vorschläge Löhners für den Pyramidenbau lassen verschiedene problematische bautechnische Aspekte wie z.B. die Konstruktion der Schlitten für den Transport der Steine auf einer Fläche mit dem Neigungswinkel von über  $50^\circ$ , an die Pyramidenflanke angelegte Leitern oder die in Abb. 7.5.3.4 dargestellte Seilbewegung entgegen der Drehrichtung der Seilrolle mit der dabei auftretenden Reibung unberücksichtigt. Löhner lässt auch die heute im Allgemeinen nicht mehr bestrittene Stufenbauweise des Kernmauerwerks sowie das Glätten der Außenverkleidung nach deren Fertigstellung von oben nach unten außer Betracht.



Die Pyramiden können daher nicht in der von Löhner beschriebenen und teilweise recht komplizierten Art gebaut worden sein. Eine Kapazitätsberechnung des Transportsystems und eine Ermittlung der Bauzeit nach dem vorgeschlagenen Verfahren liegen nicht vor.

Zutreffend ist sicherlich die Annahme Löhners, wonach die Funktion einer Seilumlenkwalze (bzw. Rolle, wie von Löhner bezeichnet) bereits im AR bekannt war und auch beim Pyramidenbau eingesetzt wurde, allerdings nicht in der von ihm beschriebenen Art und Weise. Auch mit Blick auf die in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Prämissen und deren teilweise Nichtbeachtung erscheint die Hypothese Löhners für den Bau von Pyramiden nicht schlüssig.

#### **7.5.4 Vorschlag von dos Santos für den Einsatz eines Spills**

In einem Beitrag zum Thema „Theorien zur Bautechnik der Großen Pyramide“ stellt dos Santos seinen Vorschlag für die Errichtung der Pyramiden mittels eines waagrecht auf der jeweiligen Bauebene der Pyramide angeordneten Drehsystems vor.<sup>691</sup> Dieses besteht aus einer senkrecht in einem Lager stehenden Walze, in die nach Art einer Seilwinde (Spill) Stäbe zum Drehen der Walze befestigt sind. Um diese Walze wird dann das Seil gewickelt, um die Steine über die immer zeitgleich mit dem inneren Mauerwerk errichtete Außenverkleidung der Pyramide über eine eigens zu diesem Zweck errichtete Gleitbahn nach oben zu ziehen (Abb.7.5.4.1). Mehrere dieser Systeme könnten parallel betrieben werden. Für das Hochziehen der Steine (durchschnittliches Gewicht ca. 2,5 t) soll entsprechend dem Vorschlag die Kraft von vier Männern mit je 25 kg ausreichend sein.

Dos Santos geht bei seinen Überlegungen davon aus, dass im AR die Hebelwirkung durch den Gebrauch von Steinbohrern bekannt war. Auch das Fallsteinsystem der Cheopspyramide verwende das Prinzip der Seilwinde, indem die Walzen, an denen die Fallsteine befestigt gewesen seien, mittels darin befestigter Stäbe mit relativ geringem Kraftaufwand herabgelassen werden konnten (Abb. 7.5.4.2).

Für das Fertigstellen der Pyramidenspitze macht dos Santos keinen Vorschlag; eine Berechnung der Transportleistungen und der Bauzeit der Cheopspyramide wird im Detail nicht vorgelegt. Der in dem Artikel dargelegte Vorschlag für den Bau der Cheopspyramide scheint aus vielerlei Gründen so nicht realistisch zu sein. Dos Santos geht nicht von der Stufenbauweise des Kernmauerwerks, sondern von einer schichtweisen Steinverlegung aus, beschreibt nicht die Kraftumlenkung an der jeweils obersten Steinreihe und den Auf- und Abstieg der Arbeiter über die Pyramidenaußenfläche und lässt die Frage des Baus der Pyramidenspitze außer Acht. Gleiches gilt für die archäologisch nachgewiesene Glättung der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung nach Fertigstellung der Pyramide von oben nach unten. Diese Bauhypothese entspricht daher in einigen Punkten nicht den in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Voraussetzungen.

Bemerkenswert und innovativ zugleich an den Überlegungen von dos Santos ist jedoch, dass er für die Zugleistung zum Transport der Steine nach oben nicht mehr Zugmannschaften oder Ochsengespanne über Rampen, sondern das Prinzip der Seilwinde einsetzt, welches durch die Kraftübersetzung den Transport mit viel weniger Kraftaufwand und damit durch eine geringere Zahl an Arbeitern ermöglicht (Durchmesser der Rolle zu der Länge der Stäbe, siehe Ausführungen im Kapitel 4.2.2.1 „Das Fallsteinsystem im Korridor zur Grabkammer des Königs in der Cheopspyramide“).

---

<sup>691</sup> Santos, Bautechnik.

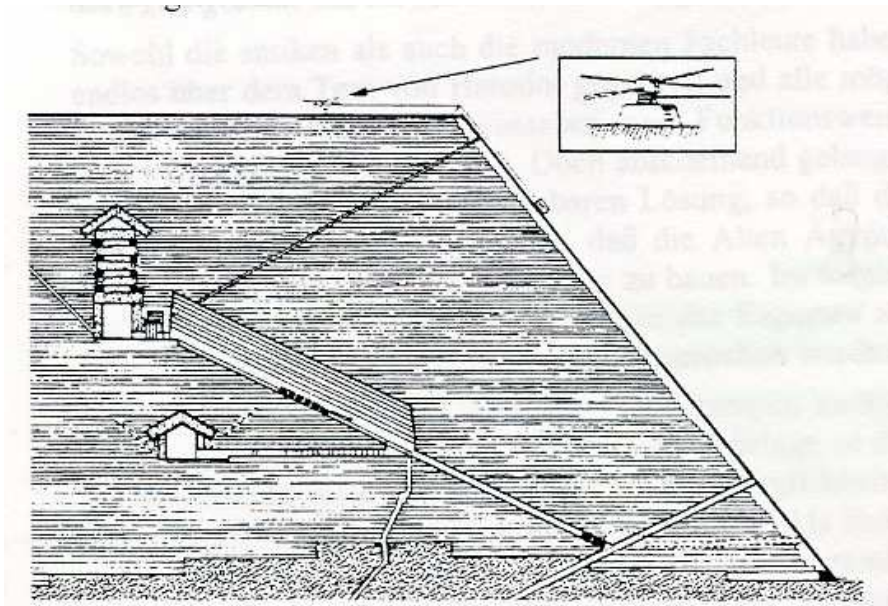


Abb. 7.5.4.1 Bauvorschlag für die Cheopspyramide nach dos Santos

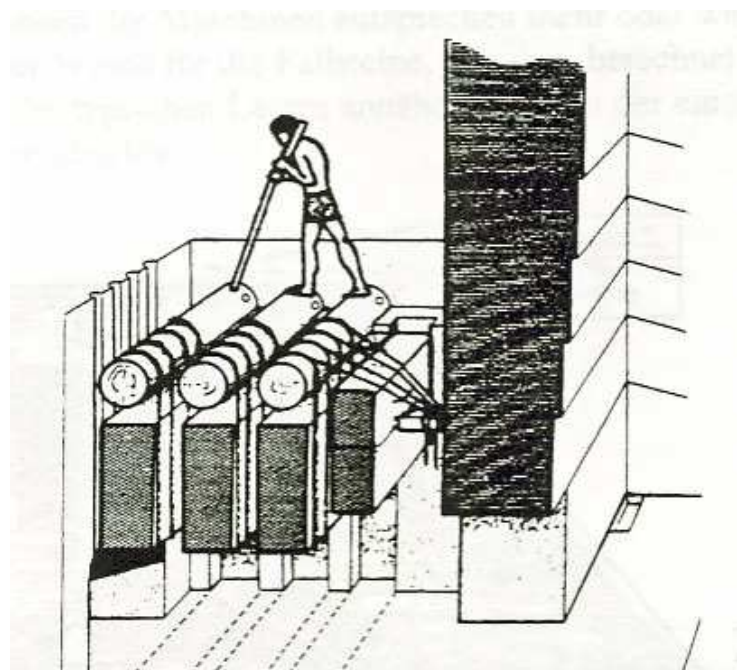


Abb. 7.5.4.2 Mögliche Handhabung der Fallsteine der Cheopspyramide nach dos Santos

### 7.5.5 Vorschlag von Riedl für eine Hebebühne mit Seilwinde und Holmen

Riedl hat 1980 in seinem Buch „Der Pyramidenbau und seine Transportprobleme“<sup>692</sup> und in zwei Beiträgen Vorschläge für den Pyramidenbau veröffentlicht.<sup>693</sup> Er geht bei seinen Bauvorschlägen von Gerüsten bzw. Plattformen aus, die entlang der Außenverkleidung des fertig gestellten Pyramidenstumpfes durch Seilwinden emporgehoben werden können und dabei Steine transportieren. Links und rechts der Plattform sind stufenförmige Aussparungen in der

<sup>692</sup> Riedl, Pyramidenbau.

<sup>693</sup> Riedl, 1981 und Riedl, 1982.

Verkleidung zum Absetzen der Plattform freigehalten, die auch als Aufstiegsmöglichkeit für die Arbeiter dient (Abb. 7.5.5.1).

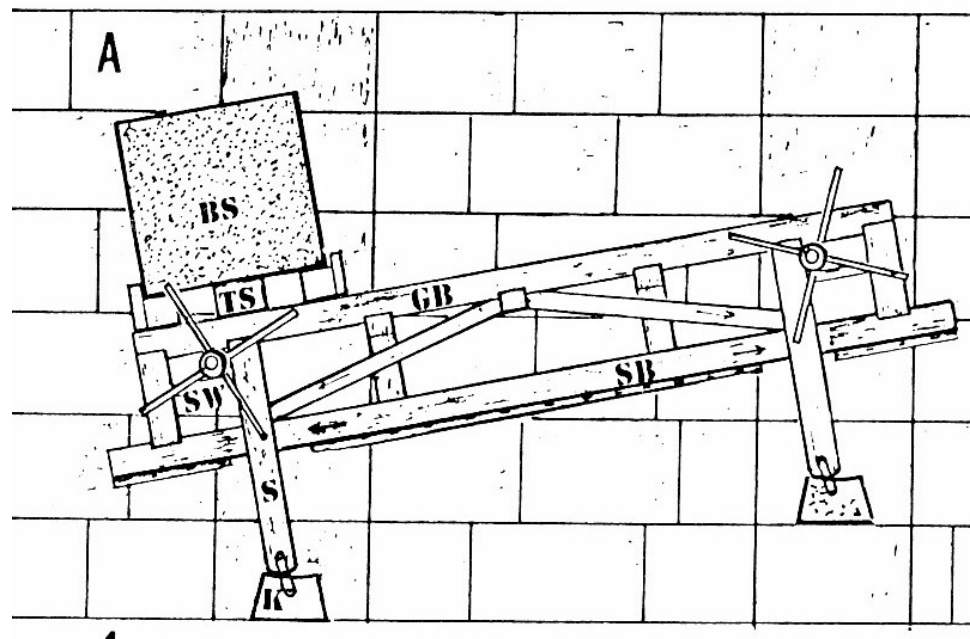


Abb. 7.5.5.1 Transporteinrichtung nach Riedl

Durch die Seilwinden auf der Plattform (als SW gekennzeichnet) kann der Schlitten mit der Last z.B. nach links so weit verschoben werden, bis der rechte Fuß der Plattform praktisch ohne Last ist (Kippvorgang auf der linken Seite). Dann wird die entlastete rechte Stütze der Plattform durch eine weitere Seilwinde von der jeweiligen Arbeitsplattform des Pyramidenstumpfes (Abb. 7.5.5.2) nach oben um eine Stufe in der Außenverkleidung angehoben und die Last mittels der Seilwinden auf der Plattform nach rechts bewegt, sodass die linke Stütze entlastet und anschließend von einer weiteren Seilwinde auf der Arbeitsplattform angehoben werden kann.

Die Seilwinde nutzt das gleiche Prinzip wie ein Bohrer, der mit Wickelschnur und Bogen gedreht wird und dadurch eine Kraftverstärkung in Form einer höheren Geschwindigkeit erhält.

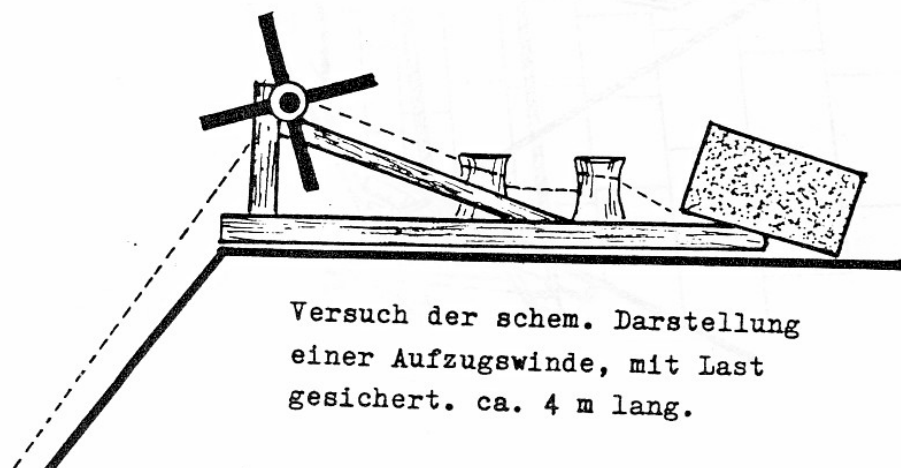


Abb. 7.5.5.2 Aufzugswinde nach Riedl

Die Seilwinde nach Riedl ist mit Holmen zur Kraftübersetzung versehen; die Zugseile umschlingen die Achse der Seilwinde drei bis viermal und werden dann wieder nach unten zurückgeführt.

Eine Abschätzung von Riedl selbst ergibt, dass mit möglichst vielen Arbeitsbühnen entsprechend der Breite der Pyramidenflanken die für den Bau der Cheopspyramide erforderlichen Steinmassen in etwa 20 Jahren hätten gehoben werden können. Eine Berechnung im Detail liegt nicht vor. Für den Bau der Pyramidenspitze wird keine Lösung vorgeschlagen.

Die von Riedl vorgeschlagenen Konstruktionen und Transportmechanismen sind als sehr kompliziert und störanfällig zu bezeichnen. Riedl berücksichtigt verschiedene der in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ formulierten Prämissen für die Akzeptanz einer Hypothese nicht. Die Pyramiden sind auf diese Weise mit Sicherheit nicht zu errichten gewesen. Der Musikexperte Riedl wurde mit seinen Vorschlägen in der Welt der Ägyptologie daher auch nicht ernst genommen. Bei dieser pauschalen Ablehnung seiner Vorschläge ging jedoch leider seine innovative und sehr gute Idee des Einsatzes der Seilrolle mit Holmen als Transport- und Zugeinrichtung von Lasten auch über große Steigungen hinweg völlig verloren. Erst dos Santos griff diese Idee – wie bereits im Kapitel 7.5.4 „Vorschlag von dos Santos für den Einsatz eines Spills“ bereits geschildert – ausgehend von dem System der Fallsteine in der Cheopspyramide – wieder auf.

Das Prinzip der Seilrolle mit Holmen (Speichen) – also das der Seilwinde – stellt einen wichtigen Aspekt der in Kapitel 8 entwickelten neuen Hypothese für den Pyramidenbau dar.

### **7.5.6 Der Schrägaufzug nach Abitz**

Abitz hat 1992 seinen Vorschlag „Der Bau der großen Pyramide mit einem Schrägaufzug“ veröffentlicht.<sup>694</sup> Er geht wie viele andere auch von der Annahme aus, dass es Schlepfbahnen bis zur Höhe der Pyramidenspitze von 146 m nicht gegeben haben kann. Lediglich für die unteren 7 Lagen hält Abitz den Einsatz von Rampen für wahrscheinlich. Darüber hinaus nimmt Abitz eine zeitgleiche Verlegung des Kernmauerwerks und des Verkleidungsmauerwerks einschließlich Außenverkleidung jeweils in einer Steinlage an. Er negiert dabei die archäologischen Befunde eines stufenförmigen Kernmauerwerks, welches bei vielen Pyramiden des AR belegt ist.

Das Prinzip des Schrägaufzuges nach Abitz funktioniert folgendermaßen (Abb. 7.5.6.1): Auf zwei parallel angeordneten Ziegelmauern M läuft eine große Holzwalze W, über die das Seil S geführt wird, an dessen unterem Ende der Förderkorb K befestigt ist. Der zu transportierende Stein STB wird am anderen Ende des Seils befestigt. Ist nun die Last im Förderkorb (Menschen, Steine) größer als die des zu hebenden Steins, bewegt sich die Walze und hebt den Stein um 10 m hoch und um 10 m nach vorn. Durch die Öffnung Ö2 kann dann der Stein – ggf. über eine schräge Rampe nach unten – zur entsprechenden Steinlage, an der gerade gebaut wird, transportiert werden. Die Kapazität seines Schrägaufzuges berechnet Abitz mit 40 Steinblöcken pro Tag bzw. 12 000 Blöcken pro Jahr.

---

<sup>694</sup> Abitz, Pyramidenbau.

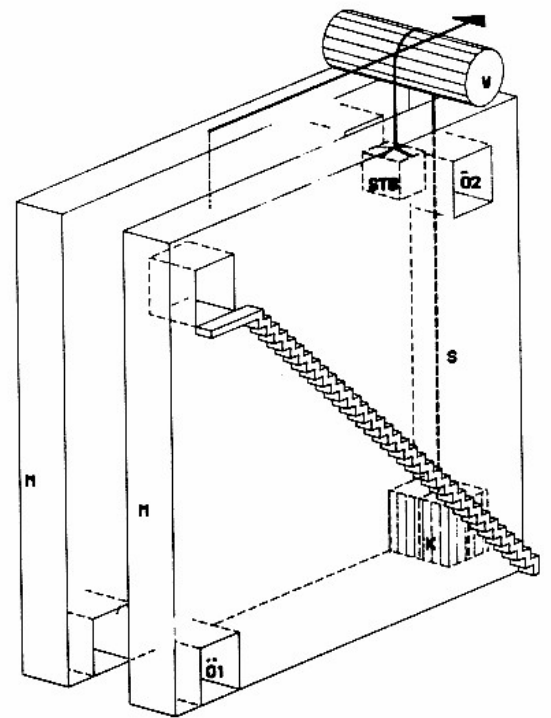
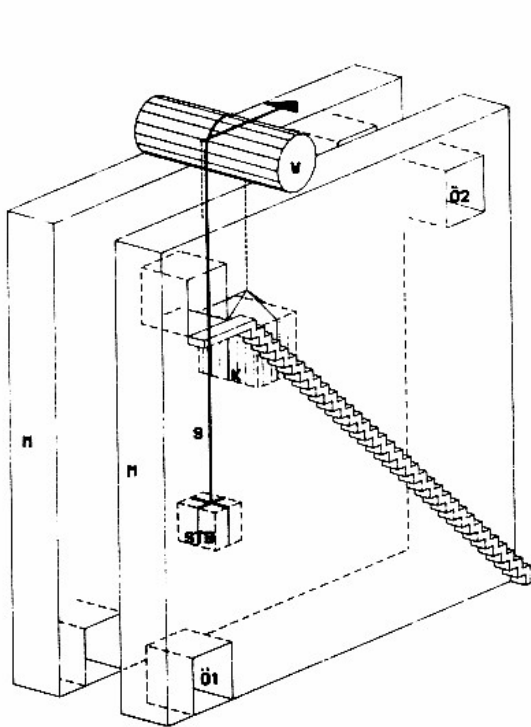
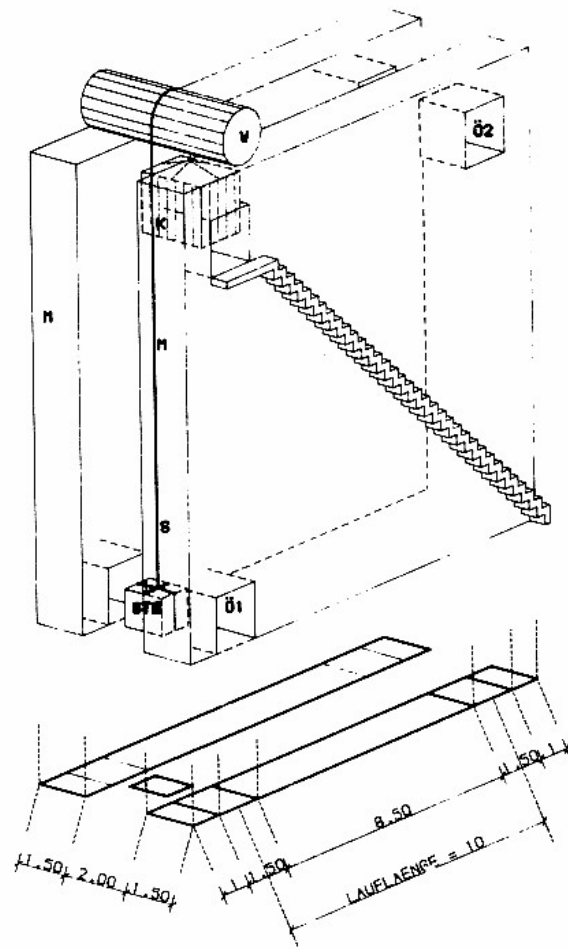


Abb. 7.5.6.1 Bauart und Funktion des Schrägaufzuges nach Abitz

Je nach Bauhöhe des Pyramidenstumpfes müssen – jeweils gegeneinander versetzt – mehrere Aufzüge übereinander angeordnet werden (Abb. 7.5.6.2).

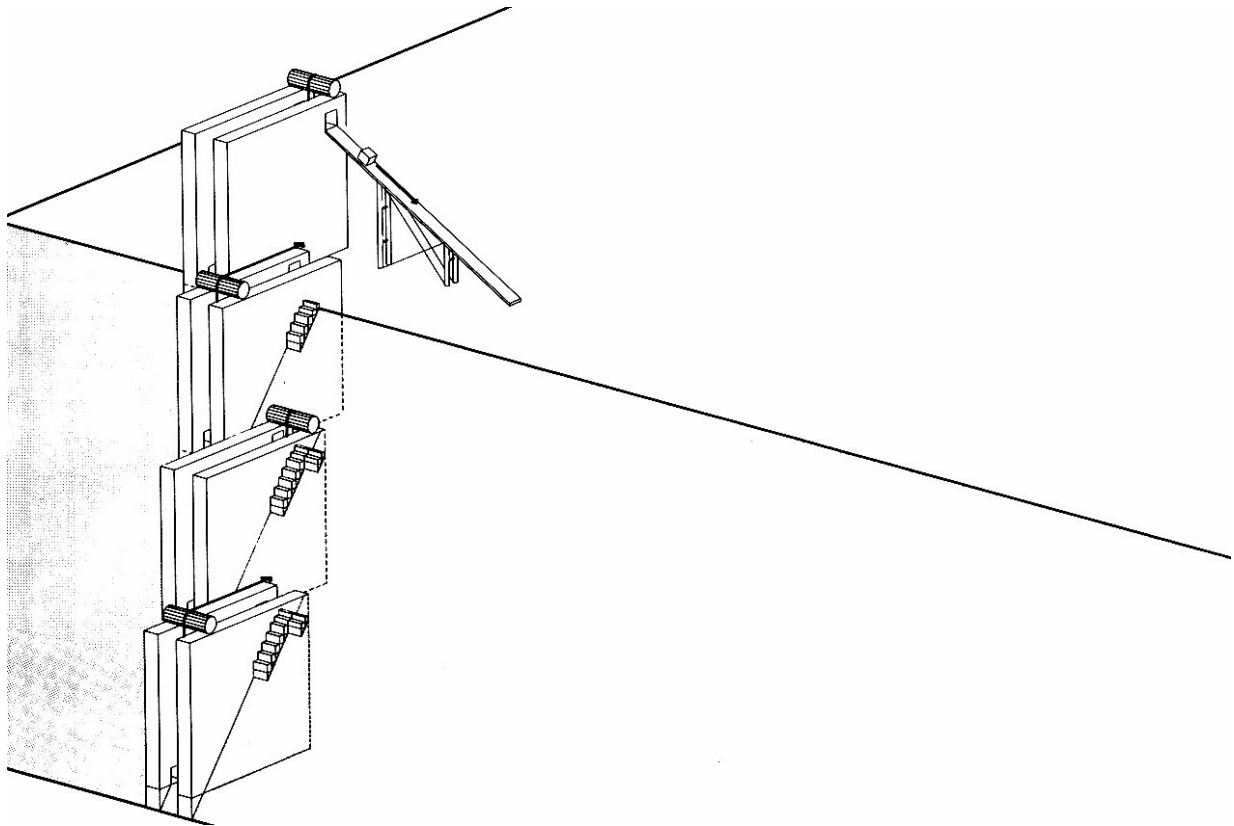


Abb. 7.5.6.2 Die Kette von Schrägaufzügen nach Abitz

Das System nebeneinander arbeitender Aufzugketten und das Verfahren zum Aufsetzen des Pyramidions zeigen die Abb. 7.5.6.3 und 7.5.6.4. Auf diese Weise ist es nach Abitz möglich, unter der Annahme einer Durchschnittshöhe von 10 m pro Aufzug die Cheopspyramide in etwa 18 Jahren zu errichten. Für das Schließen der Lücken, in denen die Mauern des Aufzuges standen, entwickelte Abitz einen speziellen Vorschlag, auf den hier nicht näher eingegangen wird.

Prinzipiell ist eine technische Einrichtung wie von Abitz beschrieben zum Heben von Lasten geeignet. Sowohl Walzen als auch Seile sind im AR belegt. Abitz kommt weiterhin zu dem Ergebnis, dass auch der Steintransport mittels seines Schrägaufzuges gegenüber Schleppzügen mit Menschenkraft auf Rampen um durchschnittlich 50 % zeitsparender durchgeführt werden kann.

Eine Bewertung des Vorschlages von Abitz für den Pyramidenbau mittels des Schrägaufzuges geht von der Annahme aus, dass die Baumeister im AR auch für den Pyramidenbau Verfahren anwendeten, die technisch einfach und leicht zu beherrschen waren und die sich aus einer langjährigen Bauerfahrung herausgebildet hatten. Der von Abitz vorgelegte Vorschlag erscheint technisch zwar möglich, aber sehr komplex zu sein und nicht der Vorgehensweise und dem Stand der Bautechnik der damaligen Zeit zu entsprechen.

Darüber hinaus widerspricht er der Stufenbauweise des Kernmauerwerks und kommt allein schon aus diesem Grund nicht in Betracht. Auch bei dieser Bauhypothese sind der Bau der Außenverkleidung der Pyramide und das Glätten der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung ohne eine Art Baugerüst aus bau- und sicherheitstechnischen Gründen nicht vorstellbar.

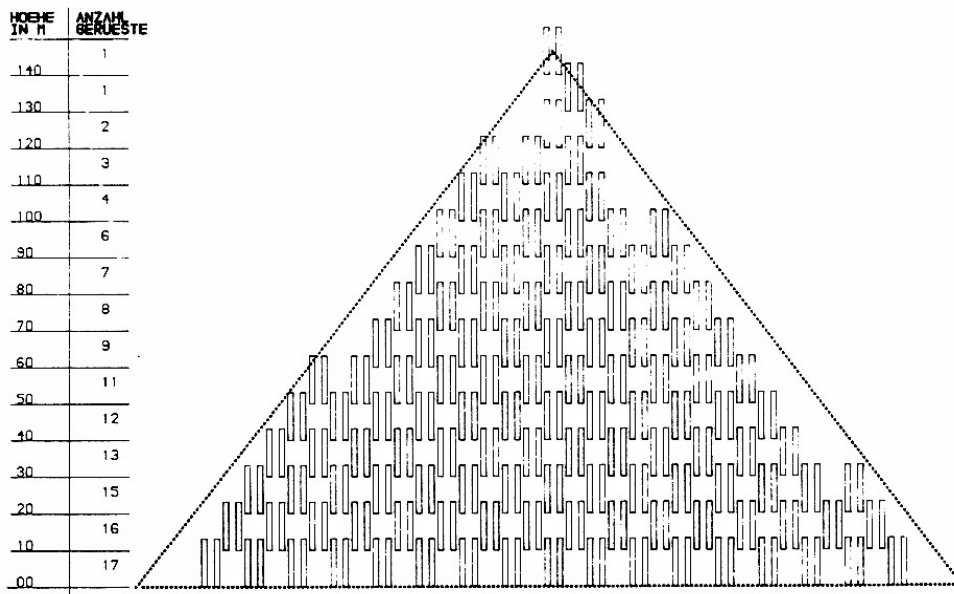


Abb. 6. Das System nebeneinander arbeitender Aufzugketten

Abb. 7.5.6.3 Das System nebeneinander arbeitender Aufzugsketten nach Abitz

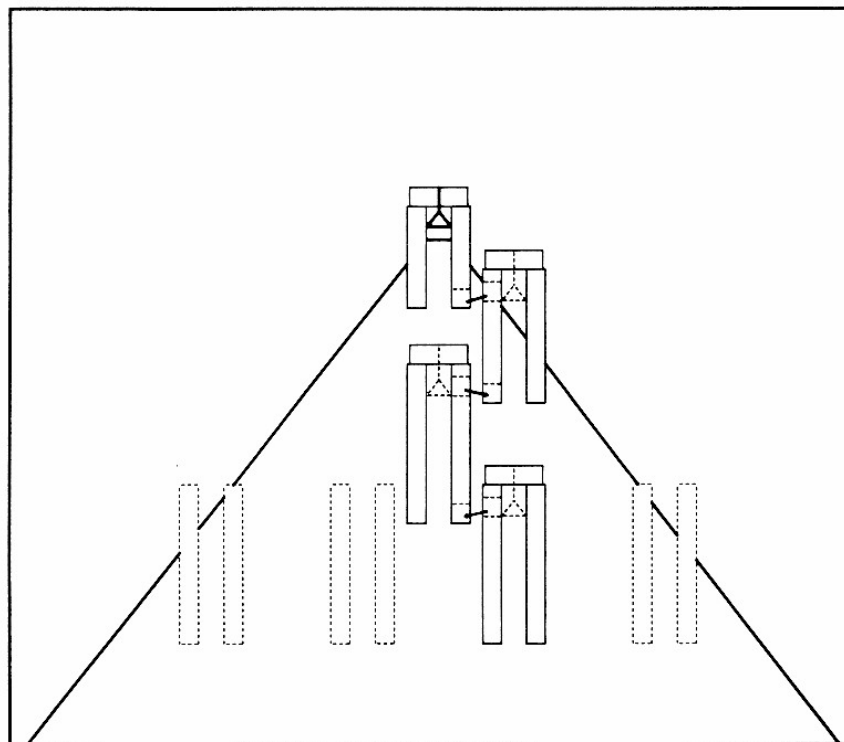


Abb. 7.5.6.4 Das Aufsetzen des Pyramidions nach Abitz

### 7.5.7 Hebezeug-Paternoster nach Munt

Munt veröffentlichte 1999<sup>695</sup> und in weiteren Berichten 2002<sup>696</sup> seinen Vorschlag für den Pyramidenbau mittels eines Hebezeug-Paternosters; seinen Vorschlag stellte er u.a. im Dezember 1999 im Institut für Ägyptologie der Ludwigs-Maximilians-Universität München zur Diskussion.

Ausgehend von der im Hafengebiet der Pyramiden des Chephren und Mykerinos gefundenen Seilumlenkrolle<sup>697</sup> und der daraus rekonstruierten Entladeeinrichtung entwirft Munt eine Einrichtung, bei der das Heben eines Steines von einer Stufe zu einer höheren über mehrere Stufen hinweg ohne Absetzen des Steines (also ohne Unterbrechung des Transportvorganges, wie es bei einem einfachen Kran erforderlich wäre) möglich sein soll – den Hebezeug-Paternoster. Dabei wird jede Last an einen Tragebaum angehängt, der dann von dem Hebezeug einer Stufe von dem der nächsten übernommen werden kann. Abb. 7.5.7.1 zeigt das Modell mit Hebezugkette.

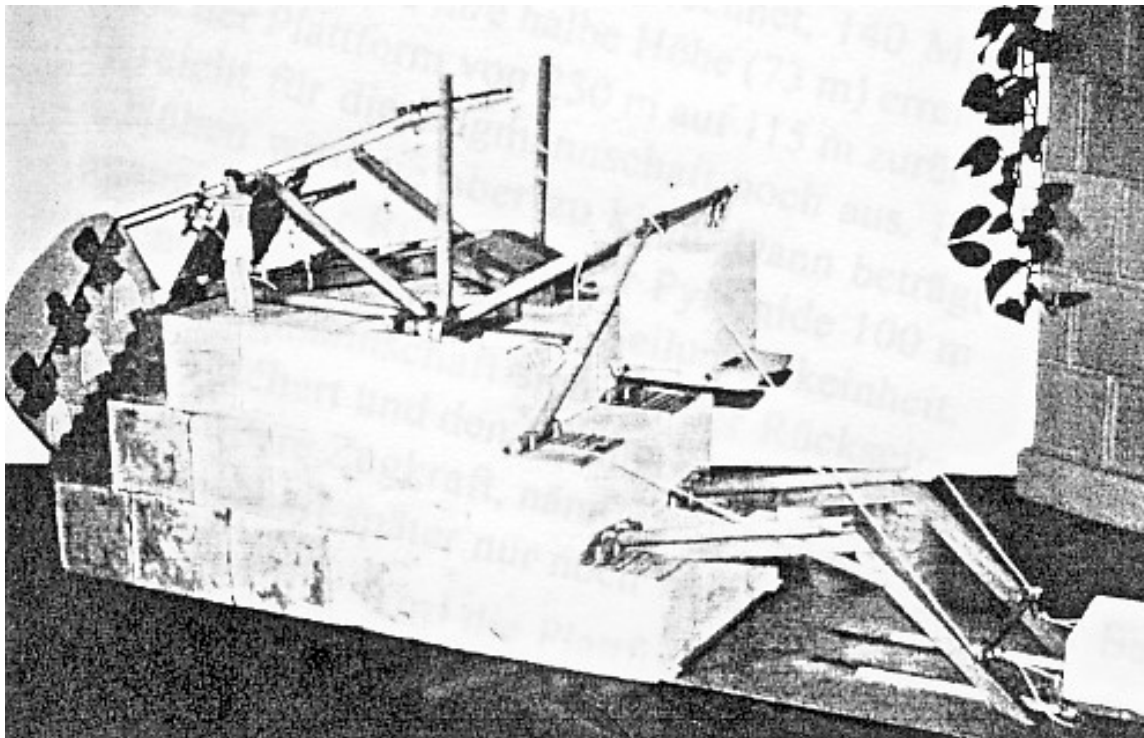


Abb. 7.5.7.1 Modell mit Hebezugkette nach Munt

Der Übergabevorgang ist aus der Abbildung 7.5.7.2 ersichtlich. Dort wird der Tragebaum durch das obere Hebezeug vom unteren übernommen. Das Prinzip des Hebezeug-Paternosters erfordert auf der obersten Plattform des Pyramidenstumpfes eine Seilumlenkeinrichtung von 52° (Neigung der Seitenfläche der Pyramide in die Waagerechte). Die Zugmannschaft stand auf der Pyramidenplattform. Zum Ziehen von Stein und Schlitten mit einem Gewicht von 2,6 t berechnet Munt eine Zahl von 140 Arbeitern. Etwa ab der Hälfte der Pyramidenhöhe wird die Fläche auf dem Pyramidenstumpf zu klein für die Zugmannschaft, sodass diese z.T. auf der gegenüberliegenden Flanke talabwärts ziehen muss. An der Spitze der Pyramide wachsen die beiden Seilumlenkeinrichtungen dann zu einem Seildrehkreuz zusammen, sodass nach

<sup>695</sup> Munt, Cheopspyramide.

<sup>696</sup> Munt 2002.

<sup>697</sup> Arnold, Building, S.283.



Munt auch die letzten vier Steine zur Spitze hochgezogen werden könnten. Für einen kontinuierlichen Zug an den Seilen wird dadurch gesorgt, dass in dem Augenblick, in dem der auf der Plattform angelangte Schlitten aufsetzt, ein neuer Schlitten von den untersten Hebezeugen übernommen wird. Für den Transport der Granitbalken der Königskammer, der Giebelbalken über dem Eingang der Pyramide und des Pyramidions schlägt Munt z.T. Gegengewichte aus Steinen, die vorher zur Arbeitsplattform transportiert wurden, sowie Umlenkrollen (Walzen) vor.



Abb. 7.5.7.2 Übernahme von Lasten in der Hebezeugkette nach Munt

Die Kapazitätsberechnung von Munt ergibt beim Einsatz von zeitweise zwei Hebezeugen, dass die Cheops-Pyramide in einer Bauzeit von ca. 15 Jahren hätte errichtet werden können.

Der Bauvorschlag von Munt ist aus verschiedenen Gründen heraus nicht geeignet, beim Bau der Pyramiden Anwendung zu finden. Munt berücksichtigt nicht die archäologisch nachgewiesene Stufenbauweise des Kernmauerwerks der Pyramiden und die Tatsache, dass die Außenverkleidung erst nach Fertigstellung der Pyramide von oben nach unten geglättet wurde. Seine Bauhypothese entspricht darüber hinaus in einigen Punkten nicht den in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Voraussetzungen. Außerdem sind die von ihm vorgeschlagenen Holzkonstruktionen so kompliziert, dass sie nicht dem damaligen Stand der Bautechnik entsprechen. Für das Einhängen der Last werden moderne Seilaufhängevorrichtungen aus Stahl angenommen. Ob es so große Seillängen gab, die dem Vorschlag des Hebezeug-Paternosters entsprochen hätten, ist auch sehr zweifelhaft.

### 7.5.8 Schrägaufzug nach Dorka

Dorka veröffentlichte 2002 seinen Vorschlag für das Heben von Steinen beim Pyramidenbau in der 4. Dynastie.<sup>698</sup> Er beschreibt darin – unter Bezug auf die senkrechten Spuren (Vertiefungen) der an der östlichen Außenseite der 5. und 6. Stufe der Schicht E 2 der Pyramide des Snofru in Meidum gefundenen Vertiefungen<sup>699</sup> – Struktur und Gebrauch einer an die fertige Pyramidenfläche angelehnten Treppen- und Rampenkonstruktion aus Ziegeln (Abb.7.5.8),

<sup>698</sup> Dorka, Pyramid Building, S.11.

<sup>699</sup> Petrie, Meidum, S.10 und Bl.2.

über die Arbeiter aufsteigen und Steine mit Gegengewichten nach oben gezogen werden könnten.

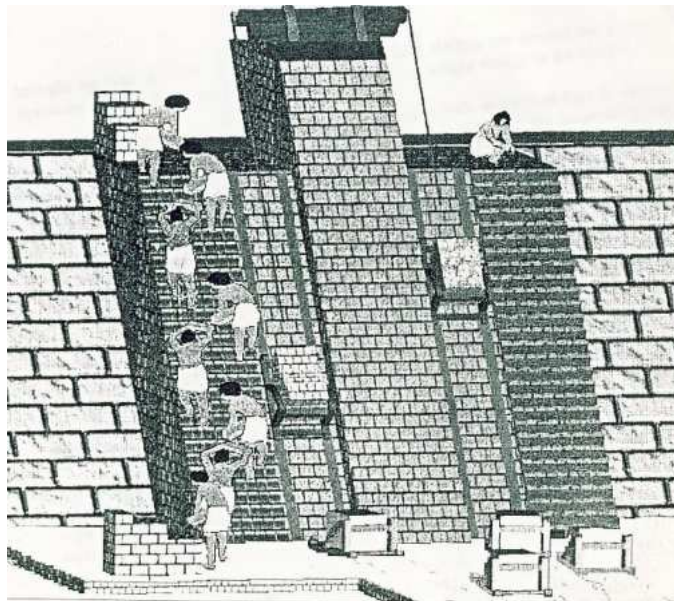


Abb. 7.5.8 Prinzipielle Darstellung des Schrägaufzuges nach Dorka

Auch dieser nur sehr summarisch vorgestellte Bauvorschlag berücksichtigt nicht die Stufenbauweise des Kernmauerwerks und die Tatsache, dass die äußerste Verkleidungsschicht von oben nach unten geglättet wurde. Berechnungen der Bauzeiten liegen nicht vor.

### 7.5.9 Vorschlag von Pitlik für eine Förderrampe

Pitlik stellte 1992 sein Modell zum Transport von Steinen mit einem Gangspill vor (Abb. 7.5.9).<sup>700</sup> Danach werden die Steine, die auf Schlitten befestigt sind, mit einem Gewicht von 3 t über eine Rollenbahn (schiefe Ebene) von 8 Arbeitern am Gangspill (Seilwinde) hochgezogen. In einer Höhe von ca. 7 m befindet sich jeweils ein Umsetzplateau, auf dem die Schlitten vom Seil abgehängt, zur nächsten Rampe seitlich verschoben und dort an das von der nächst höheren Stufe kommende Seil wieder angehängt werden. Parallel zur Aufwärtsbahn befindet sich eine schmalere Bahn für das Zurücklaufen der Schlitten. Die Vorteile einer derartigen Anordnung sind nach Pitlik die Folgenden: Die an dem Gangspill tätigen Arbeiter bleiben dort ständig an Ort und Stelle tätig, sodass sich wenig Leerwege ergeben. Das horizontal angelegte Umsetzplateau ermöglicht die horizontale Anordnung des Gangspills.

Für den Rücktransport der leeren Schlitten wird das gleiche, relativ kurze und damit leichte Seil verwendet. Das über das Spill geführte Seil wird ständig über einen Sicherungspflock gelenkt.

Das Transportmodell von Pitlik beinhaltet neben dem innovativen Vorschlag des Einsatzes einer Seilwinde zur Kraftumsetzung die interessante Idee, wonach bei der großen zu transportierenden Steinmenge besonders die Kontinuität der erforderlichen Leistung im Zusammenhang mit dem vorhandenen Platz, der einsetzbaren Winden etc. eine große Bedeutung gewinnt, und die Transportweise gut durchorganisiert werden muss. Allerdings sind gegen die

<sup>700</sup> Pitlik, Cheopspyramide.

senkrechte Anordnung der Seilwinde in einem Lager aus Rundhölzern bei einer Zuglast von 3 t Bedenken zur Anwendung für einen Dauereinsatz anzubringen. Pitlik berechnet den notwendigen Kraftaufwand an der Gangspill-Winde wie folgt:<sup>701</sup> Bei einem Durchmesser des Gangspills von 30 cm und 4 Speichen von je 2 m Länge bei 3 t Zuglast ergibt sich ein Kraftaufwand von 225 kp (3000 kp x 15 cm geteilt durch 200 cm). Dies ergibt pro Speiche eine notwendige Drehkraft von 56 kp.

Eine Berechnung der Transportkapazität bzw. davon abhängig der Bauzeit einer Pyramide wird vorgelegt. Danach ergibt für den Bau der Cheopspyramide eine Bauzeit von 16 Jahren. Das Transportmodell von Pitlik ist keine in sich geschlossene Hypothese für den Bau der Pyramiden, beinhaltet jedoch innovative Ansätze für den Transport der Steine über steile Rampen.

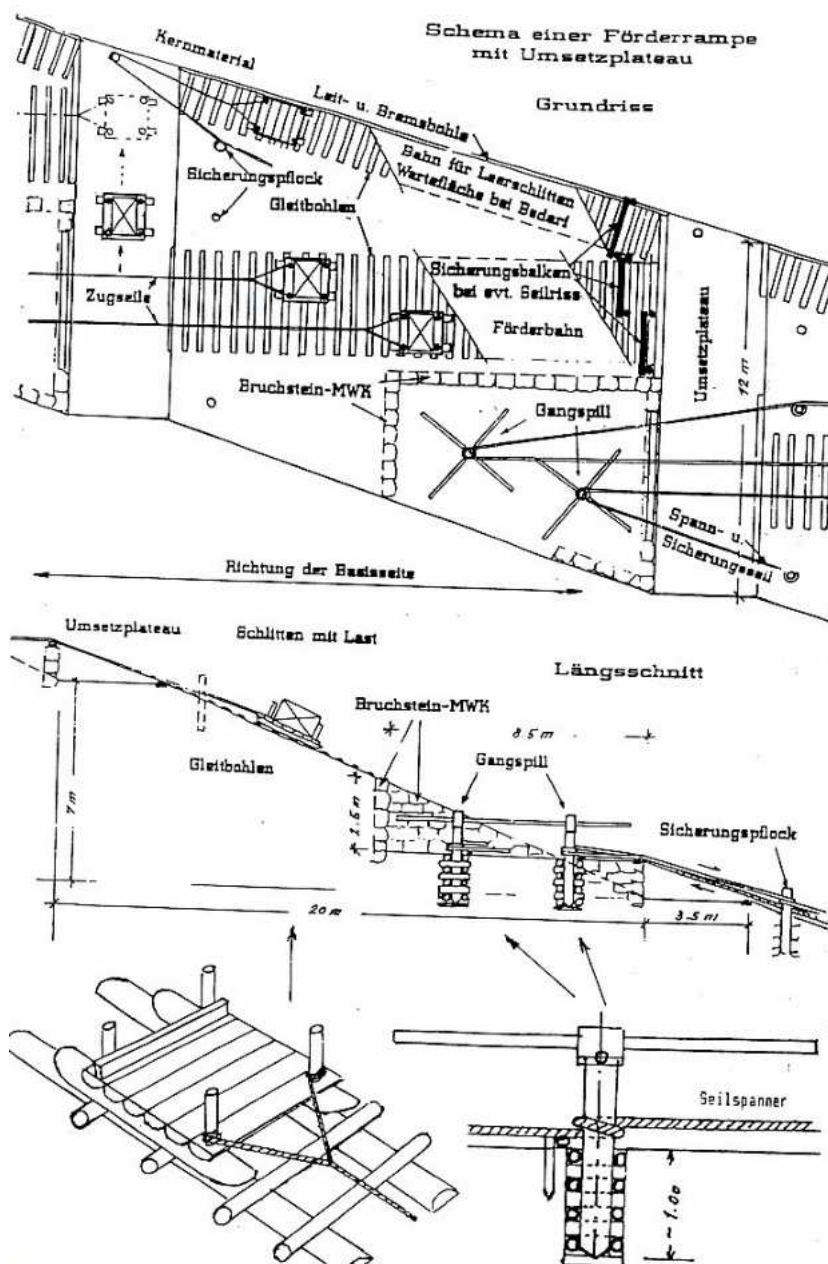


Abb. 7.5.9 Schema einer Förderrampe mit Umsetzplateau nach Pitlik

<sup>701</sup> Pitlik, Baustelle, S.43.

## 7.5.10 Hebeanlage nach Bormann

2004 wurde von Bormann ein Kombinationsmodell aus einer senkrecht auf den Pyramidenstumpf zulaufenden Rampe und dem Einsatz einer Hebeeinrichtung für den oberen Teil des Bauwerks zur Diskussion gestellt.<sup>702</sup> Im ersten Bauabschnitt wird mit einer Rampe ein ca. 40 m hoher Pyramidenstumpf (der Cheopspyramide) errichtet (Abb.7.5.10.1).

Dabei beträgt das Volumen der Rampe etwa 65% desjenigen der Pyramide. Bis zu diesem Zeitpunkt sind dann aber fast  $\frac{2}{3}$  der Steine der Pyramide verbaut. Im zweiten Bauabschnitt werden dann die Steine sowie das Material der nun überflüssig gewordenen Rampe mit einer Hebeeinrichtung nach Abb. 7.5.10.2 nach oben befördert.

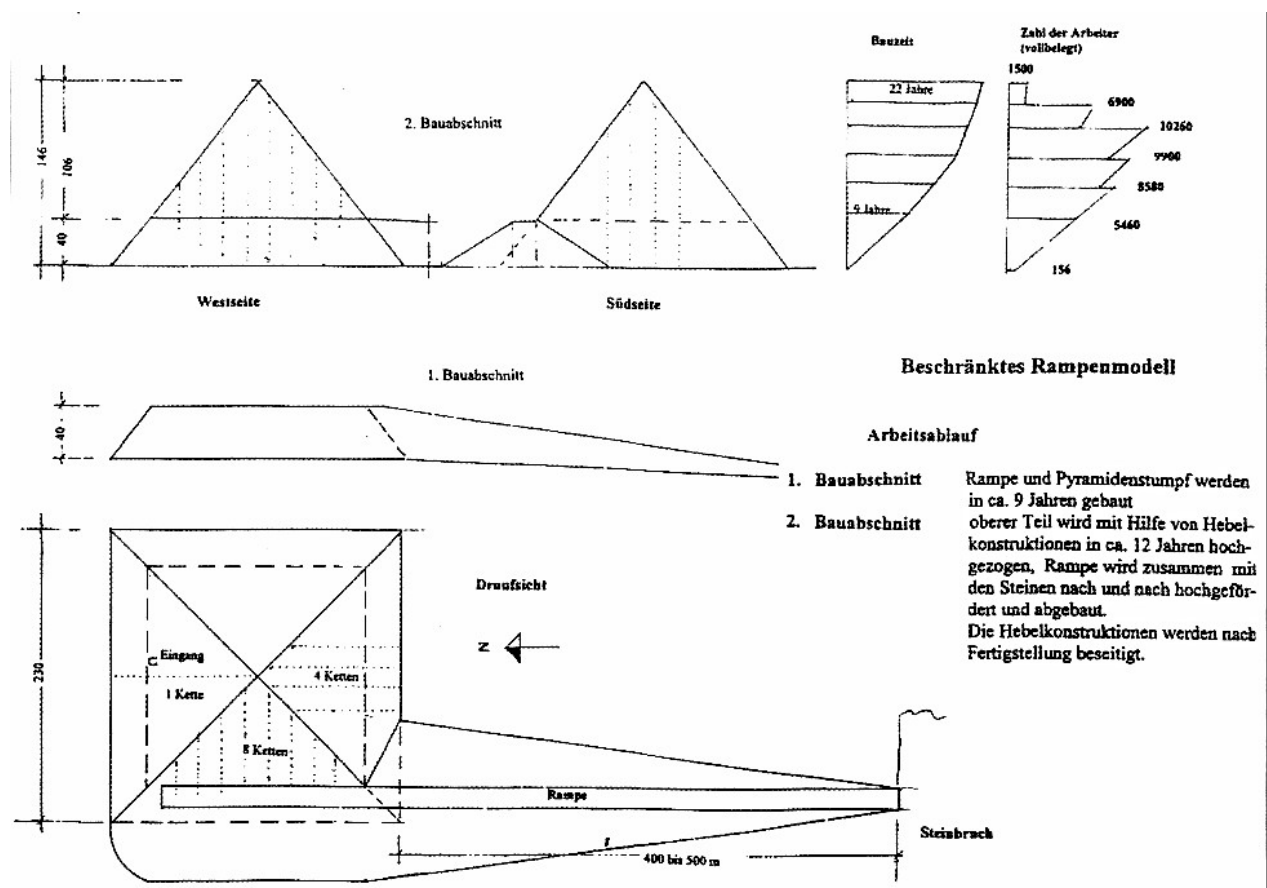


Abb. 7.5.10.1 Beschränktes Baurampenmodell nach Bormann

Bormann hat seinen Vorschlag für den Bau der Cheopspyramide offensichtlich unter rein technischen Aspekten erarbeitet. Richtig ist, dass es im AR als Bautechniken die Rampe und auch Hebel gab. Allerdings werden bei diesem Vorschlag die archäologischen Befunde (Kernmauerwerk und Verkleidungsmauerwerk) außer Betracht gelassen. Unklar ist auch, wie mit der beschriebenen Hebeeinrichtung die schweren Granitblöcke der Entlastungskammern sowie die Bauteile für die Königskammer einschließlich der Fallsteine transportiert werden konnten. Die von Bormann vorgelegte Kapazitätsberechnung führt zu einer Bauzeit der Cheopspyramide von 21 Jahren.

<sup>702</sup> Bormann, Pyramidenbau.

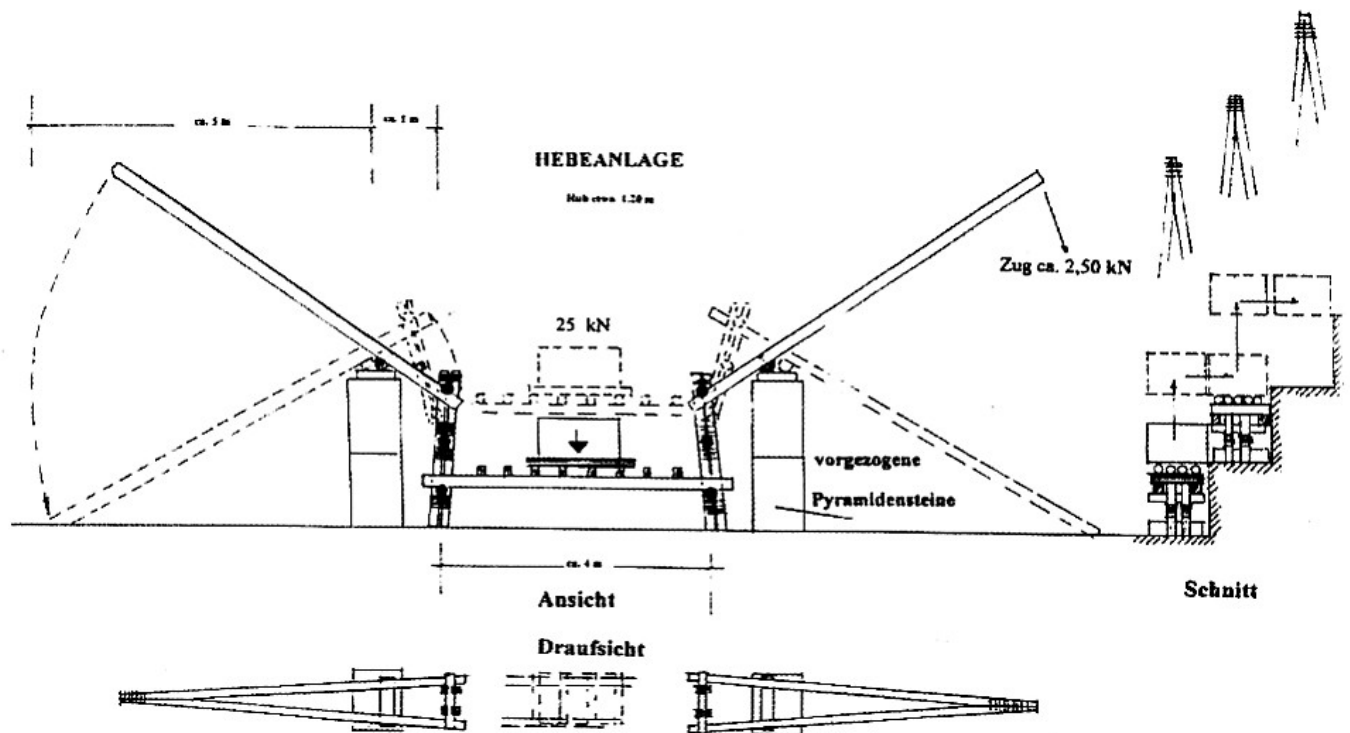


Abb. 7.5.10.2 Skizze der Hebelanlage nach Bormann

### 7.5.11 Vorschlag eines rollenden Steintransportes nach Parry

Parry veröffentlichte im Jahr 2004 unter Bezug auf als Grabbeigaben des NR (18. Dynastie) gefundene Wippen (Abb. 7.5.11.1; Abmessungen 52 mm Höhe und 235 mm Länge)<sup>703</sup> seine Idee des rollenden Steintransportes (Abb. 7.5.11.2.), die er in Japan in einem Feldversuch testete.<sup>704</sup>



Abb. 7.5.11.1 Kippschlitten

<sup>703</sup> Siehe auch Brugsch, Thesaurus.

<sup>704</sup> Parry, Engineering.

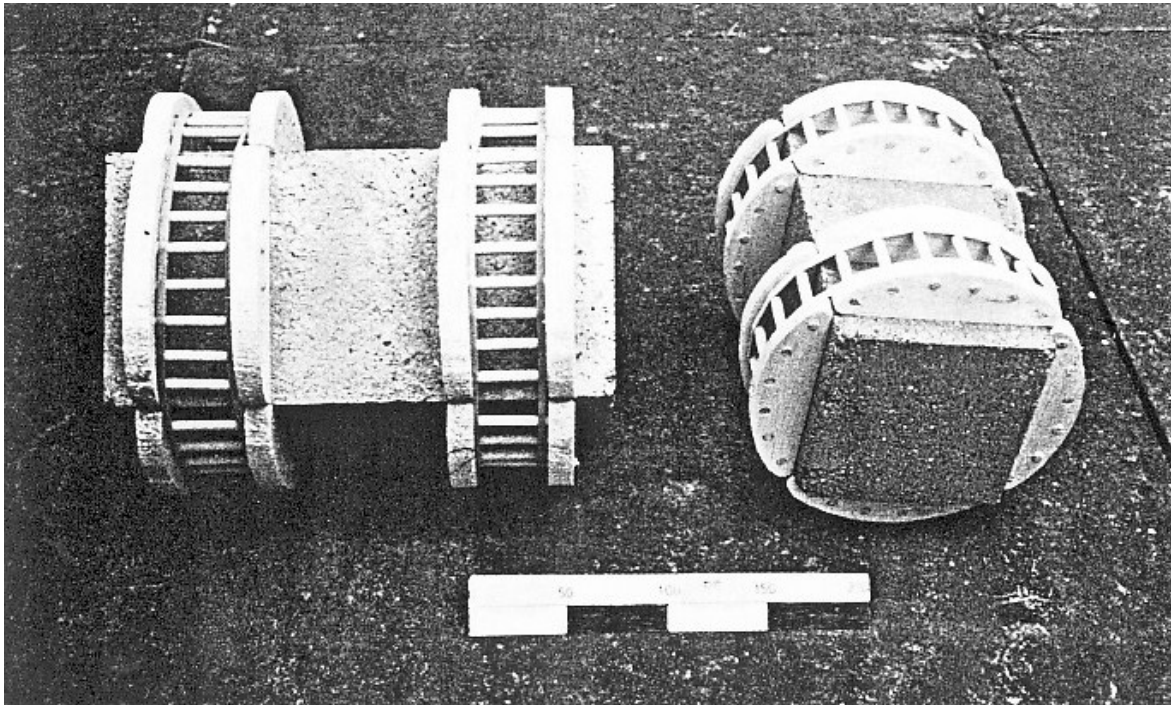


Abb. 7.5.11.2 Steinblock, eingeschlossen in vier Kippschlitten

Danach wird ein Steinblock mit dem Gewicht von 2,5 t mit zwei mal vier Wippen „eingepackt“ und dann als eine Art große Walze auf einer Rampe nach oben gezogen (Abb. 7.5.11.3 und 7.5.11.4). Wie in Kapitel 4.4.1.2. erläutert, bietet die Rollreibung insbesondere bei großen Durchmessern der Walzen bzw. Räder einen geringeren Widerstand gegenüber einem Transport mittels Gleitreibung. Auf einer Rampe mit der Steigung 1:10 konnten 6 Arbeiter den in eine Walze eingeschlossenen Stein nach oben ziehen; bei einer Steigung von 1:4 (ca.21°) waren zehn Arbeiter erforderlich; 15 Arbeitskräfte wurden benötigt, um die Walze 15 m nach oben zu ziehen. Höhere Gewichte wie Granitquader der Entlastungskammern der Cheopspyramide erfordern dann eine größere Zahl an Arbeitern.

Entsprechend den im Anhang zur Veröffentlichung von Parry vorgelegten Berechnungen werden nur 1/6 der für einen Schlittentransport benötigten Zugkräfte benötigt. Bei diesem Vergleich wird allerdings die Rollreibung der Walze vernachlässigt. Im Bereich der aufgeschütteten Rampen handelt es sich um eine Oberfläche aus Steinen und Schotter mit relativ geringer, aber nicht zu vernachlässigender Rollreibung.

Für den Bau der Cheopspyramide schlägt Parry im unteren Bereich Rampen auf allen vier Seiten vor (Abb. 7.5.11.5). Im mittleren und oberen Bereich soll der Transport über Steinrampen erfolgen, die auf den Bossen der Verkleidung fußen und über die äußere Verkleidungsschicht hinaus ragen.

Bei einer Bewertung des Vorschlages von Parry ist anzumerken, dass er offensichtlich von einer schichtweisen Steinverlegung ausgeht – im Widerspruch zu den archäologischen Befunden. Hinzu kommt, dass das Prinzip der Wippe erstmals im NR belegt ist und somit als Transportprinzip für die Pyramidenbauten im AR sehr fraglich und daher mit Blick auf die genannten Prämissen auszuschneiden ist. Zu beachten ist auch, dass es keine einheitlichen Steinformate gab und dass daher eine Vielzahl unterschiedlicher Transportwippen erforderlich gewesen sein müsste. Eine Berechnung der Transportkapazität und der Bauzeit wird nicht vorgelegt. Es werden nur Angaben zu der Zahl der benötigten Arbeiter gemacht.

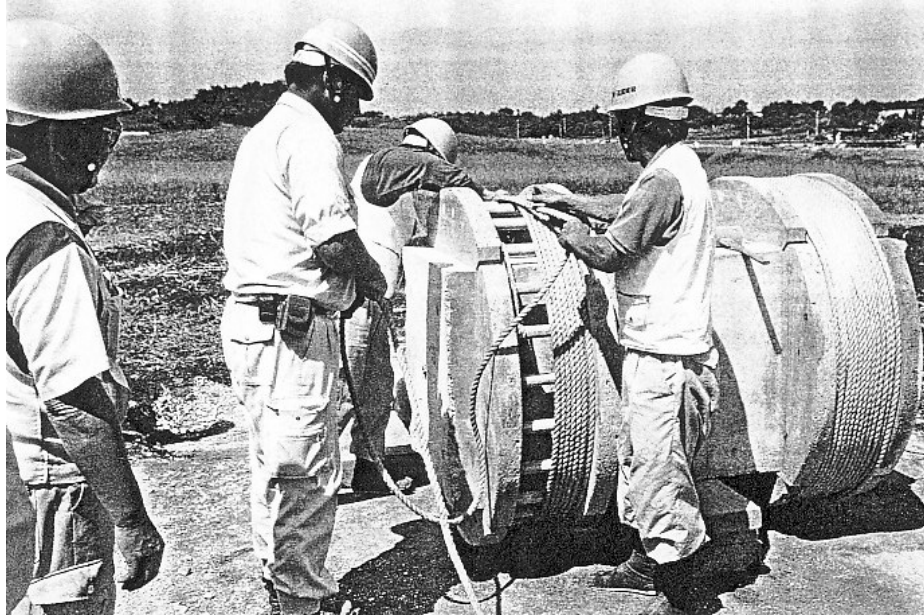


Abb. 7.5.11.3 Seilrolle beim Versuch

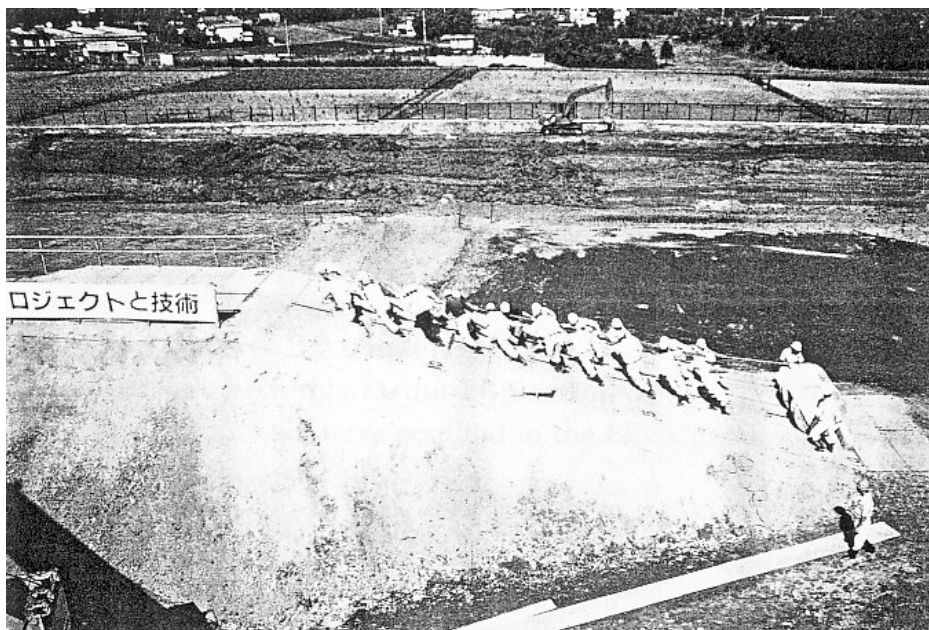


Abb. 7.5.11.4 Zugmannschaft an der schiefen Ebene

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Vorschlag eines rollenden Steintransports nach Parry zwar theoretisch möglich erscheint, mit den archäologischen Befunden des AR jedoch nicht im Einklang steht und daher für den Pyramidenbau im AR nicht näher in Betracht gezogen werden sollte. Eine im Rahmen dieser Arbeit vorgenommene grobe Abschätzung der Bauzeit aufgrund einer Zeichnung des Rampenmodells von Parry (Abb. 7.5.11.5) führt zu einer reinen Bauzeit ohne Vorbereitungsarbeiten von etwa 55 Jahren.<sup>705</sup>

<sup>705</sup> Ausgegangen wird wiederum von 2,14 Mio. Steinblöcken für den Bau der Cheopspyramide; die Taktzeit für eine Rampe mit der Länge von 15 m beträgt nach Parry, Engineering, S.132, 5 min. Die durchschnittliche Rampenlänge der 8 Rampen in der Phase 1 (Parry, Engineering, S.143) beträgt ca. 50 m bei einer angenommenen Taktzeit von 15 min und einer Höhe der 1.Stufe (Abmessungen 230 und 194 m) von 23 m. Die durchschnittliche Rampenlänge der 4 Rampen der Phase 2 beträgt ca. 185 m bei einer angenommenen Taktzeit (einschl. Seilwechsel) von 30 min und einer Höhe der 2.Stufe (Abmessungen 194 und 165 m) von 20 m. Die durchschnittliche

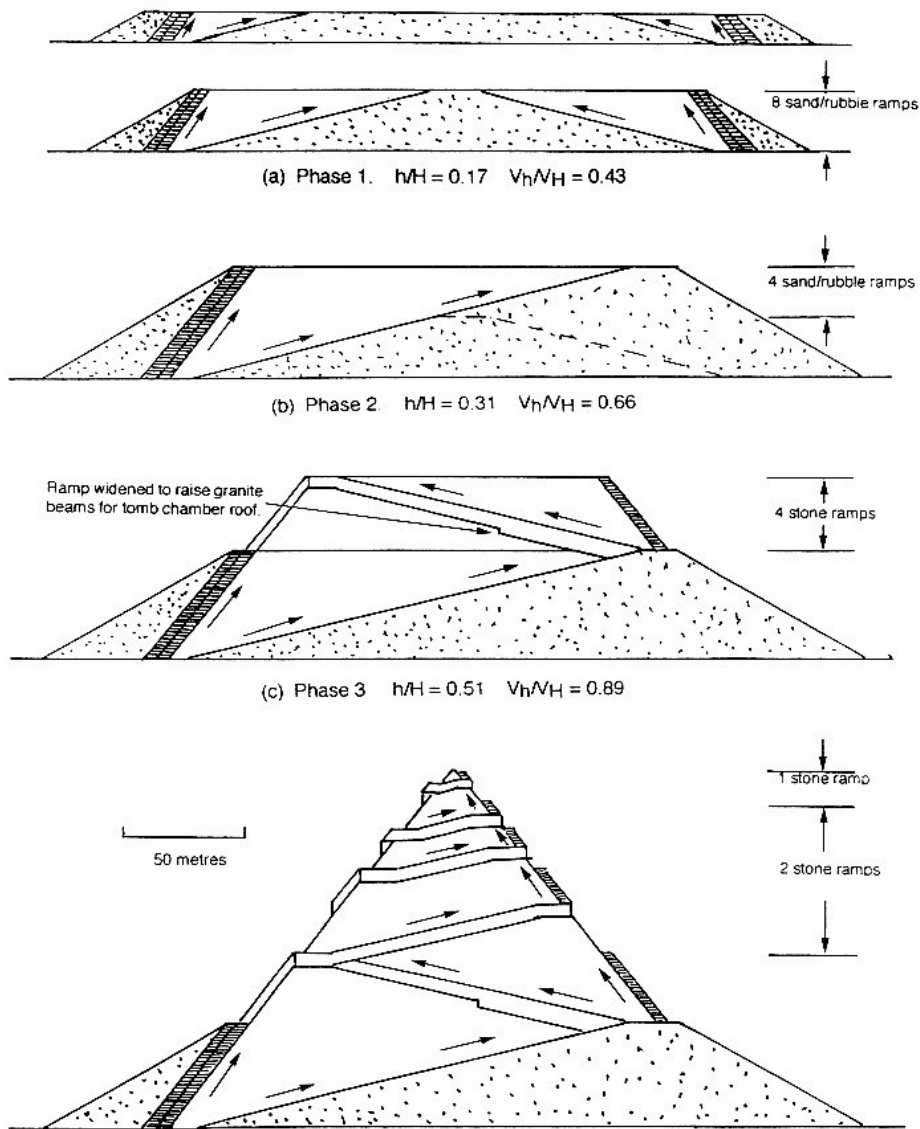


Abb. 7.5.11.5 Mögliches Rampensystem nach Parry

Die Bauhypothese von Parry ist daher in der Diskussion zum Pyramidenbau nicht weiter berücksichtigen.

Rampenlänge der 4 Rampen der Phase 3 beträgt ca. 140 m bei einer angenommenen Taktzeit (einschl. Seilwechsel) von 20 min und einer Höhe der 3.Stufe (Abmessungen 165 und 121 m) von 29 m. Daran schließen sich 3 Stufen mit je zwei Rampen an. Deren durchschnittliche Werte für den Takt werden mit 20 min angenommen.

Die einzelnen Volumina, Anzahl der Steinblöcke und Arbeitstakte sind:

Stufe 1	1.026 751 m <sup>3</sup>	855 626	106 953	8,1 Jahre
Stufe 2	638 460 m <sup>3</sup>	532 050	133 012	20,15 Jahre
Stufe 3	597 700 m <sup>3</sup>	498 083	124 520	12,6 Jahre
Restl. Stufen	337 000 m <sup>3</sup>	281 000	141 000	14,2 Jahre

Die Bauzeit beträgt somit

55 Jahre

Selbst bei einer Halbierung der Taktzeiten, die jedoch nicht realistisch erscheint, ergibt sich eine reine Bauzeit ohne Vorbereitungsarbeiten von knapp 28 Jahren, die mit der Dauer der Regentschaft des Cheops nicht in Einklang zu bringen ist.



### 7.5.12 Bauvorschlag von Keyssner mittels Umbauung (Montagemantel) und Zugeinrichtung

Gemeinsam mit dem Institut für Baugeschichte der Universität Karlsruhe veröffentlichte Keyssner im Jahr 2007 seine Hypothese für den Bau der Cheopspyramide.<sup>706</sup> Diesem Bauvorschlag liegt die Idee eines „Montagemantels“ um die Pyramide herum zugrunde. Auf diese Weise soll es möglich sein, das Bauverfahren und die Baugeschwindigkeit zu optimieren. In 9 Zonen mit je 16 m Höhe wird durch eine Umbauung ein stets 3 m breiter niveaugleicher Umgang pro zu verlegender Steinschicht geschaffen. In dem Mantel sind in Abständen senkrecht angeordnete Transportspuren (1,5 m breit) und Treppen (1 m breit) angeordnet. Durch eine weitere Aufmauerung entstehen am jeweiligen Ende der Transportbahnen Plattformen, auf denen sich stationär eingebaute Winden (Spille) befinden. Auf der jeweils obersten bereits fertig gestellten Steinlage ist ein Holzgestell mit einer Walze montiert, über die die Zugseile zwischen Schlitten und Spill geführt werden. An den einzelnen Plattformen erfolgt jeweils ein Wechsel der Zugseile.

Abb. 7.4.8.1 und 7.4.8.2 zeigen die beschriebene Anordnung.

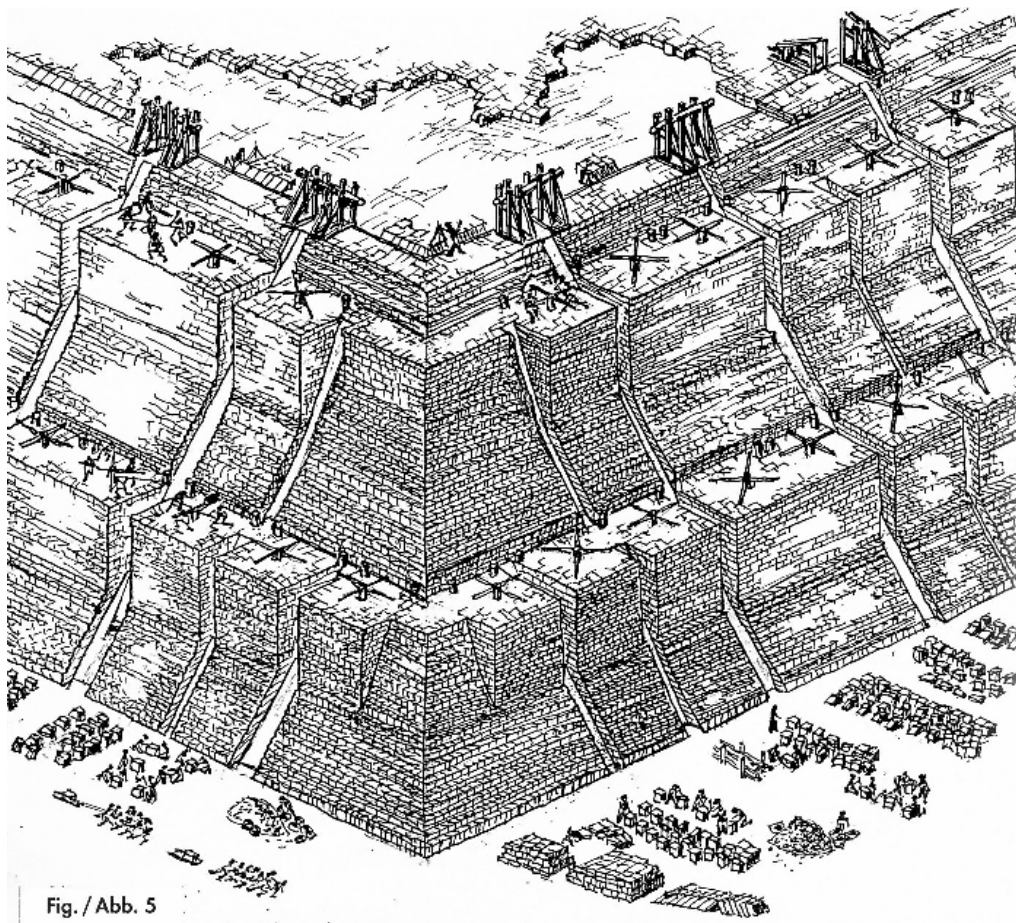


Abb. 7.5.12.1 Montagemantel mit Transportbahnen nach Keyssner

<sup>706</sup> Keyssner, Baustelle Gisa.

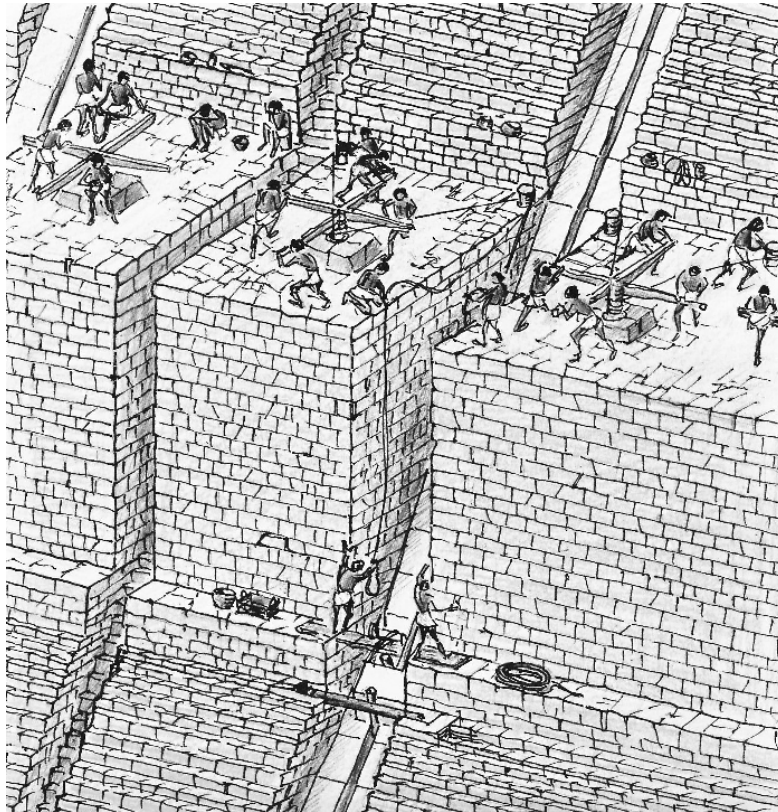


Abb. 7.5.12.2 Prinzip des Seilwechsels nach Keyssner

Keyssner kombiniert dabei das Prinzip des senkrecht angeordneten Aufzuges, wie es bereits Löhner (Kapitel 7.5.3 „Vorschlag von Löhner für den Bau der Pyramide mit Seilrollenböcken“) und Dorka (Kapitel 7.5.8 „Schrägaufzug nach Dorka“) vorgeschlagen haben, mit dem Prinzip des Spills und des Wechsels von einer Transportbahn zur anderen, wie es von Pitlik (Kapitel 7.5.9 „Vorschlag von Pitlik für eine Förderrampe“) erstmals beschrieben wurde. Durch eine erhöhte Überbauung an der Spitze der Pyramide, wie sie Graefe vorgeschlagen hat, (Kapitel 7.4.4 „Vorschlag von Graefe“) kann das Pyramidion ohne Probleme aufgesetzt werden. Problematisch scheint die Kraftumlenkung beim Gegenzug-Modus<sup>707</sup> zu sein.

Ausführlich werden die für den Bau der Pyramide selbst und für den Montagemantel zu transportierenden Steinmassen und die entsprechenden Transportzeiten berechnet. Unter der Annahme einer vierjährigen Vorbereitungszeit und eines Zeitraums von 2,7 Jahren für die Glättungsarbeiten der Pyramidenaußenfläche errechnet Keyssner eine Gesamtbauzeit von 27,2 Jahren.<sup>708</sup>

Ein sehr interessanter und innovativer Aspekt am Vorschlag von Keyssner ist das Prinzip des Baumantels. Dieser gestattet jeweils auf gleichem Niveau das gefahrlose Verlegen der Steine der Außenverkleidung und nach Fertigstellung der Pyramide die von oben nach unten vorzunehmende Glättung.

Keyssner geht allerdings – entgegen den archäologischen Befunden – von einem schichtweisen Bau der Pyramide aus und negiert offensichtlich die Stufenbauweise des Kernmauerwerks.<sup>709</sup> Seine Bauhypothese entspricht darüber hinaus in einigen Punkten auch nicht den in

<sup>707</sup> Keyssner, Baustelle Gisa, Abb.9.

<sup>708</sup> Keyssner, Baustelle Gisa, S.35.

<sup>709</sup> Keyssner, Baustelle Gisa S.11, Abschnitt 4.2 und S.13, Abschnitt 5.

Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Voraussetzungen.

Der von ihm vorgeschlagenen neuen Hypothese kann daher in der vorliegenden Form nicht zugestimmt werden. Auf diese Art und Weise wurde die Cheopspyramide nicht gebaut.

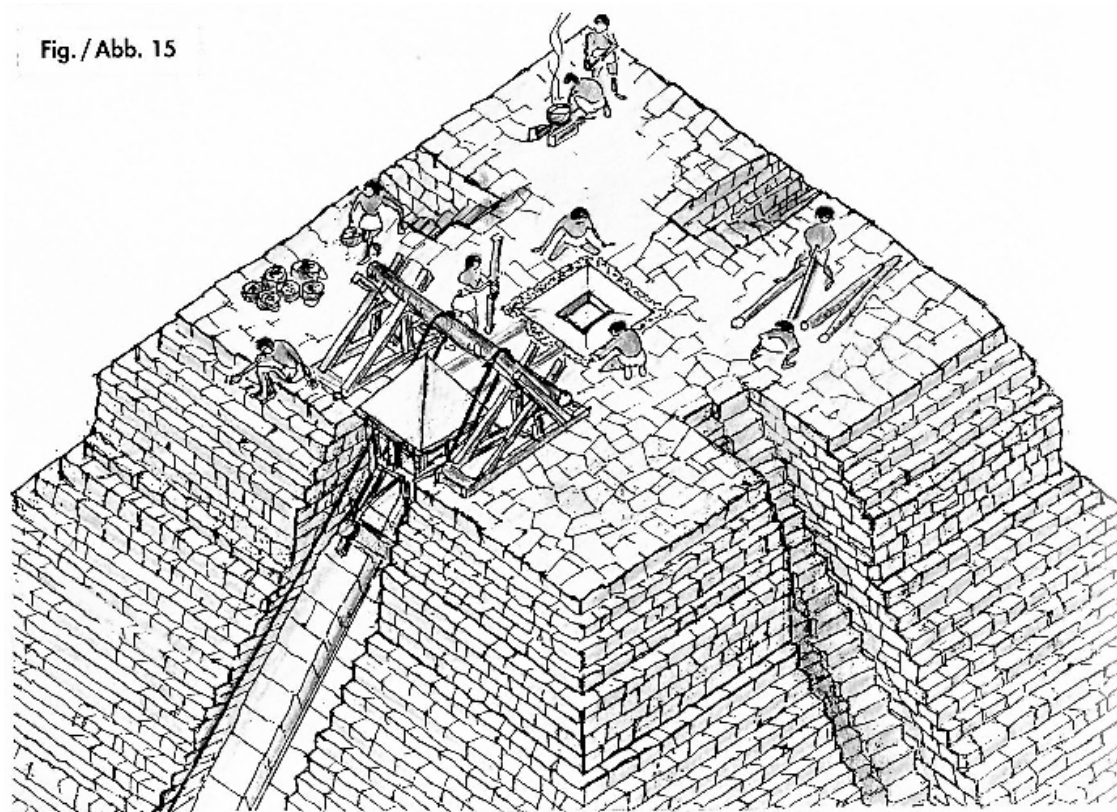


Abb. 7.5.12.3 Aufsetzen des Pyramidions

### 7.6 Zusammenfassende Bewertung der Bauvorschläge für Pyramiden entsprechend der Kapitel 7.3 bis 7.5

Die Idee senkrecht auf die Pyramide zulaufender Baurampen wurde immer wieder mit unterschiedlichen Argumenten vorgetragen. Bei der Entwicklung der Bauhypothesen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeichnet sich allerdings die Tendenz ab, Bauverfahren vorzuschlagen, die den Materialaufwand für die Rampen minimieren. Vorschläge zum Bau spiralförmig an die Pyramide angelegter Rampen wurden vermehrt zur Diskussion gestellt.

Zusammenfassend kann zum Einsatz von Rampen beim Bau des Pyramidenkörpers festgestellt werden:

**Senkrecht auf die Pyramide zulaufende Rampen** müssen als Baumethode ausgeschlossen werden:

- Die Rampen müssten ständig erhöht und in ihrer Breite angepasst werden, was zu regelmäßigen Bauunterbrechungen – zumindest aber zu Beeinträchtigungen – führen würde, bzw. sie müssten von Beginn an entsprechend breit angelegt werden, um jeweils hälftig entsprechend Baufortschritt ohne Unterbrechung der Transportarbeiten erhöht werden zu können.

Manche der erläuterten Vorschläge und Ideen für den Materialtransport beim Pyramidenbau lassen darüber hinaus Konstruktionen und Verfahren erkennen, die sehr kompliziert sind, so dass sich die Frage stellt, ob sie den Denk- und Vorgehensweisen der Baumeister im AR sowie den damaligen Baumethoden entsprechen. Sehr oft werden die Fragen des Baus der Pyramidenspitze und der Außenverkleidung sowie deren Glättung nicht oder nur unzureichend behandelt. Gleiches gilt für Fragen der Arbeitssicherheit.

Mehreren Hypothesen zum Pyramidenbau ist gemeinsam, von der archäologisch nachgewiesenen Stufenbauweise des Kernmauerwerks ausgehend **Rampen** anzunehmen, die **parallel zur Seitenfläche der Stufen** angeordnet sind und deren Steigung von der jeweils gewählten Transportmethode bestimmt wird. Entsprechend der Größe der unteren Stufen des Kernmauerwerks können – wie Landt es vorschlägt – auf allen Seiten jeweils mehrere Rampen angeordnet und so insbesondere die großen Materialmengen im unteren Bereich der Pyramide zeitökonomisch transportiert und verlegt werden. Den Bauvorschlägen bzw. Überlegungen von Hölscher, Croon bzw. Landt, Graefe und Pitlik hat daher bei weiteren Überlegungen eine besondere Aufmerksamkeit zu gelten.

Die Vorschläge für eine Bauweise mit Rampen – fast immer nur am Beispiel der Cheopspyramide vorgelegt – lassen jedoch sehr oft eine Berechnung der Transportkapazität im Verhältnis zur archäologisch belegten Planungs- und Bauzeit der Cheopspyramide von max. 23 Jahren vermissen.<sup>711</sup> Darüber hinaus messen die meisten der geschilderten Hypothesen für den Pyramidenbau mittels Rampen dem „Zeitfaktor“ insofern zu wenig Bedeutung bei, als der Bau des unteren Teils der Pyramide den größten Teil des Baumaterials erfordert. Bei der Cheopspyramide sind dies bis 25 m Höhe 42,5 % und bis 50 m Höhe 71,4 % des Materials (siehe Abb. 6.1). Die Transportmöglichkeit über nur eine Rampe stellt daher im Vergleich zum Transport über mehrere Rampen auf allen Seiten des Kernmauerwerks einen großen zeitlichen Engpass dar, wodurch sich die Bauzeit „unnötig“ verlängert.

Es kann daher mit Sicherheit angenommen werden, dass die Baumeister, die im AR für den Pyramidenbau zuständig waren, mit Blick auf die nicht vorhersehbare Lebensdauer des Königs die Vorgabe für eine möglichst schnelle Fertigstellung des Grabmals hatten. Allein schon aus diesem Grund wurden keine senkrecht auf die Pyramide zuführende oder die Pyramide spiralförmig umlaufende Rampenkonstruktion mit der genannten Einschränkung der Transportkapazität gewählt. Die Entscheidung für die Bauweise der Schichtpyramiden bzw. ab der Roten Pyramide für die Stufenbauweise des Kernmauerwerks mit der Möglichkeit der Anordnung von parallel zu allen vier Pyramidenseiten verlaufenden Rampen findet offensichtlich darin ihre Begründung.

Es ist weiterhin nicht ausreichend, ein technisch funktionierendes Hebesystem vorzustellen und damit den Bau der Pyramide erklären zu wollen. Dieses muss vielmehr auch für eine Gesamtlösung zum Bau der Pyramide unter Einbeziehung der archäologischen Befunde geeignet sein. Bauhypothesen dürfen nicht nur für eine, sondern müssen in ihren Grundzügen für alle Pyramiden des AR vorstellbar sein. Darüber hinaus müssen sie für den Bau einer Pyramide als Gesamtsystem gelten; sie dürfen nicht nur für einzelne Bauabschnitte anwendbar sein.

Die meisten der vorgelegten Bauhypothesen gehen von Zugkräften aus, die von Ochsen spannen bzw. von Menschen erbracht werden. Ihnen liegen daher geringe Rampensteigungen

---

<sup>711</sup> Die Regierungszeit Cheops' betrug nach v. Beckerath 23 Jahre; unmittelbar nach Regierungsantritt verlegte Cheops seine Residenz und die Königsmetropole von Dahschur nach Gisa (Stadelmann, Pyramiden, S.105). Die Bestattung des Cheops fand in der fertig gestellten Pyramide statt. Nach Krauss und Warburton (Hornung, Chronology, S.491) soll die Regierungszeit 26 Jahre betragen haben.

und große Zugmannschaften zugrunde. Die Berechnungsergebnisse sähen anders aus, wenn die Zugleistung von Seilwinden in die bisher vorgelegten Hypothesen der Kapitel 7.3. und 7.4 einbezogen worden wären.

Auf die Kombination parallel zur Pyramidenseite angeordneter Rampen und Zugeinrichtungen mit Seilwinde bzw. Walze und des sich daraus ergebenden Einsatzes von Rampen mit einer wesentlich größeren Steigung als Bauverfahren wird im nachfolgenden Kapitel 8 „Eine neue Hypothese für den Bau der Pyramiden: Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden“ eingegangen; die dort erstmalig formulierte Hypothese zum Pyramidenbau beruht auf dieser Kombination archäologisch belegter Bauweisen bzw. Verfahren.