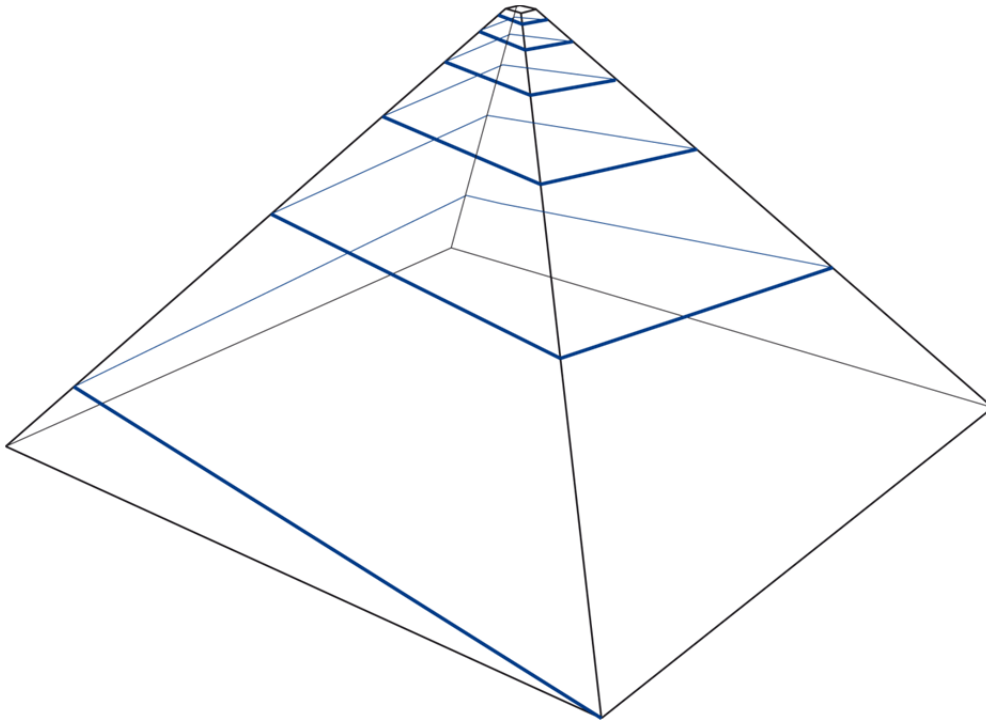


Günter Fischer

Der Bau der Cheops-Pyramide

Sechs Fehler der Pyramidologen

und die Entwicklung eines fehlerfreien Transportweg-Modells



Zusammenfassung

Die Zahl aller bis auf den heutigen Tag erschienenen Beiträge, die den Bau der Cheops-Pyramide zu erklären versuchen, ist riesengroß. Alle darin entwickelten Modelle sind leider unbrauchbar. Die Evaluierung jeder einzelnen Arbeit würde den Rahmen sprengen und ist auch nicht erforderlich. Es genügt, sechs essentielle Fehler, die dazu geführt haben, dass bis heute keine brauchbaren Modelle entwickelt worden sind, zu ermitteln, um daraus ein realistisches Modell ableiten zu können.

In diesem Traktat werden diese sechs essentiellen Fehler mittels einer mit exakten wissenschaftlichen Methoden durchgeführten Analyse ermittelt.

Parallel zur Analyse erfolgt die Entwicklung von Elementen, die zu einem realistischen Modell eines hier Saumpfad genannten Transportweges zusammengefügt werden, über den alle für den Bau der Cheops-Pyramide benötigten Steine im tradierten Zeitrahmen angeliefert werden. Seine Existenz wird durch archäologische Funde bestätigt. Dieses Traktat ist eine Kurzfassung der Arbeit *Der Bau der Cheops-Pyramide. Analyse und Modellentwicklung* [2], in der alle Abläufe detailliert beschrieben werden.

Analyse und Modellentwicklung

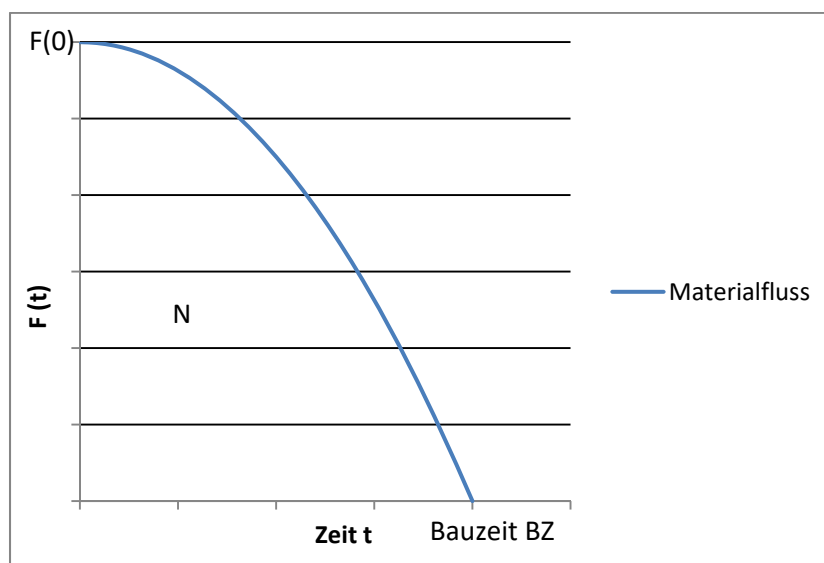
1 Der Materialfluss

1.1 Analyse

Die Anzahl N der verbauten Steine und die tradierte Bauzeit BZ der Cheops-Pyramide sind bekannt. Daraus lässt sich die den Materialfluss der angelieferten Steine über der Zeit t beschreibende quadratische Funktion $F(t)$ herleiten [2], die hier als Formel und als Grafik dargestellt wird.

$$F(t) = \frac{3}{2} \cdot \frac{N}{BZ} \left[1 - \left(\frac{t}{BZ} \right)^2 \right]$$

Abbildung 1: Materialfluss versus Zeit



© MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

In dieser allgemeinen Form gilt sie nicht nur für die Cheops-, sondern auch für die baugleiche Chephren-Pyramide. Nach Einsetzen der Anzahl der in der Cheops-Pyramide verbauten Steine $N = 3,23 \cdot 10^6$ und der tradierten Bauzeit $BZ = 20-30$ Jahre erhält man die folgenden Werte:

Bauzeit von	20	25	30	Jahren
im ersten Jahr	174.000	139.200	116.000	Steine

Bei 360 Arbeitstagen im Jahr ergibt das heruntergerechnet auf einen acht- bzw. neunstündigen Netto-Arbeitstag eine Transportleistung von:

Bauzeit von	20	25	30	Jahren
8 Std./Tag	1,03	0,81	0,67	Steine pro Minute
9 Std./Tag	0,91	0,72	0,60	Steine pro Minute

Wird eine zehn Tage währende Arbeitsperiode mit einem freien Tag zugrunde gelegt, ändern sich die Werte in der obigen Tabelle geringfügig:

Bauzeit von	20	25	30	Jahren
8 Std./Tag	1,09	0,87	0,73	Steine pro Minute
9 Std./Tag	0,97	0,78	0,65	Steine pro Minute

Diese Ergebnisse werden gerundet und als notwendige Bedingung festgehalten:

In jeder Minute muss ein aus dem Steinbruch angelieferter Stein um die Höhe h angehoben und auf die nächst höhere Ebene gebracht werden.

Die theoretische Einspeisefrequenz beträgt also ein Stein pro Minute.

In der Praxis wird die Einspeisung nicht in exakt äquidistanten Abständen von einer Minute erfolgen, sondern die Zeitabstände werden zwischen 0,8 und 1,2 Minuten schwanken. Sie darf aber nicht deutlich darüber liegen. Eine Verdoppelung der Einspeisezeit (ein Stein jede 2. Minute) würde eine Verdoppelung der Bauzeit, also 40-60 Jahre bedeuten.

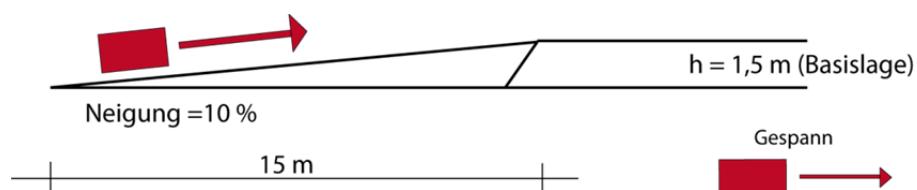
Fehler Nr. 1: Keiner der Aufsätze, in denen Hebegeräte als Transportmedium entwickelt worden sind, erfüllt diese notwendige Bedingung. Ihre Verfasser haben es versäumt, die Zeit zu bestimmen, die solche Hebegeräte für eine Elevation benötigen. Ihr Einsatz würde – sofern er überhaupt bautechnisch realisierbar wäre – zu Bauzeiten von weit über hundert Jahren führen. Folglich sind alle mit Hebegeräten arbeitenden Modelle unbrauchbar.

Als Konsequenz ergibt sich daraus, dass der Steintransport auf einer Rampe erfolgt sein muss.

1.2 Modellentwicklung: Das Karussell

Die Höhe der Basissteinlage $h = 1,5\text{ m}$ ist bekannt. Vor diese Steinlage wird eine aus Schotter bestehende Rampe mit einer Neigung von 10% aufgeschüttet.

Abbildung 2: Rampe vor Basissteinlage



© MONS Verlag, Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

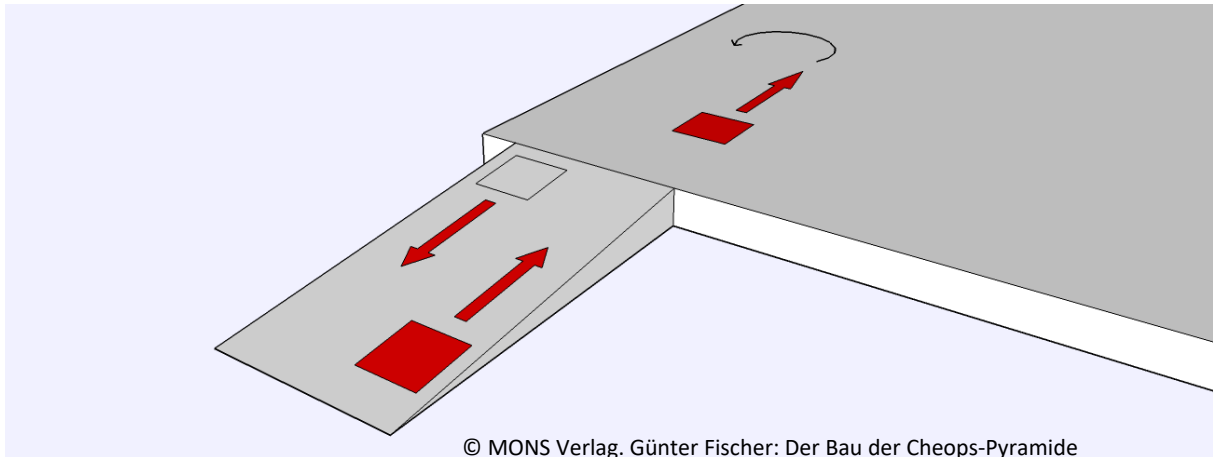
Der rote Pfeil in der Abbildung symbolisiert den *Motor* (lat. motor = Bewegter). Das können sowohl Arbeiter als auch Zugtiere sein. Das Modell gilt für beide Alternativen. In [2] wird der Einsatz von Zugtieren präferiert, weil sie es dem pragmatisch handelnden Bauherrn ermöglichen, die Anzahl der auf der Baustelle einzusetzenden Arbeiter um eine Zehnerpotenz zu reduzieren.

Mit einer Transportgeschwindigkeit $T = 1\text{ km/h} = 1000\text{ m}/60\text{ min} = 16,7\text{ m/min}$ lässt sich jeder Stein in einer Minute auf einer Rampe, die nicht länger als 16,7 m ist, problemlos auf die nächst höhere Ebene empordiehen.

Mit einem einmaligen Transport ist die obige notwendige Bedingung aber nur einmal zu erfüllen. Erst mit einem rotierenden System von drei Gespannen kann eine permanente Transportleistung des Zubringerdienstes und damit die permanente Erfüllung der notwendigen Bedingung gewährleistet werden.

1. Ein auf der Rampe stehendes Gespann übernimmt einen Stein.
2. Ein Gespann ist oben angekommen und liefert einen Stein ab.
3. Ein Gespann ist ohne Last auf dem Rückweg und bereit, einen neuen Stein zu übernehmen.

Abbildung 3: Rotierendes System aus drei Gespannen



Diese Anordnung wird in Analogie zu einem Jahrmarktkarussell, das sich den ganzen Tag um seine Achse dreht, hier Karussell genannt.

Die Bauleitung kann jederzeit ein Ersatz-Gespann in diesen rotierenden Prozess einschleusen, ohne die Rotation unterbrechen zu müssen. Der Anlass könnte gegeben sein, wenn eines der kreisenden Gespanne schwächelt oder gar kollabiert.

Die vier Parameter, die den kontinuierlichen Transport eines Steines von einer auf die nächst höhere Ebene beschreiben, sind also

- die Frequenz,
- die Rampenneigung,
- die Transportgeschwindigkeit und
- die Anzahl der auf der Rampe rotierenden Gespanne.

Dieser Ablauf wiederholt sich 3,23 Millionen Mal. Keines der 3,23 Millionen Quadrupel wird exakt einem anderen gleichen. Der Beweis für die Richtigkeit des Modelles muss nicht für jedes dieser Quadrupel geführt werden. Es genügt, ihn einmal für das Quadrupel

1. Frequenz: **ein** Stein pro Minute
2. Rampenneigung: **10** %
3. Transportgeschwindigkeit: **ein** km/h
4. Anzahl: **drei** Gespanne auf der Rampe

geführt zu haben.

2 Der Transport auf der Ebene

2.1 Analyse

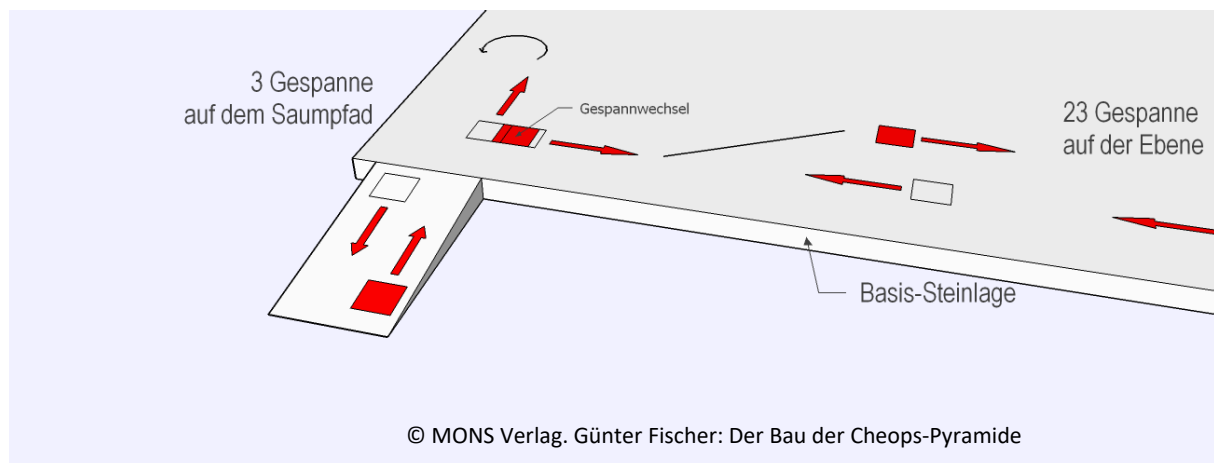
Um alle Steine, die – wie in der Modellentwicklung 1 beschrieben – auf die nächst höhere Ebene emporgezogen worden sind, weiter transportieren zu können, braucht es eine Transportkapazität auf der höheren Ebene. Die allgemein gültige hinreichende Bedingung lautet:

Auf allen Ebenen muss eine ausreichende Anzahl von Gespannen bereit gestellt werden, die sicher stellen, dass beim Transportfluss kein Stau auftritt, sondern alle emporgehobenen Steine auf der Ebene sofort weiter transportiert werden.

Fehler Nr. 2: In allen bisher veröffentlichten Rampenmodellen außer in [2] wird das Transportproblem auf die Bewegung der Steine auf der Rampe reduziert. Der Weitertransport der Steine bis zu ihrem endgültigen Standort auf der Ebene, der zeitgleich erfolgen muss, wird in keiner dieser Veröffentlichungen behandelt. Wegen der fehlenden Entwicklung einer geeigneten komplexen Ablauforganisation für den Stein-Transport sind alle diese Modelle unvollständig und deshalb unbrauchbar.

2.2 Modellentwicklung: Die Eimerkettenmethode

Abbildung 4: Rotierende Gespanngruppen auf der Ebene



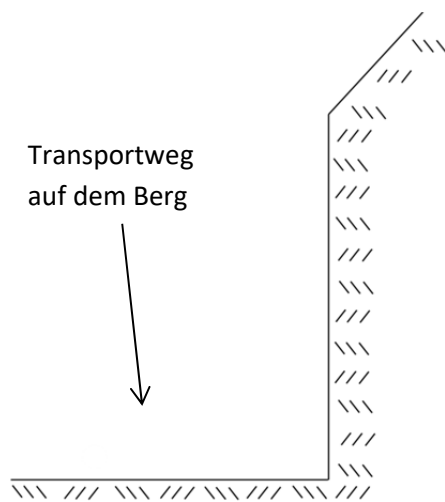
Die Eimerkettenmethode ist seit alters her bekannt. Sie wurde vor der Erfindung der Wasserpumpe bei Löscheinsätzen angewendet und gelangt auch heute noch z.B. bei Hochwasserkatastrophen beim Transport von Sandsäcken zur Befestigung durchweicher Dämme zum Einsatz. Die modifizierte Eimerkettenmethode auf der Pyramide sieht auf jeder Ebene und auf jeder Flanke des Transportweges den Einsatz von rotierenden Gespanngruppen vor, die vor Arbeitsbeginn ihren jeweiligen Arbeitsplatz einnehmen und ihn erst zum Feierabend wieder verlassen. Mit dieser Ablauforganisation kann der Transport aller Steine mit einer Frequenz von einem Stein pro Minute bis hin zu ihrem endgültigen Standort gewährleistet werden. Diese Methode verhindert durch die Aufteilung in autonome Abläufe die Bildung von Flaschenhälsen.

3 Die Klemmsche Integralrampe

3.1 Analyse

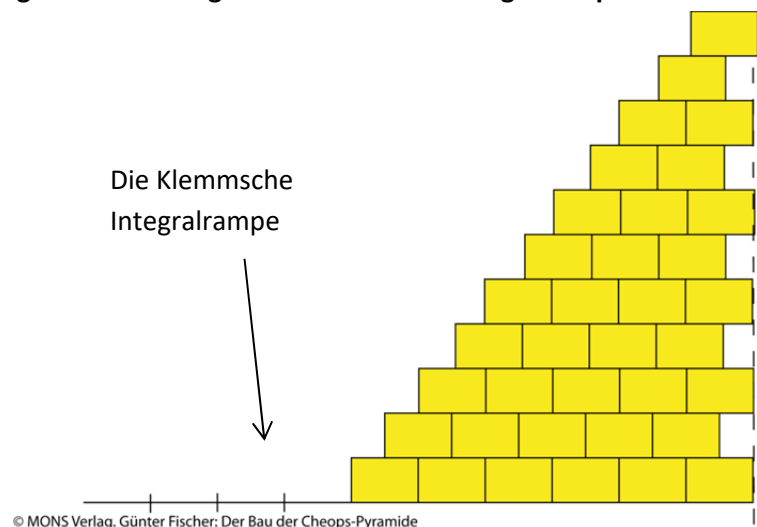
Die durch eine genaue Beobachtung der Pyramide von den Klemms [6] entdeckten Parallelstrukturen hatten die beiden Autoren vor 20 Jahren veranlasst, als Transportweg auf der Pyramide eine „Integralrampe“ vorzuschlagen. Ihnen gebührt das Verdienst, als erste den einzigen brauchbaren Prototyp eines Transportweges entwickelt zu haben. 2018 wurde diese Idee von [3] aufgenommen. Die Analyse zeigt allerdings, dass sie so einfach nicht zu realisieren ist. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen vertikale Schnitte durch einen Berg und eine Pyramide

Abbildung 5: Transportweg auf dem Berg



© MONS Verlag, Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

Abbildung 6: Die Klemmsche Integralrampe



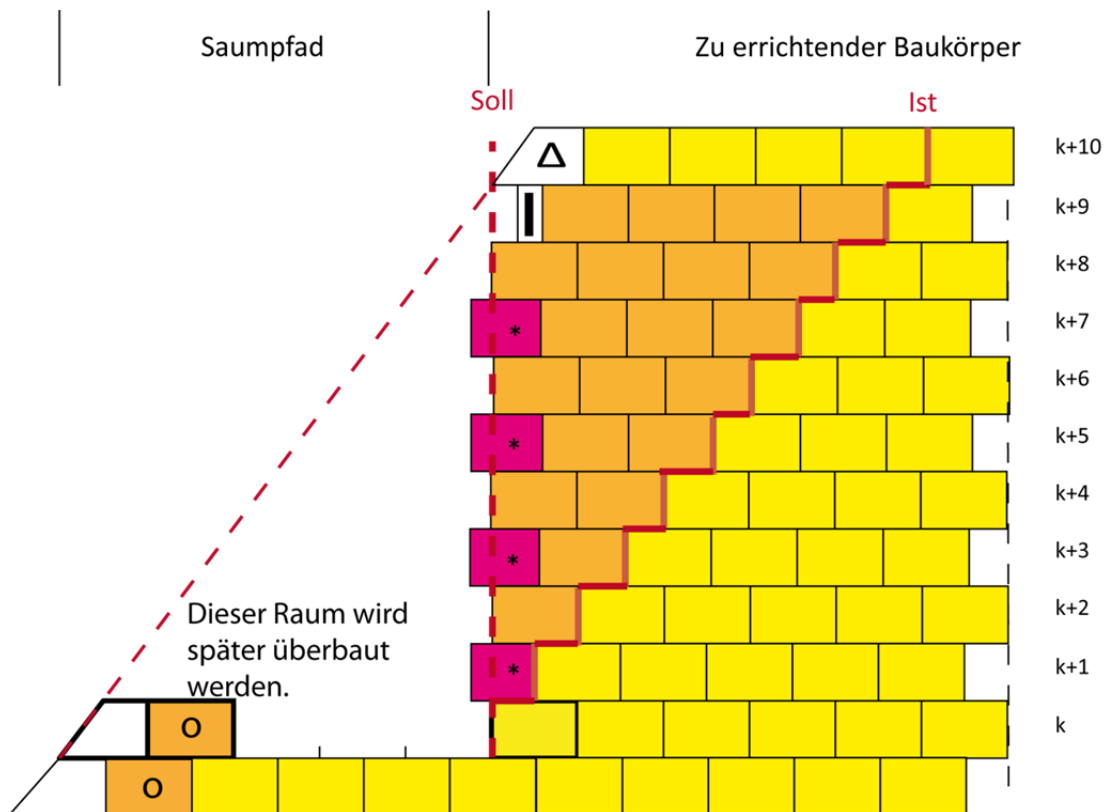
© MONS Verlag, Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

Fehler Nr. 3: Es ist bisher von niemandem erkannt worden, dass zwischen einem auf einem Berg und einem auf der Pyramide zu bauenden Transportweg ein wesentlicher Unterschied besteht. Der Berg ist vorhanden. Der Weg wird nachträglich angelegt. Beim Bau der Pyramide ist die Reihenfolge umgekehrt.

Mit einem nur aus einer Rampe bestehenden Transportweg können nur die gelb markierten Steine verlegt werden. Es ist das Charakteristikum des Pyramidenbaus, dass jede höhere Steinlage jeweils um einen halben Stein versetzt errichtet wird.

3.2 Modellentwicklung: Die Rückwand des Transportweges

Abbildung 7: Rückwand des Transportweges



© MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

Um die Pyramide bauen zu können, müssen alle orange gefärbten Steine bis zur Solllinie verlegt werden. Das setzt den Einbau der mit * gekennzeichneten Steine voraus. Diese müssen überdies aus der Rückwand herausragen, um bei der späteren Überbauung eine Verbindung beider Baukörper zu ermöglichen.

Eine bündige Verlegung der *-Steine hätte zur Folge, dass die spätere Überbauung des Transportweges nicht mit dem Baukörper der Pyramide verbunden wäre. Das könnte zu den von Klemm beobachteten Parallelstrukturen geführt haben.

Der Transportweg besteht aus den vier Komponenten

- der horizontalen Arbeitsfläche,
- der schiefen Ebene (=Rampe),
- dem der Sicherheit dienende, mit o gekennzeichneten Barrierestein und
- der speziellen Rückwand,

ohne die der Aufbau der Pyramide nicht möglich wäre.

Der Begriff „Rampe“ ist für dieses Konstrukt eine unzureichende Bezeichnung. Deshalb wird dieser Transportweg **Saumpfad** genannt. Für die Funktionalität sind diese vier Komponenten alle gleich wichtig. Im für den Bau des Saumpfades zu betreibenden Aufwand unterscheiden sich diese Komponenten aber beträchtlich. Es müssen, wie dem Schnitt Abbildung 7 zu entnehmen ist, pro Steinbreite b ein Barrierestein, für die Rampe eine in diesem Schnitt nicht darstellbare Schotterlage und 24 Steine für den Aufbau der Rückwand verlegt werden.

4 Der Flankenwechsel

4.1 Analyse

Bei jedem Flankenwechsel ändert sich die Transportrichtung um 90°, was den Transport insbesondere der überlangen Steine erschwert.

Mit der Formel zur Berechnung der maximal möglichen Länge $L_{\ddot{u}}$ gemäß [2]

$$L_{\ddot{u}} \leq 2 \cdot [\sqrt{2} \cdot B - a],$$

wo $B = 3b$ die Breite des Transportweges, b die Steinbreite und a die Breite des überlangen Steines ist, kann gezeigt werden, dass auch für überlange Steine der Flankenwechsel möglich ist.

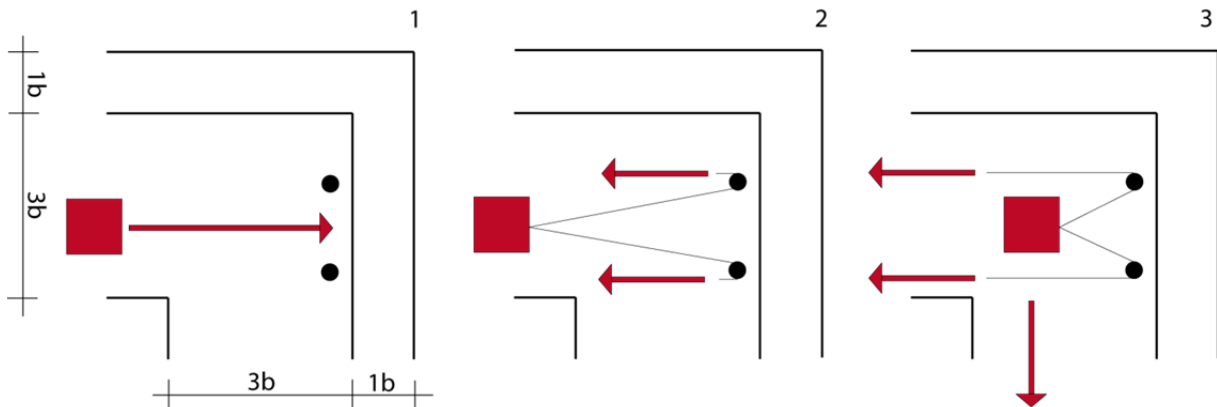
Fehler Nr. 4: In [7] werden pauschale, nicht begründete Zweifel geäußert, ob der Transport insbesondere überlanger Steine überhaupt möglich ist.

4.2 Modellentwicklung: Die Rangierbühne

Es wird bewiesen, dass es lediglich einiger Umlenkpfeile bedarf, um den Flankenwechsel bewerkstelligen zu können. Auch überlange Steine, wie sie für den Bau der Königskammer benötigt werden, lassen sich um die Ecke manövrieren, wie im Folgenden gezeigt wird.

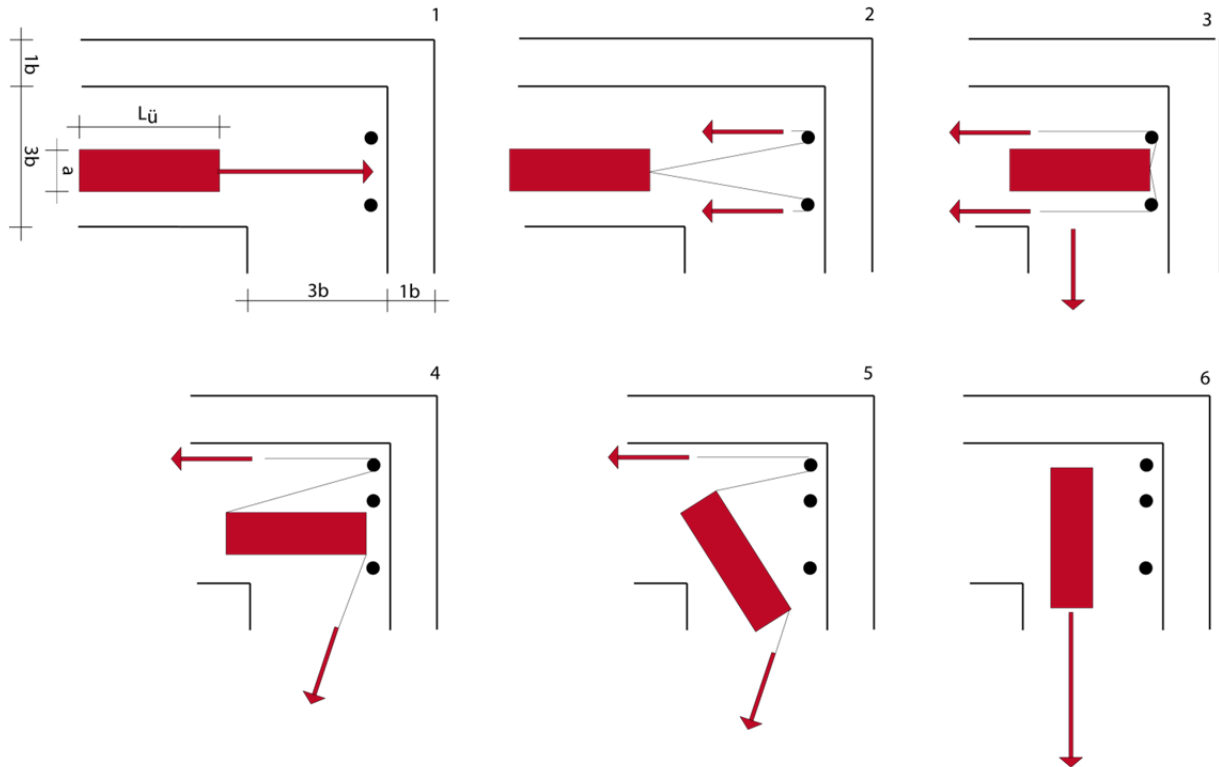
Abbildung 8: Der Steintransport beim Flankenwechsel

1. Der Transport mit Steinen in Standardgröße



© MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

2. Der Transport von überlangen Steinen



© MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

Löcher neben dem Transportweg, wie sie für die Aufstellung von der Kraftumlenkung dienenden Pfosten benötigt werden, sind 2018 bei Grabungen im Steinbruch von Hatnub [1,4] gefunden worden und können als archäologischer Beleg für die Richtigkeit des Modells dienen.

Unter der Annahme, dass der Steintransport mittels Rundhölzern stattgefunden hat, belastet ein ca. 4 to schwerer Stein den Umlenkpfeosten mit einer maximalen Querkraft von 160 kg und einem Moment $< 80 \text{ kgm}$ (Hebelarm = 0,5 m). Dafür wird ein Pfeosten mit einem Durchmesser von ca. 9 cm benötigt.

Unter der Annahme, dass beim Steintransport Schlitten eingesetzt worden sind und dadurch die Einwirkung aufgrund der höheren Reibung ca. 10-fach so groß ist, werden Pfeosten mit einem Durchmesser von ca. 19 cm benötigt.

5 Die Plattform

5.1 Analyse

Fehler Nr. 5: Diese nach einer Luftaufnahme erstellte Abbildung 9 zeigt einen Aufbau, dessen regelmäßige Struktur, obwohl dieser Aufbau seit Jahrhunderten bekannt ist, bis heute niemand erkannt hat. Zur Unterstützung der Analyse sind in Längs- und Querrichtung Stein-Nummerierungen, Ebenen-Nummern und zwei rote Linien hinzugefügt worden.

Abbildung 9: Aufbau der Plattform nach einer Luftaufnahme

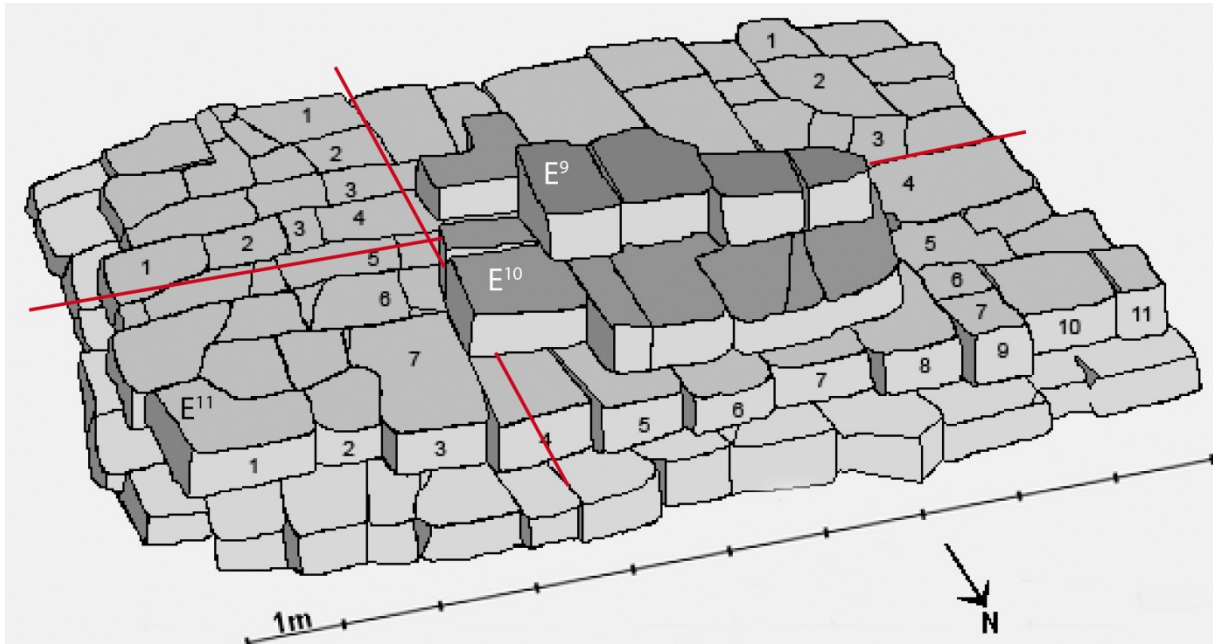


Bild: Maragioglio, V.; Rinaldi, C.: Architettura delle Riramidi Menfite. Le grande piramide di Cheope
 Bearbeitung © MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

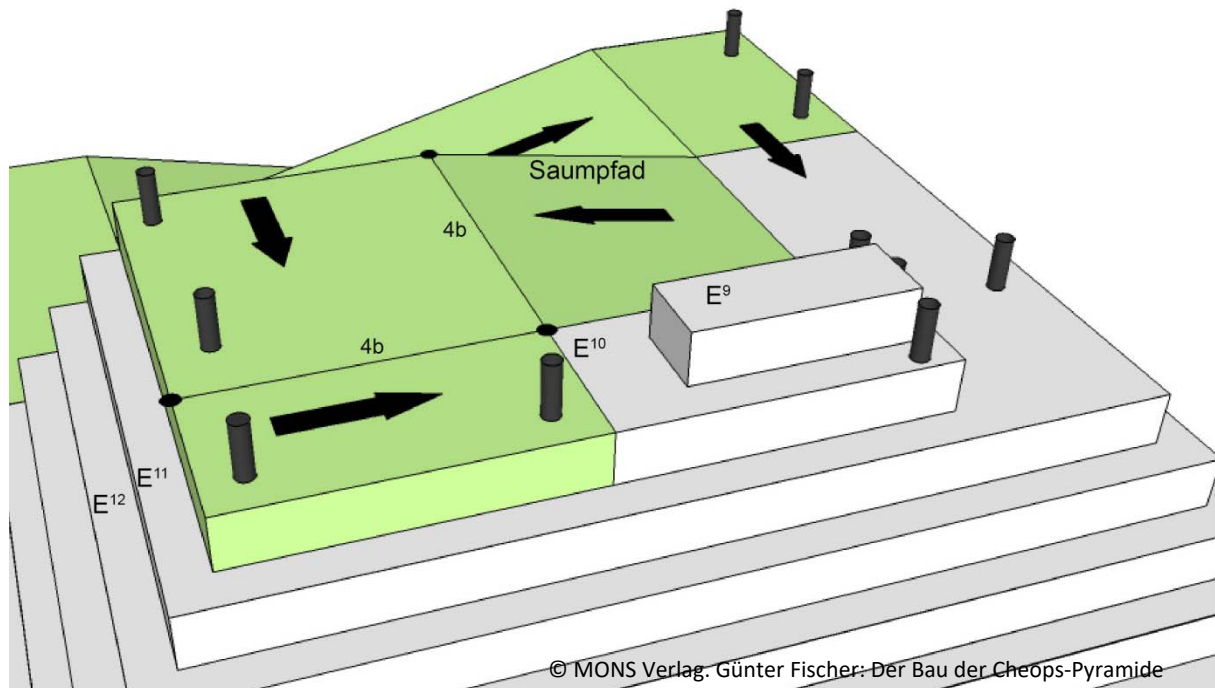
Im Süden fehlt der Ebene E^{11} eine 4b breite Bahn. Außerdem sind im Süden und im Osten zwei 4b breite horizontale Bahnen zu erkennen.

Bemerkenswert ist, dass trotz der unterschiedlichen Abmessungen der Steine ihre Anzahl pro Reihe eingehalten wird. In der 11. Steinlage liegen 11 Steine. In der 10. Steinlage sind abzüglich der im Osten liegenden 4 b breiten Bahn noch genau 6 Steine verbaut worden. Die Verlegevorschrift ist bis zuletzt eingehalten worden.

5.2 Modellentwicklung: Das Ende des Saumpfades

Um die Übereinstimmung zwischen dem in der Abbildung 9 fotografierten Aufbau der Steine auf der Plattform und dem Modell deutlich zu machen, wird das Modell in Abbildung 10 perspektivisch dargestellt.

Abbildung 10: Modellierung des Aufbaus der Plattform



Die hellgrau getönte Modellierung des Aufbaus der Plattform ist deckungsgleich mit der in der Analyse 5 gezeigten Luftaufnahme. Diese Kongruenz ist ein weiterer archäologischer Beleg für die Existenz des Saumpfades.

Die von den Stürmen abgetragenen Schotterlagen des Transportweges sind der obigen Abbildung hellgrün hinzugefügt worden, um zu verdeutlichen, auf welchem Weg die letzten Steine empor gezogen worden sind.

6 Die Pyramidenspitze

6.1 Analyse

In dem 1993 erschienenen Buch *Der Bau der Cheops-Pyramide – wie die Pharaonen wirklich bauten* [5] wird ausführlich beschrieben, wie zahlreiche Arbeiter mittels der Seilrollenmethode schwere Steine bis zur Pyramidenspitze empor gezogen und in Anwesenheit des Pharaos das Pyramidion gesetzt haben sollen. Theoretisch ist solches mit der Seilrollenmethode möglich, wenn auf der Pyramide vier von unten bis oben führende ca. 150 m lange Treppen errichtet werden und zwei ca. 170 m lange Seile verfügbar sind.

Die Frage ist nun: Warum stehen diese Steine heute nicht mehr dort oben?

Um sie beantworten zu können, müssen in drei Analyseschritten nacheinander die Mathematik, die Logik und die Aerodynamik eingesetzt werden.

Da die Autoren keine Bauzeitberechnung durchgeführt haben (Fehler Nr. 1), ist in einem ersten Analyseschritt in [2] die Bauzeit der Pyramide berechnet, die sich mit der Seilrollen-Methode ergeben würde. Das Ergebnis lautet: die Bauzeit würde über 60 Jahre betragen, also deutlich länger als die tradierte Bauzeit von 20-30 Jahre. Fazit: Mit der Seilrollenmethode kann der Pyramidenstumpf nicht erbaut worden sein.

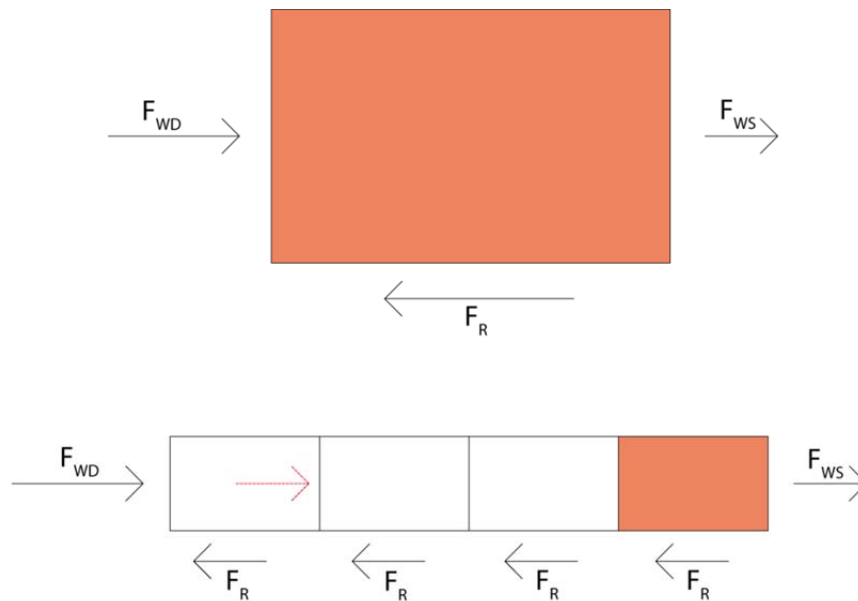
Im zweiten Analyseschritt wird untersucht, ob die Seilrollenmethode – wenn sie schon für den Bau des Stumpfes nicht eingesetzt worden ist – für den Bau der Pyramidenspitze eingesetzt worden ist. Diese Baustelle besitzt vergleichsweise kleine Ausmaße. Benötigt werden zwei ca. zehn Meter lange Treppen, zwei ca. 15 m lange Seile, ein ca. 1 m hohes Gerüst für die Positionierung des Pyramidions und ein außerhalb des Baukörpers zu errichtendes Gestell, auf dem alle über den Saumpfad angelieferten Steine zwischengelagert werden.

In diesem Analyseschritt gehen wir von den real vorhandenen vier Steinen der Steinlage E⁹ aus, die seit mehr als viereinhalbtausend Jahren dort stehen und allen Stürmen trotzen, weil ihr Gewicht und damit ihr Widerstand größer ist als die von den Orkanen erzeugten Windkräfte. Der Beweis wird mit einer in der Logik üblichen indirekten Beweisführung erbracht.

Es wird davon ausgegangen, dass die Annahme richtig ist, die gesamte Pyramidenspitze sei mit Steinen aufgebaut worden, die von Seilrollen empor gezogen worden sind.

Die mittels Seilrollen emporgezogenen Steine sind von der gleichen Größenordnung wie die vier auf der Ebene E⁹ noch vorhandenen Steine. Wenn sie gleich schwer sind, gelten für sie die gleichen Bedingungen. Sie müssten heute noch dort stehen. Da solche Steine heute dort nicht stehen, ist die Annahme falsch. Daraus folgt, dass sie dort nie gestanden haben.

Im dritten Analyseschritt wird für die weitere Untersuchung die Aerodynamik herangezogen. Auf die Vorderseite einer umströmten Steinlage wirkt ein Winddruck F_{WD} , längs der auf der Hinterseite liegenden Steinreihe ein variabler Sog F_{WS} . Die Sogkraft F_{WS} ist im mittleren Bereich der hinteren Reihe näherungsweise halb so groß wie der Winddruck F_{WD} .

Abbildung 11: Einwirkung der Windkräfte

© MONS Verlag. Günter Fischer: Der Bau der Cheops-Pyramide

Für den letzten in einer Reihe von mindestens drei Steinen liegenden Stein gilt, dass auf diesen Stein kein Winddruck wirkt, denn der Reibungswiderstand mehrerer hintereinander liegender Steine ist größer als der Winddruck, sondern nur der Windsog.

Hier wird exemplarisch für eine Sogkraft $F_{WS} = 0,5 F_{WD}$ und eine maximale Geschwindigkeit eines Orkans von 30 m/sec die Mindestbreite b eines Steines, der sich noch in einer stabilen Lage befindet, zu $b > 10$ cm berechnet.

Da keine Steine dieser Größe auf der Plattform vorhanden sind, ist folglich die gesamte Pyramidenspitze mit kleinformatischen Steinen mit einer Breite $b < 10$ cm aufgebaut worden.

Fehler Nr. 6: Damit ist bewiesen worden, dass das in [5] entwickelte Seilrollen-Modell beim Bau der Cheops-Pyramide nicht zum Einsatz gekommen ist. Daraus folgt, dass die in der Überschrift aufgestellte Behauptung, in dieser Arbeit würde gezeigt „*wie die Pharaonen wirklich bauten*“ falsch ist.

6.2 Modellentwicklung: Der reale Aufbau

Auch in der Endphase des Pyramidenbaus zeigt sich noch einmal, wie pragmatisch der Bauherr vorgeht, indem er immer den Weg des geringsten Aufwandes wählt.

Diese kleinformatischen Steine können wegen ihres geringen Gewichtes ohne irgendwelche Hebe- oder Seilzuggeräte bis an den Arbeitsplatz geliefert und von den Arbeitern mühelos vermauert werden.

Der Nachteil der Verbauung kleinformatischer Steine kommt erst ans Tageslicht, wenn die Stürme das schützende Blechdach zerfetzt und dann peu à peu alle Steine abgetragen haben.

Fazit

Es konnte der Nachweis erbracht werden, dass weder die zahlreichen veröffentlichten Hebe- und Rampenmodelle noch die Seilrollenmethode beim Bau der Cheops-Pyramide zum Einsatz gelangt sind. Der Transport aller Steine ist bis zur Plattform über einen auf der Pyramide liegenden, Saumpfad genannten Weg erfolgt. Seine Existenz wird durch mehrere archäologische Funde belegt.

Außerdem konnte bewiesen werden, dass die Pyramidenspitze mit kleinformatischen Steinen aufgebaut worden ist.

Anhang

Auf die Arbeit von Müller-Römer [7] ist in der obigen Abhandlung nicht explizite eingegangen worden. Sein Modell enthält die Fehler 2 und 3 und ist folglich unbrauchbar.

In diesem Anhang soll der Vollständigkeit halber auf einen weiteren schwerwiegenden Irrtum hingewiesen werden. Seinem Modell liegt die falsche Hypothese zugrunde, die Pyramide sei von innen nach außen errichtet worden, also zuerst das *Kernmauerwerk* und anschließend die *äußere Verkleidungsschicht*. Zur *Anbringung* der Verkleidung sieht er eine *Arbeitsplattform* vor, die sich über eine Fläche von 86.000 m² erstrecken müsste! Wie die tonnenschweren Verkleidungssteine nach oben transportiert werden, wird nicht weiter erläutert. Ein in dieser Art errichtetes Kernmauerwerk, in dem bekanntlich kein Stein in seinen Abmessungen einem anderen gleicht, kann niemals die für die Cheops-Pyramide charakteristische Genauigkeit hinsichtlich der Längen und rechten Winkel erreichen.

Die hohe Maßhaltigkeit des Bauwerks konnte nur erreicht werden, weil seine Errichtung von außen nach innen erfolgt ist.

Schrifttum

- [1] Enmarch, Roland; Gourdon, Yannis Ancient quarry ramp system may have helped workers build Egypt's Great Pyramids

<https://news.liverpool.ac.uk/2018/11/02/ancient-quarry-ramp-system-may-have-helped-workers-build-egypts-great-pyramids/> (Letzter Zugriff am 20.05.2019)
- [2] Fischer, Günter Der Bau der Cheops-Pyramide, Analyse und Modellentwicklung, MONS Verlag, 2019
- [3] Gérard, Aline Construction des pyramides: la rampe qui change tout (10.11.2018)

<http://www.leparisien.fr/societe/construction-des-pyramides-la-rampe-qui-change-tout-10-11-2018-7939395.php> (Letzter Zugriff am 23.03.2020)
- [4] Gourdon, Yannis Nouvelles recherches dans les carrières d'albâtre de Hatnoub, une conférence de Yannis Gourdon (07.10.2018)

<http://institutfrancais-egypte.com/fr/notre-programmation/nouvelles-recherches-dans-les-carrieres-d-albatre-de-hatnoub-une-conference-de-yannis-gourdon/> (Letzter Zugriff am 20.05.2019)
- [5] Illig, Heribert; Löhner, Franz Der Bau der Cheops-Pyramide
Mantis Verlag Gräfelfing, 1994
- [6] Klemm, Dietrich; Klemm, Rosemarie Die Integralrampe als Konstruktionselement großer Pyramiden,
Zabern Verlag Mainz, 1998
- [7] Müller-Römer, Frank Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden
Dissertation an der Maximilians-Universität München, 2007