

Auszug: Rampen-Modelle

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

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

	Inhaltsverzeichnis	Seite
1.	Einleitung und Zielsetzung	8
2.	Definitionen und Festlegungen	12
2.1	Definition Baustrukturen	12
2.2	Definition Mauerwerk	14
2.3	Längenbezeichnungen	15
2.4	Festlegungen	15
3.	Zeitliche Entwicklung des Pyramidenbaus im Alten und Mittleren Reich	16
4.	Bautechnik im Alten Reich	18
4.1	Baumaterial	20
4.1.1	Steingewinnung und Steinbearbeitung	20
4.1.2	Steinverarbeitung an der Baustelle	22
4.1.3	Ungebrannte Ziegel	23
4.2	Hebeeinrichtungen	25
4.2.1	Balken, Stangen	25
4.2.2	Absenken und Anheben schwerer Lasten	26
4.2.2.1	Das Fallsteinsystem im Korridor zur Grabkammer des Königs in der Cheopspyramide	26
4.2.2.2	Das Fallsteinsystem im Korridor zur Grabkammer der Pyramide des Mykerinos	30
4.2.2.3	Aufrichten von Pfeilern sowie Statuen und Heben von Steinblöcken	33
4.2.2.4	Seile	36
4.2.2.5	Zusammenfassung: Hebeeinrichtungen	38
4.3	Transporteinrichtungen	38
4.3.1	Schiefe Ebene	39
4.3.1.1	Zugkräfte (Gleitreibung)	39
4.3.1.2	Zugkräfte (Rollreibung)	41
4.3.2	Rampen	41
4.3.2.1	Die Pyramide des Sechemchet	41
4.3.2.2	Die kleinen Schichtpyramiden des Alten Reiches	42
4.3.2.3	Die Pyramide des Snofru in Meidum	42
4.3.2.4	Die Rote Pyramide in Dahschur	43
4.3.2.5	Die Cheopspyramide	44
4.3.2.6	Das Sonnenheiligtum des Niuserre	45
4.3.2.7	Die Pyramiden des Mittleren Reiches	45
4.3.2.8	Zusammenfassung: Verwendung von Rampen beim Bau des Pyramidenkörpers	46
4.3.3	Steintransport auf der geraden und schrägen Ebene	47
4.3.4	Transport von Leitern mittels Scheibenrädern	53
4.4	Vermessungstechnik	53
4.5	Mathematische Kenntnisse	58

5.	Archäologische Befunde an Pyramiden	59
5.1	Die Entwicklung der Bauweise von Pyramiden	59
5.1.1	Schichtpyramiden	59
5.1.1.1	Die Pyramide des Djoser	59
5.1.1.2	Die Pyramide des Sechemchet	62
5.1.1.3	Die Pyramide des Chaba	63
5.1.1.4	Die kleinen Schichtpyramiden des Alten Reiches	64
5.1.1.5	Die Pyramiden des Snofru	64
5.1.1.5.1	Meidum	65
5.1.1.5.2	Knickpyramide	66
5.1.2	Stufenpyramiden	70
5.1.2.1	Die Rote Pyramide	70
5.1.2.2	Die Cheopspyramide	72
5.1.2.3	Die Pyramide des Djedefre	80
5.1.2.4	Die Pyramide des Chephren	81
5.1.2.5.	Die Pyramide des Bicheris (Nebka)	83
5.1.2.6	Die Pyramide des Mykerinos (Menkaure)	84
5.1.2.7	Die Mastaba el-Faraun des Schepseskaf	88
5.1.2.8	Die Pyramide des Userkaf	89
5.1.2.9	Die Pyramide des Sahure	89
5.1.2.10	Die Pyramide des Neferirkare	90
5.1.2.11	Die unvollendete Pyramide des Schepseskare	92
5.1.2.12	Die unvollendete Pyramide des Neferefre (Raneferef)	92
5.1.2.13	Die Pyramide des Niuserre	93
5.1.2.15	Die Pyramide des Menkauhor	94
5.1.2.15	Die Pyramide des Djedkare Asosi	94
5.1.2.16	Die Pyramide des Unas	95
5.1.2.17	Die Pyramide Lepsius XXIV	95
5.1.2.18	Die Pyramiden der 6. Dynastie	96
5.1.3	Die Pyramiden der Ersten Zwischenzeit und des Mittleren Reiches	97
5.1.3.1	Die Pyramide Amenemhets I.	98
5.1.3.2	Die Pyramide Sesostris' I.	99
5.1.3.3	Die Pyramide Amenemhets II.	99
5.1.3.4	Die Pyramide Sesostris' II.	99
5.1.3.5	Die Pyramide Sesostris' III.	100
5.1.3.6	Die Pyramiden Amenemhets III.	100
5.1.3.6.1	Die Pyramide Amenemhets III. in Dahschur	100
5.1.3.6.2	Die Pyramide Amenemhets III. in Hawara	100
5.2	Zusammenfassung: Archäologische Befunde und Entwicklung der Bautechniken im Alten Reich	101
5.3	Der Wechsel von der Schicht- zur Stufenbauweise der Pyramide im Alten Reich	105
5.4	Die Weiterentwicklung der Pyramidenbauweise im Mittleren Reich	109
6.	Bauzeiten der Pyramiden	112
7.	Analyse und Bewertung der bisher bekannt gewordenen Bauhypothesen	119
7.1	Historische Beschreibungen des Pyramidenbaus	119

7.1.1	Herodot	119
7.1.2	Diodor	121
7.1.3	Plinius	121
7.2	Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau	121
7.3	Bauhypothesen unter Verwendung senkrecht auf die Pyramide zulaufender Rampen	122
7.3.1	Überlegungen zum Problem des Pyramidenbaus nach Arnold	122
7.3.2	Vorschlag von Stadelmann für ein Rampensystem	124
7.3.3	Vorschlag von Lauer für eine Rampenkonstruktion	127
7.3.4	Vorschlag von Borchardt für eine Rampenkonstruktion	128
7.3.5	Vorschlag von Lattermann für eine Rampe	129
7.4	Bauhypothesen unter Verwendung entlang der Pyramidenseiten geführter Rampen	131
7.4.1	Umlaufende Ziegelrampe nach Goyon	131
7.4.2	Rampensystem nach Lehner	133
7.4.3	Integralrampe nach Klemm und Klemm	135
7.4.4	Vorschlag von Graefe	138
7.4.5	Umlaufende Rampe nach Hampikian	142
7.4.6	Vorschlag von Hölscher	144
7.4.7	Kombination einer senkrecht auf die Pyramide zulaufenden Rampe und einer Integralrampe (Innenrampe) nach Houdin	144
7.5	Hypothesen für den Einsatz von Hebegeräten bzw. Zugeinrichtungen	150
7.5.1	Vorschlag von Isler zum Pyramidenbau mittels Hebeln	150
7.5.2	Vorschlag für eine Hebeeinrichtung nach Croon	151
7.5.3	Vorschlag von Löhner für den Bau der Pyramide mit Seilrollenböcken	154
7.5.4	Vorschlag von dos Santos für den Einsatz eines Spills	157
7.5.5	Vorschlag von Riedl für eine Hebebühne mit Seilwinde und Holmen	158
7.5.6	Der Schrägaufzug nach Abitz	160
7.5.7	Hebezeug-Paternoster nach Munt	164
7.5.8	Schrägaufzug nach Dorka	165
7.5.9	Vorschlag von Pitlik für eine Förderrampe	166
7.5.10	Hebeanlage nach Bormann	168
7.5.11	Vorschlag eines rollenden Steintransportes nach Parry	169
7.5.12	Bauvorschlag von Keyssner mittels Umbauung (Montagemantel) und Zugeinrichtung	173
7.6	Zusammenfassung: Bewertung der Bauvorschläge für Pyramiden entsprechend den Kapiteln 7.3 bis 7.5	175
8.	Eine neue Hypothese für den Bau der Pyramiden: „Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden“	179
8.1	Baudaten der Pyramide des Mykerinos	180
8.2	Die einzelnen Bauabschnitte	184
8.2.1	Bau des Kernmauerwerks	184
8.2.2	Anbringen des Verkleidungsmauerwerks	191
8.2.3	Berechnung der Transportleistungen und der Bauzeit der Pyramide	193

8.2.3.1	Berechnung der Bauzeit für das Kernmauerwerk	194
8.2.3.2	Berechnung der Bauzeit für das Verkleidungsmauerwerk, die Außenverkleidung und die Arbeitsplattform	195
8.2.3.3	Bauzeit für die Pyramide des Mykerinos	197
8.3	Eine vergleichende Betrachtung mit den Bauzeiten der Roten Pyramide und der Cheopspyramide	198
8.3.1	Berechnung der Bauzeit der Roten Pyramide	198
8.3.2	Berechnung der Bauzeit der Cheopspyramide	201
8.4	Ausblick auf weitere Pyramiden des Alten Reiches	207
9.	Zusammenfassung und Ergebnisse	208
10.	Quellenverzeichnis und Abkürzungen	210
10.1	Quellenverzeichnis Text	210
10.2	Quellenverzeichnis Abbildungen	220
10.3	Verzeichnis der Abkürzungen	223
	Lebenslauf	224

7. Analyse und Bewertung der bisher bekannt gewordenen Bauhypothesen

Im Rahmen dieser Arbeit werden die so genannten mystischen und pseudowissenschaftlichen Ideen und Vorschläge für den Pyramidenbau, mit denen sich Lauer ausgiebig auseinandersetzt,⁶⁰⁴ nicht berücksichtigt. Auch die „Zuwachsttheorie“ von Lepsius,⁶⁰⁵ wonach in Abhängigkeit der Lebensdauer des Königs nacheinander Schalen um einen Kern (Obelisk) gelegt worden und so die Pyramiden entstanden seien, wird nicht näher betrachtet. Gleiches gilt für die kürzlich vorgelegte Arbeit von Barsoum, in der – wie schon von Davidovits in den 80er Jahren – versucht wird, den Beweis zu führen, dass die Kalksteinblöcke der Pyramiden in Gisa nicht aus Steinbrüchen stammen, sondern vor Ort als eine Art Beton gegossen worden sein sollen.⁶⁰⁶

7.1 Historische Beschreibungen des Pyramidenbaus

Immer wieder wird dabei u.a. auch auf die Beschreibung des Pyramidenbaus von Herodot und seine „Maschinen“ sowie auf die Schilderungen von Diodorus Siculus zum Pyramidenbau Bezug genommen.

7.1.1 Herodot

Die älteste, heute bekannte Beschreibung des Pyramidenbaus stammt aus der Feder von Herodot, der im 5. Jahrhundert vor Christus Ägypten besuchte und seine diesbezüglichen Informationen von Priestern erhielt, die ihrerseits von Ereignissen, die mehr als 2000 Jahre zurücklagen, berichteten.⁶⁰⁷

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Herodot sicherlich als allgemein interessierter Besucher aber keineswegs als Ingenieur die Schilderungen verfolgt haben dürfte. Für die Bauweise der Pyramiden sind dennoch die Aussagen einiger Textstellen von Interesse.⁶⁰⁸

- (124)⁶⁰⁹ ... „So wurde das Volk bedrückt, und es dauerte 10 Jahre, ehe nur die Straße gebaut war, auf der die Steine einhergeschleift wurden ... Denn die Straße ist ... aus geglätteten Steinen hergestellt, in die Tiergestalten⁶¹⁰ eingemeißelt waren ...“⁶¹¹
- (125) „... An der Pyramide selber wurde zwanzig Jahre gebaut Sie besteht aus geglätteten, aufs Genaueste ineinander gefügten Steinen ...“.
- (126) „Bei ihrem Bau verfuhr man folgendermaßen:
Zunächst ist sie stufenförmig, treppenförmig⁶¹² oder wie man es nennen will, gebaut worden; die zur Ausfüllung des Treppendreiecks bestimmten Steine wurden mittels eines kurzen Holzgerüsts hinaufgewunden. So hoben sie sie von der Erde auf den ersten Treppenabsatz; dort legten sie sie auf ein anderes Gerüst, durch das sie auf den

⁶⁰⁴ Lauer, Geheimnis.

⁶⁰⁵ Lepsius, Bau.

⁶⁰⁶ Barsoum, Große Pyramide.

⁶⁰⁷ Herodot, zweites Buch, Kapitel 124–126 Bau der Cheopspyramide; 127 Pyramide des Chephren; 134 Pyramide des Mykerinos.

⁶⁰⁸ Übersetzung nach Horneffer, Herodot, S.153–154.

⁶⁰⁹ In den Ziffern 124–126 wird der Bau der Cheopspyramide beschrieben.

⁶¹⁰ Stein, Herodot, S.138; danach sind die in die Steinplatten geschliffenen Zeichen Hieroglyphen; v. Bissing vermutet, dass es sich dabei um Graffiti späterer Besucher handelt (Bissing, Diodor, S.12).

⁶¹¹ Lloyd weist darauf hin, dass es unklar ist, ob der Aufweg zur Cheopspyramide bedeckt (wie bei den Pyramiden des Chephren und des Unas) oder nach oben offen war (wie bei Snofru). Ebenso sei es unmöglich festzustellen, wo die von Herodot genannten verzierten Reliefs angeordnet waren. Lloyd vermutet, dass sich Herodot irrt und dass er eine Baurampe zum Transport der Steine meint (Lloyd, Herodot, S.65).

⁶¹² Nach Stein, Herodot: „...stufenförmig, in Absätzen...“

zweiten Treppenabsatz hinaufgewunden wurden. Soviel Stufen, soviel solcher Hebevorrichtungen waren vorhanden, falls diese Hebevorrichtungen nicht so leicht tragbar waren, dass man ein und dieselbe von Stufe zu Stufe hob, nachdem man den betreffenden Stein herabgenommen hatte.⁶¹³ Mir ist nämlich beides erzählt worden, weshalb ich beides anführe.⁶¹⁴

So wurde zuerst die Spitze fertig gestellt, dann abwärts bis schließlich zu den untersten Stufen herab ...“

- (127) „... Chephren ... baute auch eine Pyramide, die aber nicht so groß ist ... Die unterste Schicht baute er aus buntem Aithiopischen Stein⁶¹⁵ ...“
- (134) „Er⁶¹⁶ hinterließ eine viel kleinere Pyramide als sein Vater... Auch sie ist viereckig und bis zur Hälfte aus Aithiopischem Stein...“

Diese Schilderung legt folgende Vermutungen bzw. Schlussfolgerungen zumindest für den Bau der Cheopspyramide nahe:

- Zur Verringerung der Gleitreibung bestanden die Oberflächen der Transport- und Bau- rampen zumindest teilweise aus geglättetem Kalkstein.
- Die innere Baustruktur der Pyramide wies Stufen bzw. Absätze auf.
- Der Materialtransport erfolgte von Stufe zu Stufe, indem die Steine mittels eines Holzgerüsts hochgewunden wurden.

Auf Grund der archäologischen Befunde (siehe Kapitel 4 „Bautechnik im Alten Reich“) kann darunter eine Zugeinrichtung mit Walze (Spill, Seilwinde) verstanden werden, mit der die Steine über parallel zur Pyramidenseite angeordnete Rampen hochgezogen wurden. Auf diese Weise hätten nicht nur die Steine zum Ausfüllen der Stufen- bzw. Treppenabsätze, sondern auch diejenigen für das Kernmauerwerk nach oben transportiert werden können. Nähere Ausführungen zu dieser Möglichkeit des Steintransports finden sich in Kapitel 8 „Eine neue Hypothese für den Bau der Pyramiden: Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden“.

- Die Fertigstellung der Außenverkleidung erfolgte von der Spitze zur Basis der Pyramide.
- Die mit 20 Jahren angegebene Bauzeit der Cheopspyramide stimmt mit den an anderer Stelle vorgelegten Berechnungen in etwa überein.

Der Bericht Herodots stellt sich – wie in Kapitel 8 eingehend erläutert wird – als sehr übereinstimmend mit den archäologischen Befunden dar – wenn man von den Ungenauigkeiten seiner Maßangaben absieht.

⁶¹³ Dieser Absatz des Berichtes des Herodot gibt immer wieder Anlass zu den unterschiedlichsten Interpretationen über das beim Bau der Cheopspyramide angewandte Bauverfahren.

Lloyd vertritt in diesem Zusammenhang die Auffassung, dass die einzig bekannte Baumethode in der Verwendung von senkrecht auf die Pyramide zulaufenden Rampen zum Transport von Steinen auf Schlitten bestehe. Dieses Verfahren sei beim Bau der Großen Pyramide perfekt entwickelt worden (Lloyd, Herodot, S.68). Andere Interpretationen der Aussagen Herodots, mit dem „Gerüst“ könnten auch Wippen oder Rollen gemeint sein, seien inakzeptabel. Diese könnten nicht als Hebeeinrichtungen verstanden werden.

Lloyd vertritt weiterhin die Auffassung, dass die Schilderung Herodots, es seien Hebevorrichtungen aus kurzen Hölzern verwendet worden, von dem seit dem 6. Jh. v.Ch. im griechischen Raum erfolgten Einsatz von kranartigen Hebevorrichtungen beeinflusst sei.

⁶¹⁴ v. Bissing, Diodor, S.14, bezweifelt die gewöhnliche Erklärung (Wiedemann, Diodor; Perrot-Chipiez I, S.525; Lepsius, Bau), wonach es sich um kleine, aber feste Holzgerüste gehandelt habe, an denen sich oben eine Rolle befand.

⁶¹⁵ Schwarzer Granit aus Assuan (Lloyd, Herodot, S.75).

⁶¹⁶ Gemeint ist Mykerinos.

7.1.2 Diodor

Diodor⁶¹⁷ schildert in seinen Reisebeschreibungen, Buch I, Kapitel 63, 2 ff.,⁶¹⁸ dass den Ägyptern im AR keine Maschinen (Hebegeräte) zur Verfügung gestanden hätten. Die Steine habe man mittels schräger Erddämme transportiert.⁶¹⁹ Diese Dämme – so die Erläuterungen einiger der ägyptischen Gesprächspartner von Diodor – hätten aus Salz und Salpeter bestanden und seien später durch das Nilwasser aufgelöst worden. v. Bissing deutet die entsprechende Textpassage in der Weise, dass offensichtlich nur eine unklare Vorstellung von der Schädlichkeit der in der Erde enthaltenen Salze, zumal wenn die Erde feucht werde, bestanden habe.⁶²⁰

7.1.3 Plinius

Plinius spricht ebenfalls von Terrassen, die mit Hilfe eines sich auflösenden Materials hergestellt worden seien.⁶²¹

„Ein schwieriges Problem ist, herauszubringen, wie die Baustoffe auf eine so große Höhe getragen wurden. Den einen zufolge errichtete man Salpeter- und Salzhaufen in dem Maße, wie der Bau vorankam, und als er beendet war, ließ man sie durch Heranführen von Nilwasser sich auflösen. Anderen zufolge errichtete man Brücken aus irdenen Ziegeln, die man nach Vollendung des Bauwerks zwischen die Häuser der Privatleute verteilte, denn, so sagen sie, der Nil konnte nicht dorthin geleitet werden, da er tiefer lag“.

Ein Umfangsmantel (Baurampe) aus Lehmziegeln wäre nach Beendigung der Bauarbeiten (inneres Bauwerk und Verkleidung) leicht abbaubar gewesen. Die Ziegel könnten über viele Jahrhunderte hinweg von selbst zerfallen bzw. als Düngemittel verwendet worden sein. Beim Abbau dieser Baurampe von der Pyramidenspitze bis zur Basis wäre dann gleichzeitig die Glättung der in Bosse stehen gebliebenen Steine der äußeren Verkleidungsschicht erfolgt.

7.2 Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau

In die folgende Analyse werden die Hypothesen einbezogen, die sich konkret mit Fragen und Vorschlägen des Pyramidenbaus befassen. Für deren Bewertung und Akzeptanz sollen verschiedene Prämissen gelten, die jeweils zu erfüllen sind:

- Es dürfen nur Werkzeuge, Transport- und Bauverfahren zugrunde gelegt bzw. berücksichtigt werden, die den archäologischen Befunden aus der Zeit des AR entsprechen.
- Die archäologischen Befunde an den Pyramidenbauten des AR sind zu berücksichtigen.
- Die vorgeschlagenen Bauhypothesen müssen die Errichtung der kompletten Pyramide einschließlich Aufsetzen des Pyramidions und Glättung der Außenverkleidung ermöglichen.
- Die Vorlage einer Berechnung der sich aufgrund der Bauhypothese ergebenden Bauzeit für die betrachtete Pyramide ist für eine Bewertung unerlässlich.

⁶¹⁷ Diodorus von Agyrion (Sizilien) verfasste in 40 Büchern eine Beschreibung der Weltgeschichte, die z.T. noch erhalten ist. Er besuchte vermutlich etwa um 20 v. Chr. Ägypten. Näheres bei Pauly, RE. Weitere Quellenangaben siehe LÄ I, S.1095/96 und Goyon, Cheopspyramide, S.173.

⁶¹⁸ Bissing, Diodor, S.17.

⁶¹⁹ Damit sind vermutlich Rampen gemeint.

⁶²⁰ Bissing, Diodor, S.22.

⁶²¹ Plinius, 36, 17 (12), Übersetzung Littré (Quelle nach Goyon, Cheopspyramide, S.173).

- Bau- und sicherheitstechnische Aspekte für den Bau und die Glättung der Außenverkleidung sind zu berücksichtigen.
- Die vorgeschlagenen Bauhypothesen müssen regelmäßig durchzuführende Messungen am Baukörper während der Bauzeit ermöglichen.

Erfüllt eine Bauhypothese vorstehend aufgeführte Prämissen nur zum Teil oder überhaupt nicht, besitzt sie keine Beweiskraft und sollte in der künftigen ägyptologischen wissenschaftlichen Diskussion nicht weiter in Betracht gezogen werden.

Die bisher bekannt gewordenen Hypothesen für den Bau der Pyramiden im AR können grob in **drei Kategorien** eingeteilt werden:

- **Hypothesen mit senkrecht auf die Pyramide zuführenden Rampen**
- **Hypothesen mit entlang der Pyramidenseiten geführten Rampen**
- **Einsatz von Hebe geräten bzw. Zugeinrichtungen**

Die wichtigsten Hypothesen werden im Folgenden nach dieser Klassifizierung beschrieben, analysiert und bewertet. Bei der Entwicklung der Bauhypothesen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeichnet sich die Tendenz ab, durch entsprechende Bauvorschläge den Materialaufwand für Rampen zu minimieren.

Die vorgelegten Hypothesen beziehen sich fast ausschließlich auf den Bau der größten Pyramide, der Cheopspyramide. Es ist mit Blick auf die archäologischen Belege auszuschließen, dass sich während eines Zeitraumes von 400 Jahren (3. bis 6. Dynastie) mit insgesamt ca. 25 großen Pyramidenbauwerken die Bauverfahren – mit Ausnahme des Wechsels vom Prinzip der Schicht- zur Stufenpyramide unter Snofru – grundsätzlich geändert haben. Offensichtlich hat es nur kontinuierliche Weiterentwicklungen gegeben. Hypothesen für den Bau der Cheopspyramide müssen daher auch für andere Pyramiden im AR gelten.

7.3 Bauhypothesen unter Verwendung senkrecht auf die Pyramide zulaufender Rampen

7.3.1 Überlegungen zum Problem des Pyramidenbaus nach Arnold

Arnold veröffentlichte 1981 seine Überlegungen zum Problem des Pyramidenbaues.⁶²² Ausgehend von der Überzeugung, dass längere, senkrecht auf die Pyramide zuführende Rampen aus verschiedenen bautechnischen Gründen nicht möglich sind, schlägt er für den Bau der Cheopspyramide eine Rampe vor, die z.T. in einer Schneise im Kernmauerwerk verläuft. Auf diese Weise könnten Steine bis in eine Höhe von etwa 35 m bei einer Steigung von 8° bis 10° transportiert werden (Abb. 7.3.1.A). Für den Transport in eine Höhe von 60–65 m soll dann eine Außenrampe (Abb. 7.3.1.B) mit einer Länge von 100–150 m vorgesehen werden. Für den Bau der Cheopspyramide ist eine derartige Konstruktion mit Blick auf die Größe und das Gewicht der Steine für die Grabkammern in jedem Fall anzunehmen sein. Durch eine Kehrtwendung der Rampe um 180 Grad (Abb. 7.3.1.C) wäre es dann möglich, eine Höhe von ca. 90 m zu erreichen. Die weiteren Baumaßnahmen beschreibt Arnold als „schwierig“ – insbesondere das Aufsetzen des Pyramidions:

„Wie die ägyptischen Bauleute sich behalfen, lässt sich nicht mehr erschließen. Dass es ihnen jedoch gelang, das Problem zu lösen, demonstrieren die Beispiele der Cheops- und der Chephrenpyramide“.

⁶²² Arnold, Pyramidenbau.

Vielleicht wurde – so Arnold weiter – für die restlichen Arbeiten eine treppenförmige Konstruktion gebaut (Abb. 7.3.1.D).

„Wie man die Steine hochhob, ist nicht bekannt“.

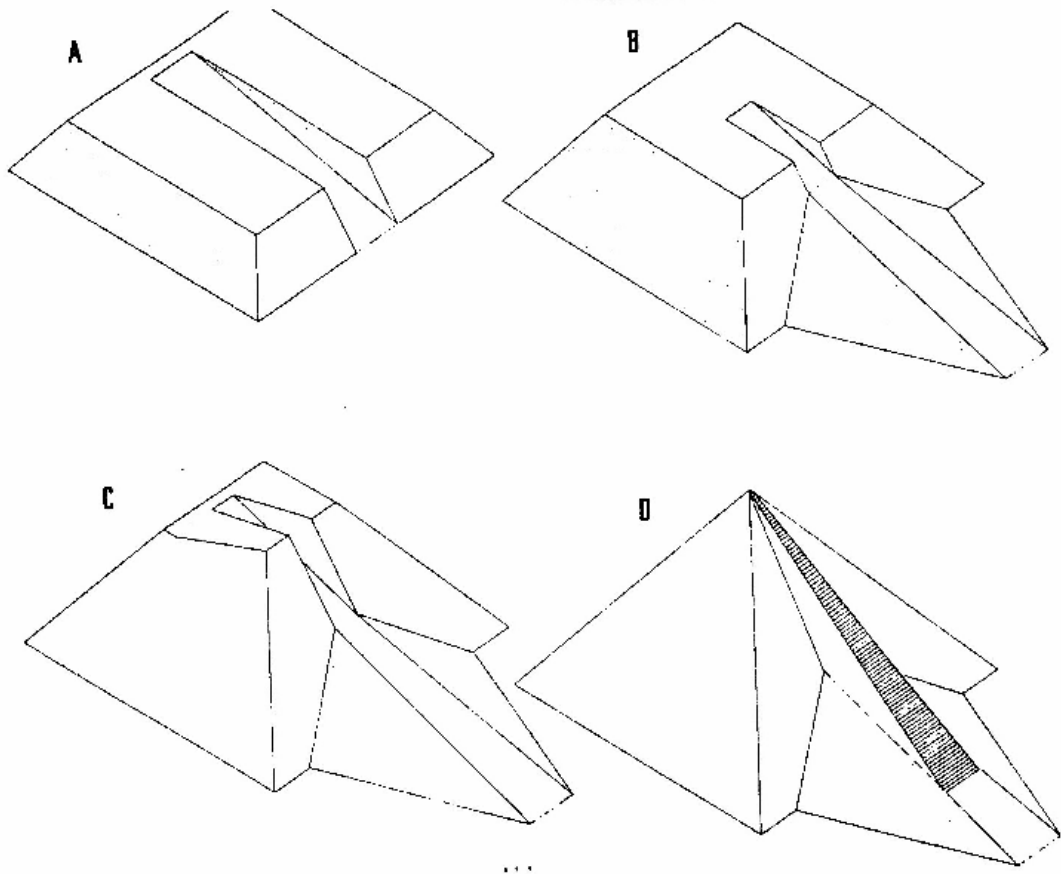


Abb. 7.3.1 Vorschlag von Arnold für den Bau der Cheopspyramide

Der Bau der äußeren Verkleidungsschicht bzw. der Außenverkleidung sei stets gleichzeitig mit der Errichtung des Kernmauerwerks vorgenommen worden. Im Anschluss daran soll dann die Glättung der Außenverkleidung von oben nach unten erfolgt sein.

Der Haupteinwand gegen den von Arnold zur Diskussion gestellten Vorschlag betrifft einmal die komplizierte Bauweise der „mitwachsenden“ Rampen unterschiedlicher Steigung, die durch die ständig erforderlichen Erhöhungen und Anpassungen der Basisbreite zu regelmäßigen Unterbrechungen der eigentlichen Bauarbeiten führen mussten, und zum anderen Schwierigkeiten mit dem gleichzeitigen Bau der inneren Gänge und Kammern, die sich in der Pyramidenmitte befanden. Darüber hinaus legt Arnold keinen Lösungsvorschlag für den Bau der Pyramidenspitze vor. Hauptargument gegen die von Arnold vorgeschlagene Bauweise ist jedoch, dass der Bau der Außenverkleidung der Pyramide und das Glätten der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung ohne eine äußere Baurampe aus bau- und sicherheitstechnischen Gründen nicht vorstellbar sind. Wie sollen denn das Zuschneiden der Steine der Außenverkleidung am Ort der Verlegung und das spätere Glätten von oben nach unten ohne ein Baugerüst oder eine Umbauung vorgenommen worden sein?

Arnolds Hypothese bietet auch keine Erklärung, warum das Kernmauerwerk – wie archäologisch belegt ist – in Stufen und nicht in einzelnen Schichten errichtet wurde. Archäologische Befunde für die vorgeschlagene Bauweise sind bei den Pyramiden der 3. und 4. Dynastie nicht bekannt. Wie die Stufenbauweise bei der Pyramide des Mykerinos zeigt, ist das Gegenteil der Fall.

Eine Berechnung der möglichen Transportkapazität der Rampen und der Bauzeit der Pyramide wurde von Arnold nicht vorgelegt.

Arnolds Diskussionsvorschlag für den Bau der Pyramiden, den er kürzlich anhand der Pyramide von Sesostri I. in Lischt wiederholte,⁶²³ erscheint insgesamt für nicht schlüssig. Einige der im Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Prämissen werden nicht erfüllt.

7.3.2 Vorschlag von Stadelmann für ein Rampensystem

Stadelmann veröffentlichte 1990 einen revidierten Vorschlag für die Errichtung der Pyramiden mittels einer Kombination verschiedener Rampen.⁶²⁴ Er geht dabei von seinen Ausgrabungen in Dahschur (Rote Pyramide) aus, bei denen Rampenspuren gefunden wurden (Abb. 4.3.2.4). Diese gehören nach Stadelmann zu einer Vielzahl kleinerer Rampen, über die bis zu einer Höhe von 15–20 m von drei bzw. vier Seiten der Pyramide gleichzeitig der Materialtransport erfolgte (Abb. 7.3.2.1). Dies kann nach Stadelmann auch eine Erklärung dafür sein, dass die unteren 15 m der Roten Pyramide in nur 2–3 Jahren gebaut werden konnten. Ab einer Höhe von 20 m waren die kleinen Rampen zu steil für einen Transport mittels Ochsengespannen. Für den weiteren Bau soll dann eine größere Rampe entlang einer Seite der Pyramide errichtet worden sein (Abb. 7.3.2.1 und 7.3.2.2).

Stadelmann vermutet ferner, dass ab etwa 20 m Höhe die Bauweise nicht mehr in horizontal verlegten Steinschichten, sondern in einzelnen Stufen – wie bei der Pyramide des Mykerinos sichtbar – bestand. Ab einer bestimmten Höhe – bei der Cheopspyramide vermutlich ab 120 m – könnte die Rampe nicht weiter erhöht werden. Die restlichen Bauarbeiten sollen daher nach anderen Verfahren ausgeführt worden sein. Stadelmann verweist in diesem Zusammenhang auf den Vorschlag von Arnold (Abschnitt 7.3.1) und (in einer späteren Veröffentlichung) auf den von Hampikian⁶²⁵ (Abschnitt 7.4.5).

Auch für den Bauvorschlag von Stadelmann gilt, dass er sehr kompliziert ist und in sich keine klare einheitliche Linie aufweist. Er entspricht nicht der einfachen und in sich einheitlichen Bauweise, die im AR Anwendung fand. Darüber hinaus ist aus bautechnischer Sicht zu bezweifeln, ob eine Vielzahl derartiger Rampen mit einer so schmalen Basis eine ausreichende statische Sicherheit für den Transport schwerer Steine bieten könnte. Darüber hinaus müssen die Rampen ständig erhöht und ihre Basis angepasst werden, was zu regelmäßigen Bauunterbrechungen führt. Ein Wechsel der Bauweise waagrecht verlegter Steinlagen zu einer Stufenform erscheint inkonsequent und sehr unwahrscheinlich.

Im unteren Bereich der Pyramide kann eine zeitgleiche Verbauung von Kern- und Verkleidungsmaterial erfolgen. Wie der Bau der Außenverkleidung des oberen Teils vorgenommen werden soll, bleibt weitgehend offen. Der Bau der Außenverkleidung der Pyramide und das Glätten der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung sind ohne eine Art Baugerüst

⁶²³ Arnold, Pyramiden, S.347.

⁶²⁴ Stadelmann, Große Pyramiden, S.266ff.

⁶²⁵ Stadelmann, Pyramiden, S.224ff.

(äußere Baurampe) aus bau- und sicherheitstechnischen Gründen nicht vorstellbar.

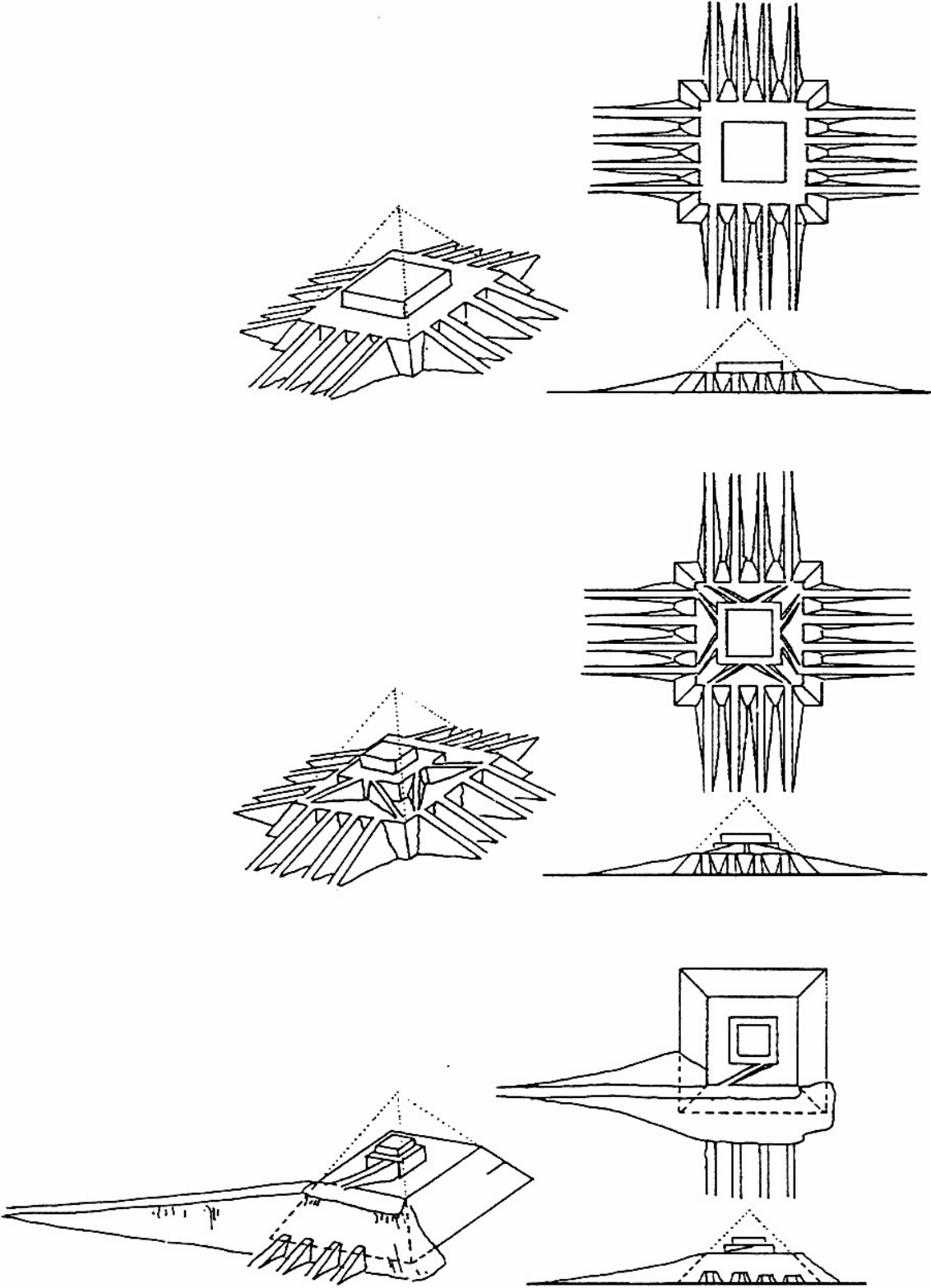


Abb. 7.3.2.1 Vorschlag Stadelmann für den Bau des unteren Teils der Pyramide

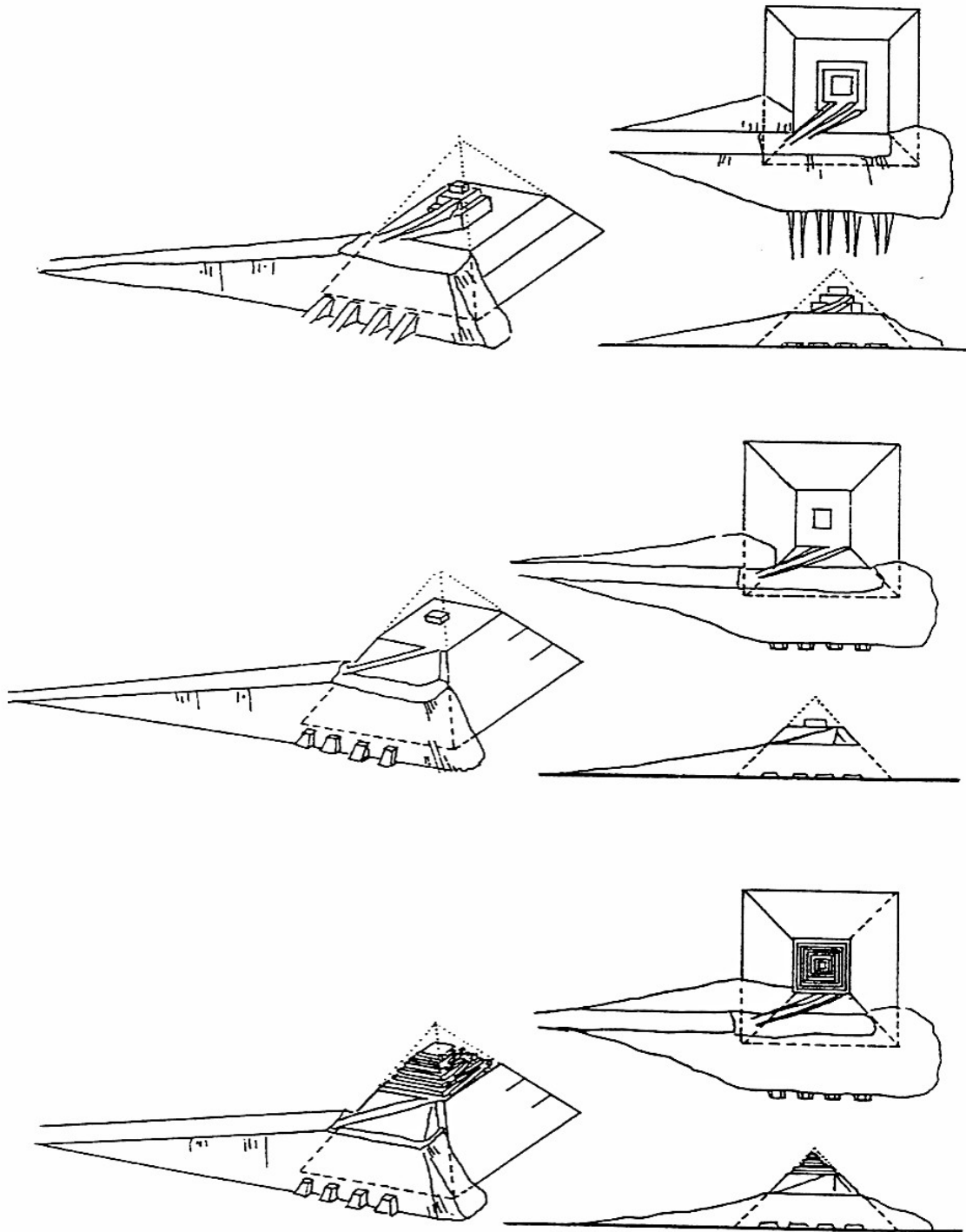


Abb. 7.3.2.2 Vorschlag Stadelmann für den oberen Teil der Pyramide

Berechnungen der Transportkapazität der Rampen und zur Bauzeit der Pyramide werden nicht vorgelegt. Archäologische Befunde von derart großen Baurampen gibt es bei den Pyramiden des AR nicht. Der Vorschlag von Stadelmann erscheint daher nicht schlüssig. Einige der in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Prämissen werden nicht erfüllt.

7.3.3 Vorschlag von Lauer für eine Rampenkonstruktion

1989 veröffentlichte Lauer seinen anlässlich des V. Internationalen Ägyptologenkongresses 1988 in Kairo zur Diskussion gestellten Vorschlag für eine Rampenkonstruktion zum Pyramidenbau am Beispiel der Cheopspyramide, dem ein bereits früher veröffentlichter Vorschlag zugrunde lag:⁶²⁶

Darin wird eine konstruktiv einfach zu errichtende Rampe vorgesehen, deren Basisbreite mit knapp 160 m von Beginn an auf die spätere endgültige Höhe ausgelegt ist, sodass mit zunehmender Höhe der Rampe nur deren Höhe, aber nicht die jeweilige Böschung angepasst werden muss (Abb. 7.3.3.1). Die Länge der Rampe beträgt ca. 375 m, sodass sich bei der Höhe der Cheopspyramide eine maximale Steigung von 0,39 m pro Meter ergibt.⁶²⁷ Die Steigung zum Transport der Granitblöcke der obersten Entlastungskammer beträgt etwa 10°. Für den Bau der letzten 7 m der Pyramidenspitze schlägt Lauer die Errichtung einer Plattform aus Lehmziegeln vor.

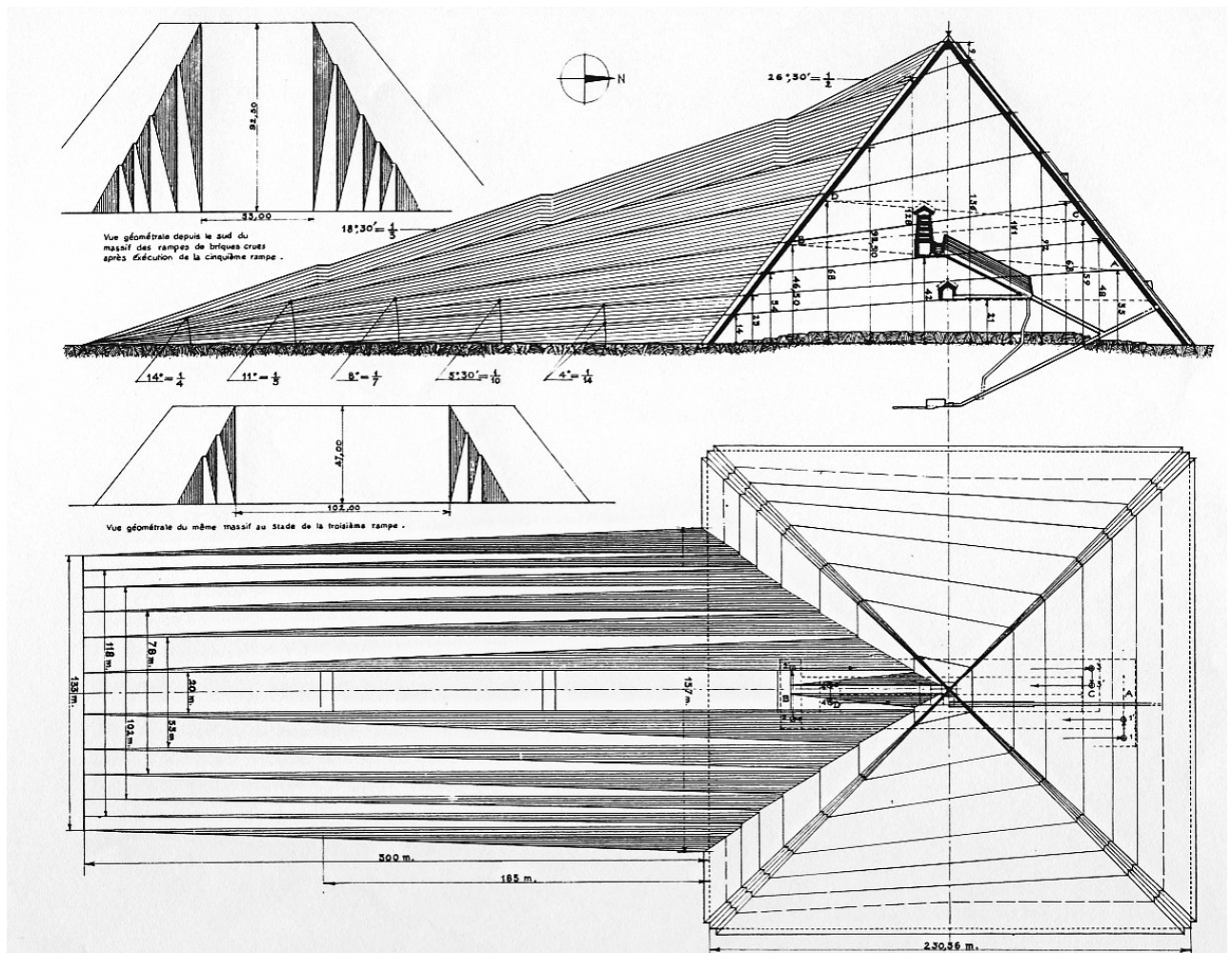


Abb. 7.3.3.1 Lauer's Vorschlag für eine Rampenkonstruktion

Als Argument gegen die Hypothese von Lauer wird in der Fachliteratur immer wieder angeführt, dass es keinerlei Spuren des Baumaterials bzw. umfangreichen Abraumes der Rampe gibt. Lauer selbst äußert sich auch nicht zu der Frage, auf welcher Seite der Cheopspyramide

⁶²⁶ Lauer, Pyramidenbau.

⁶²⁷ Goyon, Cheopspyramide, S.60.

die Rampe hätte angeordnet sein können.⁶²⁸ Weiterhin hätte die Rampe in regelmäßigen Abständen über ihre gesamte Länge hinweg erhöht (aufgeschüttet) werden müssen, was zu Bauunterbrechungen oder zumindest Engpässen beim Transport geführt haben müsste. Darüber hinaus passen die einzelnen Höhen der Rampe kaum mit den Schichthöhen des Kernmauerwerks zusammen, sodass über die Bauweise (Stufen oder Schichten) nicht geurteilt werden kann. Hinzu kommt, dass das Volumen der Rampe etwa knapp zwei Fünftel der Baumasse der gesamten Pyramide betragen hätte. Reste derartiger Rampen wurden nirgends gefunden.

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 für das vorgeschlagene Rampensystem und der Bauzeit der Pyramide wird ebenfalls nicht vorgelegt. Auf die Bedenken Goyons und anderer Ägyptologen zur Hypothese von Lauer zum Pyramidenbau wird hingewiesen. Einige der in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ aufgeführten Prämissen werden nicht erfüllt.

7.3.4 Vorschlag von Borchardt für eine Rampenkonstruktion

Im Rahmen seiner Untersuchungen der Pyramide in Meidum entdeckte Borchardt auch verschiedene Ziegelrampen und entwickelte daraus seine Idee für die Errichtung der Pyramiden.⁶²⁹ Aufgrund der gefundenen Rampenreste meinte er, daraus eine Rampe rekonstruieren zu können (Abb. 7.3.4). Wie schon in Kapitel 4.3.2.3 „Die Pyramide des Snofru in Meidum“ dargelegt, können diese Rampen teilweise dem Pyramidenbau gedient haben. Es spricht jedoch vieles – vor allem die notwendigerweise sehr große Länge der Rampe – gegen eine derartige Bauweise, wie auch Maragioglio und Rinaldi sowie Arnold bemerken. Auch Goyon äußert sich sehr skeptisch.⁶³⁰

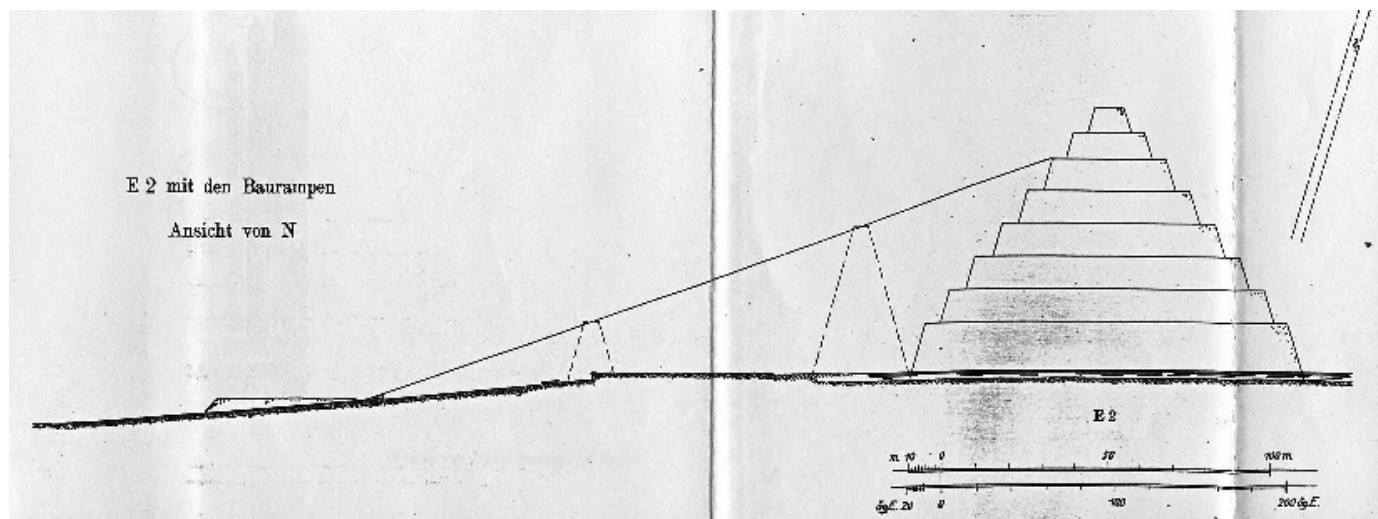


Abb. 7.3.4 Vorschlag einer Rampe nach Borchardt

⁶²⁸ Die Ost- und Westseite kommen wegen der dort befindlichen Friedhöfe wohl kaum infrage; die Südseite fällt zu den Steinbrüchen hin sehr stark ab und eine Rampe auf der Nordseite hätte den Eingang zur Pyramide verdeckt.

⁶²⁹ Borchardt, Pyramide.

⁶³⁰ Goyon, Cheops pyramide, S.55ff.

Aus bautechnischer Sicht kann die von Borchardt vorgeschlagene Rampe mit derart steilen Flanken aus Ziegelmaterial keineswegs errichtet worden sein. Es erscheint dagegen sehr wahrscheinlich, dass die gefundenen Reste von Ziegelpyramiden nur dem Materialtransport zur Pyramide und nicht zu deren unmittelbaren Errichtung gedient haben. Auch die in diesem Zusammenhang von Croon angestellten Kapazitätsberechnungen sind nicht schlüssig und gehen von zu vielen Annahmen aus, für die es kaum Anhaltspunkte gibt.⁶³¹

7.3.5 Vorschlag von Lattermann für eine Rampe

Lattermann hat sich Ende der neunziger Jahre intensiv unter besonderer Berücksichtigung bautechnischer Aspekte mit einer Baumöglichkeit für die Cheopspyramide beschäftigt⁶³² und dazu auch einen Beitrag veröffentlicht⁶³³. Neben einer Beschreibung der Räumlichkeiten der Pyramide befasst er sich eingehend mit der Zugleistung von Menschen und Rindern und dem Materialtransport von den Steinbrüchen zur Baustelle. Schwerpunkt seiner Veröffentlichung ist jedoch seine Hypothese für die Errichtung der Cheopspyramide mittels einer breiten, senkrecht von Westen her auf die Pyramide zulaufenden Rampe als

„...einfachste, logischste, technisch sinnvollste und vor allem einzige Lösung, die einen kontinuierlichen Transport ohne Bauunterbrechung gewährleistet...“

Darüber hinaus schlägt Lattermann vor, die Rampe nur bis zu einer Höhe von 100 m anzulegen, da das Bauvolumen für die restlichen knapp 50 m nur noch 3,2 % der gesamten Baumas- se beträgt (siehe Abb. 6.1). Bis zu dieser Höhe steigt der Neigungswinkel der 500 m langen Rampe (Basislänge) bis 10° (Steigungsverhältnis 1:6) an (Abb. 7.3.5.1).

Längsschnitt der Pyramidenrampe

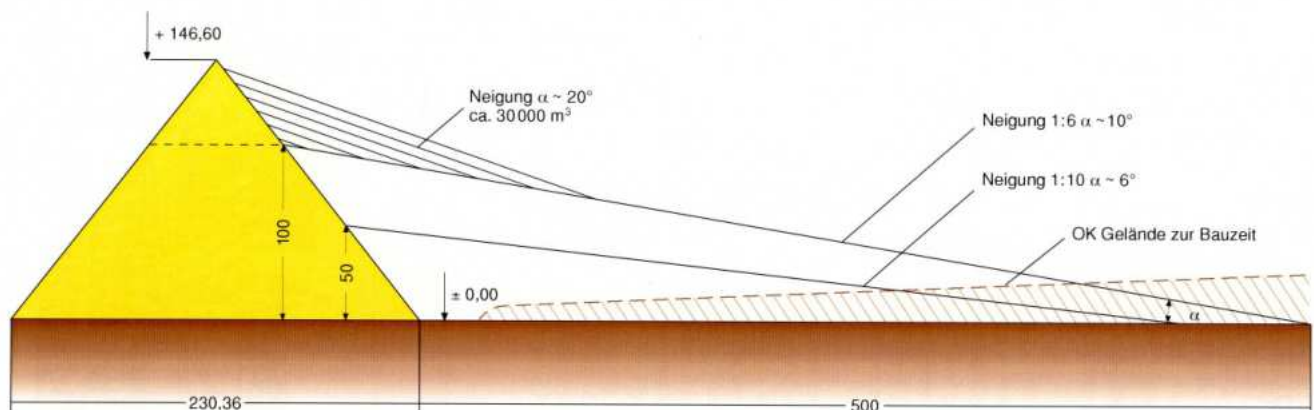


Abb. 7.3.5.1 Rampenbau nach Lattermann am Beispiel der Cheopspyramide

Nach Lattermann ist der entscheidende Vorteil seiner Rampenhypothese die Gewährleistung eines kontinuierlichen Baubetriebes, da die Rampe ständig erhöht wird, sodass die lagenweise

⁶³¹ Borchardt, Pyramide, S.26–31.

⁶³² Lattermann, Pyramidenbau.

⁶³³ Lattermann, Cheopspyramide.

Errichtung der Pyramide kontinuierlich erfolgen kann. Jeweils die Hälfte der Breite der Rampe dient dem Transport, während die andere Hälfte gleichzeitig um zwei Steinlagen erhöht wird und umgekehrt (Abb. 7.3.5.2). Das Volumen dieser Baurampe liegt nach Lattermann mit 3,0 bis 3,4 Mio. m³ weit über dem Gesamtvolumen der Pyramide mit 2,6 Mio. m³.

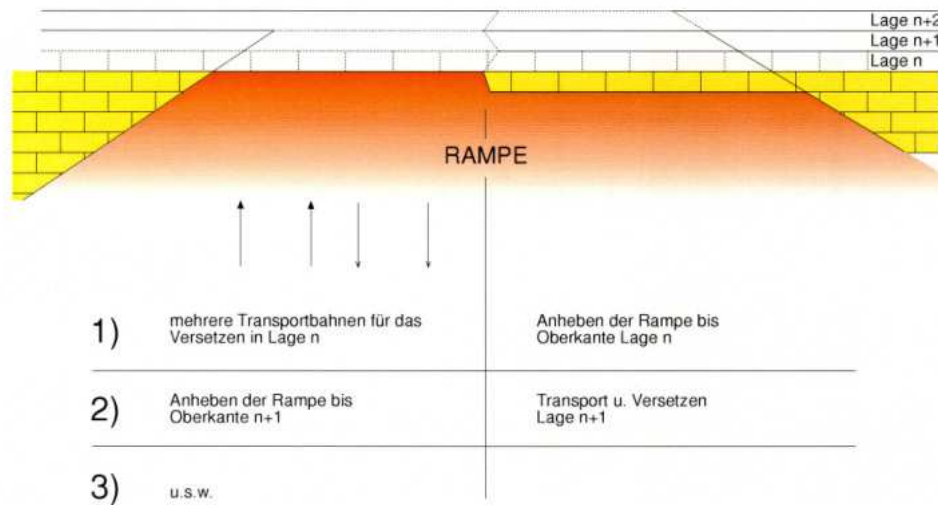


Abb. 7.3.5.2 Vorschlag von Lattermann für eine kontinuierliche Erhöhung der Rampe ohne Bauunterbrechung

Für die Erstellung gibt er einen Bedarf von 1500 Arbeitern an. Ab der Höhe von 100 m könne der Steintransport dann auf einer steileren Rampe mit menschlicher Arbeitskraft erfolgen. Für die letzten 20–25 m bis zur Pyramidenspitze bietet Lattermann keine Lösung an; es

„... seien besondere zusätzliche Maßnahmen erforderlich gewesen...“

Eine Hypothese, die für den kompletten Bau der Cheopspyramide einschließlich deren Spitze keine in sich schlüssige Lösung anbietet, kann nicht akzeptiert werden. Hinzu kommt, dass nirgends in der Umgebung der Pyramiden in Giza derart große Stein- oder Schuttmengen gefunden wurden, wie sie dem Volumen der von Lattermann vorgeschlagenen Rampe entsprechen.⁶³⁴ Außerdem spricht die bei vielen Pyramiden des AR archäologisch nachgewiesene Stufenbauweise des Kernmauerwerks gegen die Hypothese einer schichtweisen Steinverlegung. 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 bzw. äußere Umbauung aus bau- und sicherheitstechnischen Gründen nicht vorstellbar.

Eine Berechnung der Transportkapazität der vorgeschlagenen Rampe und der Bauzeit der Pyramide wird nicht vorgelegt.⁶³⁵ Die von Lattermann an der Westseite der Pyramide vorgesehene Rampe mit einer Länge von 500 m verläuft darüber hinaus mitten im Westfriedhof der Cheopspyramide (Gräbergruppe G 4000), der ursprünglich etwa 150 m von ihr entfernt begann und in wesentlichen Teilen – zumindest im westlichen Bereich – während der zweiten Hälfte der Regierungszeit des Cheops angelegt wurde.⁶³⁶ Aus diesen Gründen und mit Blick auf die Nichteinhaltung einiger der im Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Prämissen erscheint daher auch die Hypothese von Lattermann nicht schlüssig.

⁶³⁴ Klemm und Klemm, Steinbruch.

⁶³⁵ In einem persönlichen Gespräch am 26.07.2007 teilte H. Lattermann mit, dass nach seinen Berechnungen die Bauzeit der Cheopspyramide 14 Jahre betrage. Diese Berechnungen lege er aber nicht vor.

⁶³⁶ Haase, Cheops, S.90 ff.

7.4 Bauhypothesen unter Verwendung entlang der Pyramidenseiten geführter Rampen

7.4.1 Umlaufende Ziegelrampe nach Goyon

Goyon hat in verschiedenen Veröffentlichungen seine Hypothese von der Errichtung einer umlaufenden Ziegelrampe für den Bau der Cheopspyramide dargelegt.⁶³⁷ Nach seinen Stabilitätsberechnungen geht er von einer Breite der Ziegelrampe von durchschnittlich 17 m aus (Abb. 7.4.1.1).

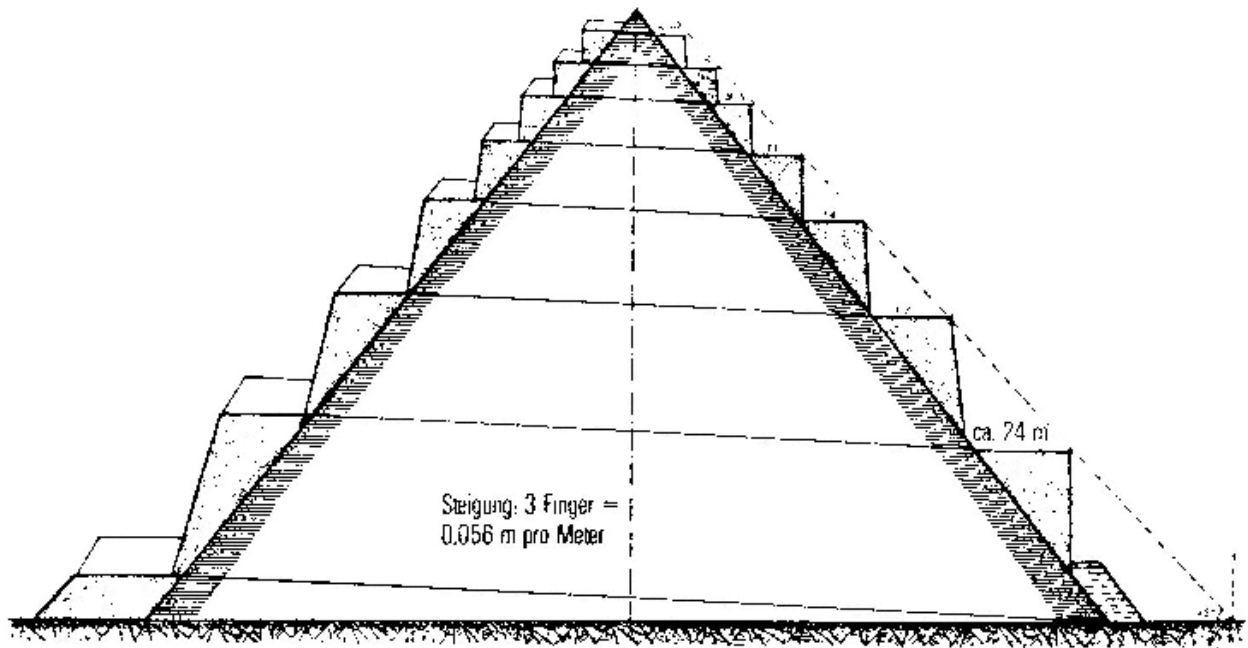


Abb. 7.4.1.1 Vorschlag Goyon für eine umlaufende Rampe

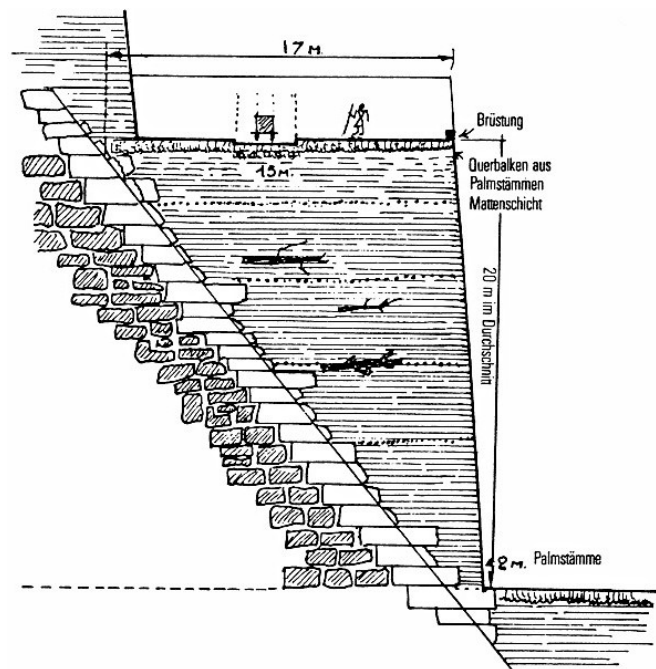


Abb. 7.4.1.2 Prinzip einer umlaufenden Rampe nach Goyon (Schnitt)

⁶³⁷ Goyon, Cheopspyramide.

Die Pyramide einschließlich ihrer Verkleidung wuchs nach Goyon's Vorstellungen mit der Ziegelrampe gemeinsam in die Höhe und wurde von dieser vollkommen eingehüllt. Die in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung bieten für die Ziegelrampe entsprechenden Halt. Die Bauweise beschreibt Goyon in einer Zeichnung (Abb. 7.4.1.2). Die Steigung der Rampe entspricht mit 0,056 m pro Meter Rampenlänge etwa einem Höhenunterschied von ein oder zwei Schichthöhen. Das Aufsetzen des Pyramidions ist bei einer derartigen Rampenkonstruktion ohne weiteres möglich.

Zur genauen Vermessung und damit zur Einhaltung der Neigung der Pyramidenaußenseiten schlägt Goyon einen senkrechten Schacht in der Mitte der Pyramide vor, in dem ein Lot angebracht war, welches so auch in oberen Schichten stets die Achse der Pyramide anzeigen soll. Als Begründung führt er an, dass die immer wieder genannte Vermessung der Außenseiten mittels Schnüren dafür nicht geeignet ist. Diesem Argument kann entgegen gehalten werden, dass die exakte Vermessung der Basis der Cheopspyramide trotz des bis zu 8–10 m hohen Felskerns mit einer Messungsgenauigkeit von wenigen cm (weniger als ein Hundertstel ‰ der Länge) erfolgte.

Arnold merkt an,⁶³⁸ dass bei keiner Pyramide ein derartiger Schacht gefunden wurde und dass ein solcher bei der Cheopspyramide auch mit der Lage und Anordnung der Innenräume kollidieren würde. Arnold weist weiter darauf hin, dass – für den Fall eines vorzeitigen Todes des Königs – der Nordeingang frei zugänglich sein musste und dass diese Tatsache auch gegen eine umlaufende Rampe spricht.

Goyon geht bei seiner Bauhypothese von einer schichtweisen Verlegung der Steine aus und negiert damit die Stufenbauweise des Kernmauerwerks, die bei vielen Pyramiden des AR archäologisch nachgewiesen ist. Unklar ist auch, wie die Steinblöcke um die Ecken der Ziegelrampe hätten gezogen werden können. Eine Berechnung der Transportkapazität für das vorgeschlagene Rampensystem und die Bauzeit der Pyramide wird ebenfalls nicht vorgelegt.

Graefe weist auf eine Berechnung der Bauzeit der Cheopspyramide nach der Bauhypothese von Goyon durch Henri Paul aus dem Jahr 1987 hin, wonach diese 43 Jahre betragen habe.⁶³⁹ Der Grund für diese lange Bauzeit liegt wahrscheinlich in der zu geringen Transportkapazität einer spiralförmig angelegten Rampe. In diesem Zusammenhang wird auf eine Darstellung in der Veröffentlichung von Goyon verwiesen,⁶⁴⁰ aus der die geringe Transportkapazität ersichtlich ist.

Ein Vorteil des Vorschlages von Goyon liegt darin, dass mit der umhüllenden Ziegelrampe für den Bau der Außenverkleidung und für das spätere Glätten der in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung eine Arbeitsplattform bestand.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Hypothese für die Errichtung der Pyramiden nach Goyon mit der außerhalb der Pyramidenaußenfläche angebrachten Rampe aus Lehmziegeln als Transport- und Arbeitsrampe einen sehr innovativen Denkansatz bietet. Allerdings hat eine spiralförmig angelegte Rampe eine zu geringe Transportkapazität und das Problem des Transports großformatiger Steine an den Ecken ist nicht gelöst. Goyon negiert auch die stufenförmige Bauweise des Kernmauerwerks. Der Bau der Pyramiden nach der Hypothese von Goyon kann so nicht erfolgt sein.

⁶³⁸ Arnold, Pyramidenbau.

⁶³⁹ Graefe, Pyramidenbau [11].

⁶⁴⁰ Goyon, Cheopspyramide, S.146, Abb.86.

7.4.2 Rampensystem nach Lehner

Lehner veröffentlichte 1985 seinen Vorschlag für die Errichtung der Pyramiden am Beispiel der Cheopspyramide mit einem Rampensystem, welches aus senkrecht auf zwei Ecken der Pyramide zulaufenden Rampen und einer umlaufenden Rampe besteht.⁶⁴¹ Dabei bezieht er aufgrund umfangreicher Untersuchungen die topographische Situation um die Cheopspyramide mit ein und schließt längere senkrecht auf die West-, Nord- und Ostseite zulaufende Rampen aus. Mit Blick auf die Lage der Steinbrüche sei von zwei – wie auch immer konstruierten – Rampen südlich und östlich auszugehen. Dabei führt die von Süden kommende Rampe auf die SW-Ecke zu und die von Osten herkommende Rampe verläuft parallel zur Südseite der Pyramide.⁶⁴²

Die von Süden kommende Rampe (Abb.7.4.2.1 A) beginnt im großen Steinbruch südlich der Pyramide und verläuft bei einer Länge von 320 m und einer Steigung von ca. 6° bis in eine Höhe von 30 m über dem Nullniveau der Pyramide oberhalb der SW-Ecke und trifft dort die von Osten herkommende Rampe, welche an den kleineren Steinbruch südlich der Ostecke der Pyramide anschließt.

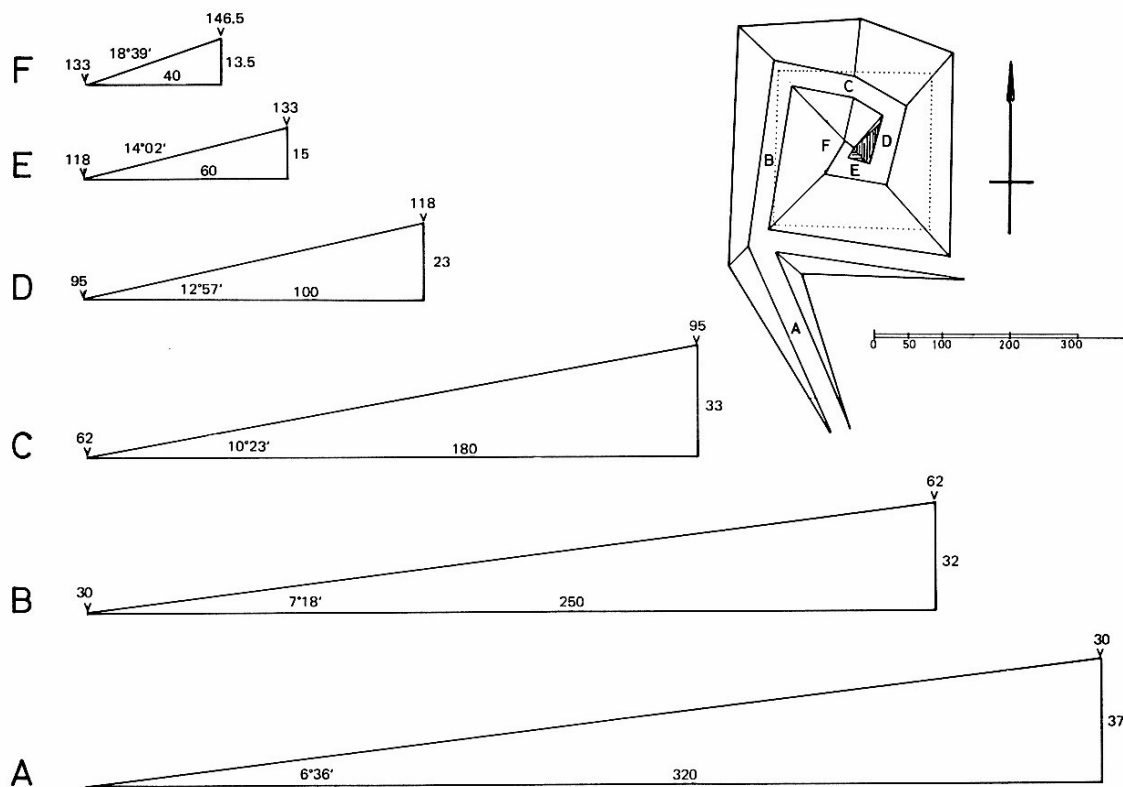


Abb. 7.4.2.1 Rampenmodell für den Bau der Cheopspyramide nach Lehner

Von dort aus sollen nacheinander mehrere Rampen (Abb. 7.4.2.1 B bis F) im Uhrzeigersinn um die Pyramide herum geführt worden sein. Die Rampe B erreicht eine Höhe von 62 m, die Rampe C 95 m, die Rampe D 118 m, die Rampe E 133 m und die Rampe F die Pyramidenhöhe von 146,5 m. Zur Verdeutlichung stellt Lehner vier Schnitte mit der Errichtung der einzelnen Rampen dar (Abb. 7.4.2.2.).

⁶⁴¹ Lehner, Cheops Project.

⁶⁴² Lehner, Cheops Project, S.127.

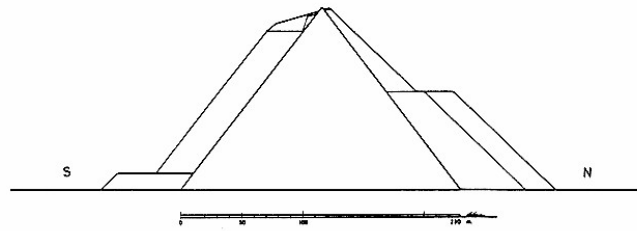


Fig. 6 A. Pyramid and accretion construction ramp in cross-section on the N-S axis of the pyramid.

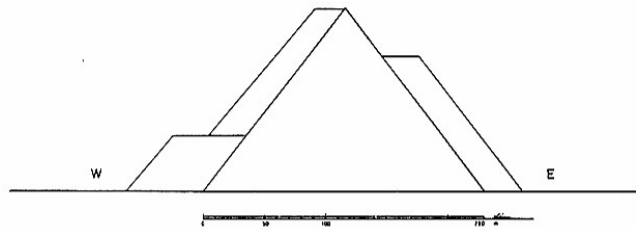


Fig. 6 B. Pyramid and accretion construction ramp in cross-section on the E-W axis of the pyramid.

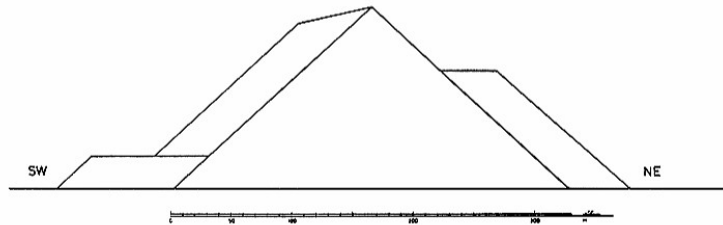


Fig. 7 A. Pyramid and accretion construction ramp in cross-section of the NE-SW diagonal of the pyramid.

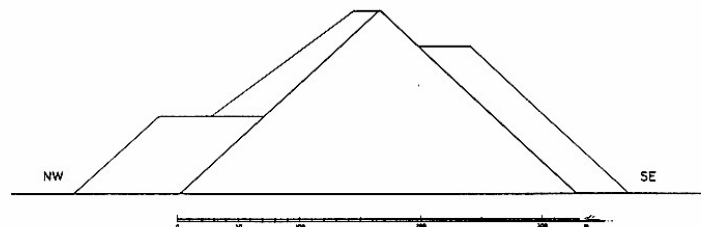


Fig. 7 B. Pyramid and accretion construction ramp in cross-section on the NW-SE diagonal of the pyramid.

Abb. 7.4.2.2 Rampenanordnung nach Lehner

Nach seinem Modell wird die Pyramide – ähnlich wie beim Vorschlag von Goyon – fast vollständig von den spiralförmig umlaufenden Rampen eingehüllt. Die Frage nach dem Einhalten der Maße für Rücksprung bzw. Neigung stellt sich in gleicher Weise; der ständige Zugang zum Pyramideneingang von der Nordseite her wäre ebenfalls nicht möglich gewesen. Nachteilig war auch die stets notwendige Erhöhung und Verbreiterung der Rampen A und B entsprechend Baufortschritt bis in eine Höhe von 32 bzw. 37 m, was zu regelmäßigen Beeinträchtigungen der Transporte und damit der Bautätigkeiten führt. Etwa 60–65 % der gesamten Baumasse sind nach diesem Vorschlag bis zum Erreichen dieser Höhen verbaut worden (siehe Abb. 6.1). Die weiteren Rampen sollten entsprechend dem Baufortschritt jeweils verlängert werden. Nicht klar beschrieben sind auch die Arbeiten an der Pyramidenspitze. Aufgrund umfangreicher Untersuchungen zeigt Lehner, dass die beiden Rampen (A und die vom Osten her an der Südseite der Pyramide verlaufende) in ihrer Grundrichtung zumindest als Baurampen für den Steintransport zum Pyramidenplateau angenommen werden müssen.

Eine Berechnung bzw. Abschätzung der über das Rampensystem zu transportierenden Steinmassen bzw. der Transportkapazität und der Bauzeit der Pyramide wird von Lehner nicht vorgelegt. Im Gegensatz zu der Hypothese Goyon's stellt die spiralförmig umlaufende Rampe wegen der größeren Abmessungen eine erhöhte Transportkapazität dar. Ein Vorteil der Rampenkonstruktion nach Lehner liegt in der umlaufenden „Baurampe“, über die eine einfache und bautechnisch sichere Montage der Außenverkleidung und das spätere Glätten der in Bosse stehenden Schicht von oben nach unten ermöglicht wird.

Der Bauvorschlag von Lehner scheint aber zu sehr „konstruiert“ zu sein und nicht den Bauprodukten der Pyramidenbaumeister im AR zu entsprechen. Er stimmt auch nicht mit dem Bauverfahren, wie es mit den Kernmauerwerkstufen der Pyramiden im AR Anwendung fand, überein. Wozu hätten nach dem Bauvorschlag von Lehner einzelne Stufen des Kernmauerwerks – wie bei der Cheopspyramide und der Pyramide des Mykerinos archäologisch nachgewiesen – errichtet werden sollen, wenn sich bei den vorgeschlagenen Rampen doch eine Schichtbauweise als geeigneter angeboten hätte? Lehner selbst ist sich der Probleme seines Vorschlages bewusst und sagt, dass auch seine Idee die bei Goyon's Hypothese angemerkteten Probleme nicht besser löse.

Haase ermittelt unter Zugrundelegung der Abmessungen der umlaufenden Rampe nach Lehner die notwendige Arbeiterzahl zum Transport der Steine in die 28. und 36. Steinlage.⁶⁴³ Aufgrund der dabei getroffenen Festlegungen berechnet Keyssner eine reine Bauzeit zwischen 47 und 59 Jahren.⁶⁴⁴

7.4.3 Integralrampe nach Klemm und Klemm

Klemm und Klemm stellten 1998 als Beitrag zum Pyramidenbau „Die Integralrampe als Konstruktionselement großer Pyramiden“ zur Diskussion.⁶⁴⁵ Ausgehend von der Tatsache, dass Rampenkonstruktionen bereits im AR ein verbreitetes technisches Hilfsmittel darstellen, schlagen Klemm und Klemm als Konstruktionsprinzip zwei an Pyramidenecken (SW- und NO-Ecke) gegenüberliegend beginnende und in die Pyramidenaußenflächen integrierte Rampen gleicher Umlaufrichtung vor (Abb. 7.4.3.1 und 7.4.3.2).

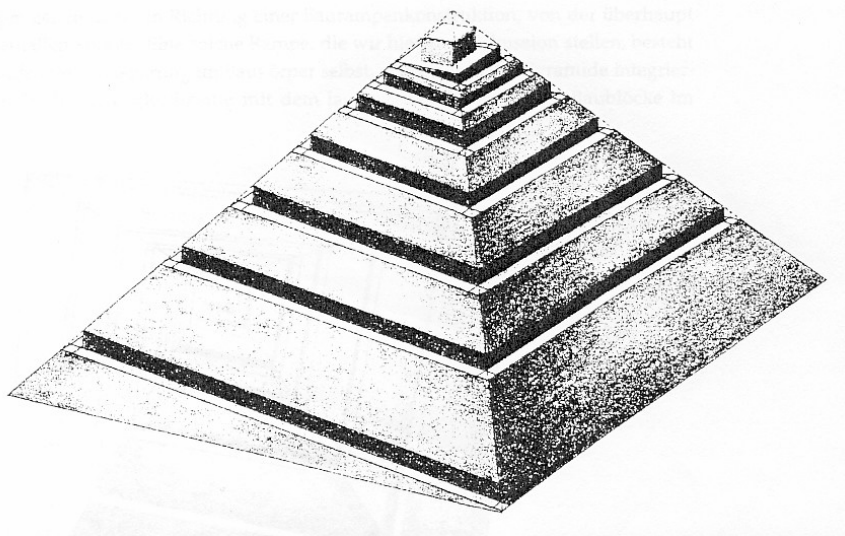


Abb. 7.4.3.1 Rampenmodell nach Klemm und Klemm

⁶⁴³ Haase, Cheops, S.28–29.

⁶⁴⁴ Keyssner, Baustelle Gisa, S.21.

⁶⁴⁵ Klemm und Klemm, Integralrampe.

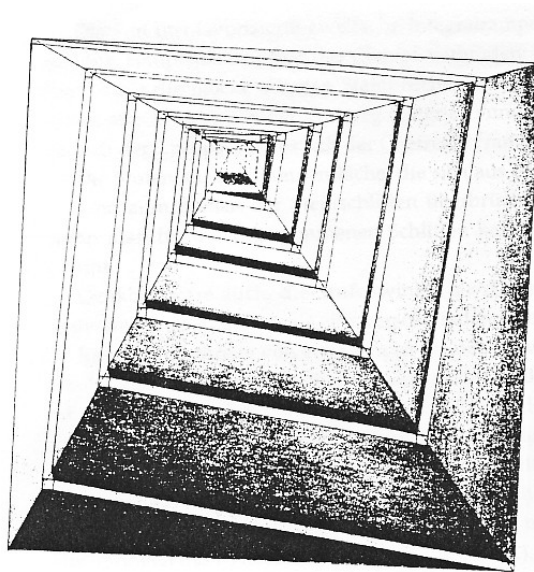


Abb. 7.4.3.2 Rampenmodell nach Klemm und Klemm (Draufsicht)

Dort können dann auch die jeweiligen Baurampen aus den Steinbrüchen (SW: Südlich der Cheopspyramide und östlich der Chephrenpyramide gelegene Steinbrüche; NO: Steinbrüche am Osthang des Plateaus) enden. Die Rampen haben einen Anstiegswinkel von 6° , der einer Rampenneigung von ca. 10 % entspricht. Die Breite der Rampen wird mit 4 m – in einem späteren Beitrag⁶⁴⁶ mit 5 m – angegeben; die daraus resultierende Einschnittshöhe in der Außenfläche der Pyramide beträgt ca. 5–6 m. Ein nach dem Bau übrig bleibender Abfall von Rampenmaterial entsteht bei diesem Vorschlag nicht. Zwei unabhängig voneinander nutzbare integrierte Rampen ermöglichen es nach Klemm und Klemm, Auf- und Abwärtsverkehr ohne gegenseitige Behinderung zu organisieren. Der Transport der Steine soll offensichtlich mit Ochsengespannen und Zugmannschaften erfolgen (Abb. 7.4.3.3).

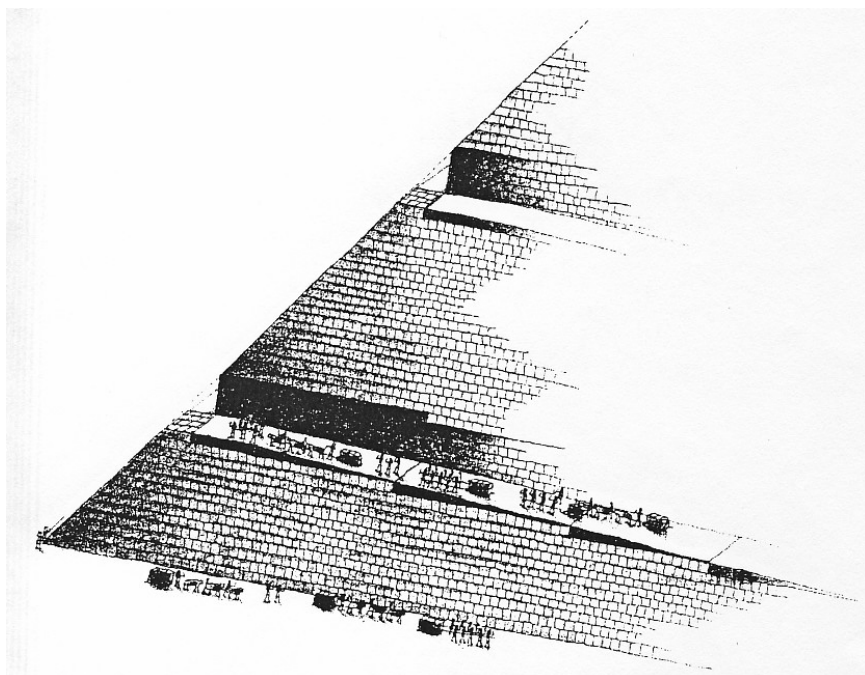


Abb. 7.4.3.3 Transport der Steine nach dem Vorschlag einer Integralrampe

⁶⁴⁶ Klemm und Klemm, Steinbruch.

Das Prinzip der Integralrampe nach Klemm und Klemm gestattet das auch gleichzeitige Verbauen des Verkleidungsmauerwerks und der Außenverkleidung von unten nach oben. Bauunterbrechungen durch Erhöhungen der Rampen etc. gibt es nicht. Die schmalen Rampen führten nur zu geringen Einschnitten in den fertig gestellten Baukörper und sollen so für die Vermessung der Flanken (Rücksprung) kein Problem darstellen.

Das Ausfüllen der einzelnen Stufen der Verkleidungsschicht mit einer durchschnittlichen Höhe von 1 m soll mit keilförmig aufgefülltem Schutt samt einer gleitfähigen Nilschlammabdeckung oder auch mit Bohlen erfolgt sein. Die Deckenbalken der Königskammer bzw. der Entlastungskammern der Cheopspyramide könnten auf mobilen Rollen (quer gelegten Rundhölzern) gezogen worden sein.

Eine Bewertung führt zu folgender Feststellung: Nachdem über die Bauweise der inneren Pyramidenstruktur keine Aussage getroffen wird, gehen Klemm und Klemm wahrscheinlich von einer schichtweisen Steinverlegung aus, die – wie bereits an anderer Stelle mehrfach erwähnt – archäologisch jedoch nicht nachweisbar ist. Problematisch erscheinen die relativ geringe Breite der Integralrampen für das Heraufziehen der Steine mit Ochsengespannen und der Transport um die Ecken der Integralrampe. Offen bleibt auch, wie das Schließen der Lücken der beiden Integralrampen von oben nach unten vorgenommen werden soll.

Nach einer Abschätzung beträgt bei einer Steigung von 10 % das Zuggewicht eines Steines mit einem durchschnittlichen Gewicht von 3 t⁶⁴⁷ mit Schlitten und Seilen (ca. 0,5 t) bei einer Gleitreibungszahl von 0,25 μ ⁶⁴⁸ ca. 1260 kp. Bei der von Lattermann angegebenen Zugleistung eines Ochsen in Höhe von ca. 500 kp können demnach ein Gespann bestehend aus drei Ochsen die Steine nach oben ziehen.⁶⁴⁹ Eine Zugmannschaft mit menschlicher Kraft erfordert etwa 25–30 Arbeiter. Allerdings müssten für die genannte Gleitreibungszahl viele weitere Arbeitskräfte die Integralrampe ständig mit Wasser feucht halten, was wiederum die Zugleistung der Tiere mit der Gefahr des Ausrutschens beeinflusst hätte. Problematisch wäre darüber hinaus der Transport der Deckenbalken der Entlastungskammern mit einem Gewicht bis zu 60 t durch eine Zugleistung von mindestens 30 Zugochsen bzw. ca. 300 Arbeitern. Berücksichtigt man noch die scharfen Ecken an den Kanten der Pyramide und die dadurch entstehenden Schwierigkeiten, die Lasten um die Ecke zu ziehen mit, werden die Schwächen des Modells der Integralrampen deutlich.

Für die Montage des Pyramidions mit einem Gewicht von ca. 2,5 t bieten Klemm und Klemm keine

„...dezidierten Vorschläge an. Das war auch nicht die Fragestellung unserer Arbeit.“

Dieses Problem soll mit geeigneten Hebewerkzeugen aus Holz bewältigt worden sein.⁶⁵⁰

Berechnungen der Transportkapazitäten und der Bauzeit wurden nicht vorgelegt. Das Prinzip der Hypothese für eine Integralrampe nach Klemm und Klemm bedingt, dass immer nur eine Rampenbahn für den Materialtransport zur Verfügung steht und die Bauzeit sich daraus errechnet.⁶⁵¹ Gerade im unteren Teil des Baukörpers mit der Masse der zu verbauenden Steine bildet nur ein Transportweg einen Engpass und führt zu einer Verlängerung der Bauzeit gegenüber mehreren Rampen im unteren Bereich der Pyramide. Vorteilhaft dagegen ist die

⁶⁴⁷ Entsprechend Abschnitt 8.3.2.

⁶⁴⁸ Holzschlitten auf nassem Untergrund entsprechend Abschnitt 4.3.1.

⁶⁴⁹ Lattermann, Pyramidenbau S.24 ff.

⁶⁵⁰ Sokar 5, S.40; Interview Haase mit Klemm und Klemm.

⁶⁵¹ Dieses Argument gilt natürlich auch für andere Vorschläge mit Rampen.

zweite, abwärts führende Integralrampe für den Rücktransport der Schlitten etc. Eine Abschätzung der Transportkapazität und der sich daraus ergebenden Bauzeit unter der Annahme einer Taktzeit von nur 5 Minuten⁶⁵² ergibt, dass nach dieser Hypothese für den reinen Bau der Cheopspyramide ca. 54 Jahre erforderlich waren.⁶⁵³

Unklar ist auch, wie die Lücken der Integralrampen geschlossen und die in Bosse stehenden Steine der Außenverkleidung anschließend von oben nach unten geglättet werden konnten. Ohne ein von außen angebrachtes „Gerüst“ erscheint dies nicht möglich.

Der Vorschlag von Klemm und Klemm, auf den kürzlich erneut hingewiesen wurde,⁶⁵⁴ erscheint mit Blick auf die genannten Bedenken und die Nichteinhaltung verschiedener Prämissen (Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“) in sich nicht schlüssig.

7.4.4 Vorschlag von Graefe

Graefe veröffentlichte unter Hinweis auf sein Manuskript zur Festschrift für Burkart Kienast (2001) seine Überlegungen zur Bauweise der Pyramiden mittels parallel zu den Stufen des Kernmauerwerks der Pyramide verlaufender Rampen. Die Ausführungen sind im Internet in aktualisierter Fassung abrufbar.⁶⁵⁵

Bei der Erarbeitung seines Vorschlages geht Graefe – wie bereits Hölscher, Landt sowie Klemm und Klemm und neuerdings Keyssner – von der zutreffenden Annahme aus, dass der Bau der Pyramiden ohne größeren Materialaufwand für Rampen, d.h. ohne senkrecht auf das Bauwerk zulaufende Rampen als Bauhilfsmittel erfolgt sein müsse. Weiterhin legt Graefe ebenfalls eine stufenförmige Bauweise des Kernmauerwerks zugrunde. Unter Berücksichtigung dieser Annahmen entwickelt er seinen Vorschlag, wonach parallel zu den Stufen des Kernmauerwerks stufenförmige Rampen – entweder im Zick-Zack-Verlauf oder umlaufend über alle Seiten der Pyramide – errichtet werden (Abb. 7.4.4.1). Der Transport von Steinblöcken soll dann durch Hochhebeln erfolgen (Abb. 7.4.4.2).

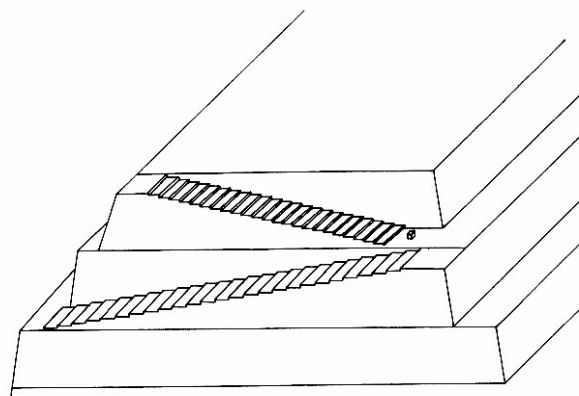


Abb. 7.4.4.1 Rampen mit Stufen nach Graefe

⁶⁵² Überlegungen anlässlich eines Gesprächs mit Prof. Klemm am 17.07.2007.

⁶⁵³ Entsprechend Kapitel 8.3 „Eine vergleichende Betrachtung mit den Bauzeiten der Roten Pyramide und der Cheopspyramide“ waren bei der Cheopspyramide durchschnittlich 2,14 Mio. Steinblöcke zu transportieren. Pro Jahr sind 39 600 Taktfolgen à 5 min (330 Tage à 10 Stunden à 12 Takte) möglich. Somit ergibt sich eine Bauzeit von 54 Jahren.

⁶⁵⁴ Klemm und Klemm, Stones.

⁶⁵⁵ Graefe (www.uni-muenster.de/Philologie/Iaek/PYR) und Graefe, Pyramidenbau.

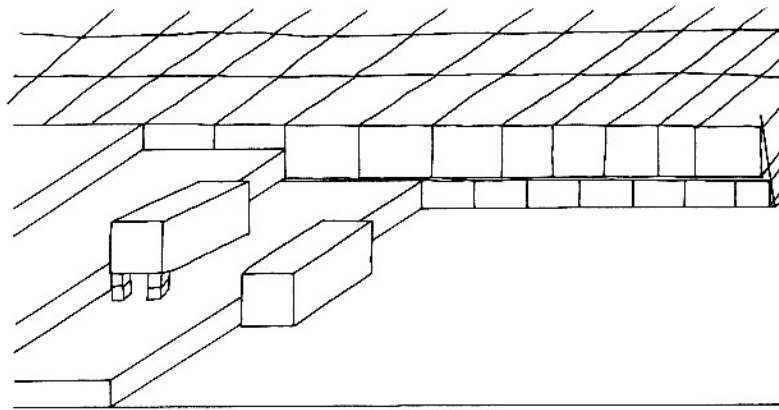


Abb. 7.4.4.2 Hochhebeln der Steine nach Graefe

Am Beispiel der Cheopspyramide erläutert Graefe seinen Vorschlag näher. Er nimmt dabei hypothetisch Kernstufen von 25 Ellen Höhe und eine Arbeitsbreite der Stufen von 14 Ellen an. Bei einer Bauhöhe von 225 Ellen beträgt die Seitenlänge der Treppen noch ca. 57 Ellen; auf diese Strecke werden die Steine um 25 Ellen (Kernmauerwerkstufenhöhe) gehoben. Dies entspricht einem Neigungswinkel von ca. 26° . Legt man eine auf allen vier Seiten umlaufende Rampe gleichmäßiger Steigung zugrunde, ist der Neigungswinkel der Rampe entsprechend geringer (0,11 Elle Höhe pro 1 Elle Wegstrecke).

Nachdem der Rücksprung des Kernmauerwerks mit dem Verhältnis von 25 zu 14 Ellen einen steileren Neigungswinkel besitzt als derjenige der Außenverkleidung, ragt die äußere Seite der Rampen ab einer gewissen Höhe seitlich über die Fluchtlinie der Verkleidung hinaus (Abb. 7.4.4.3).

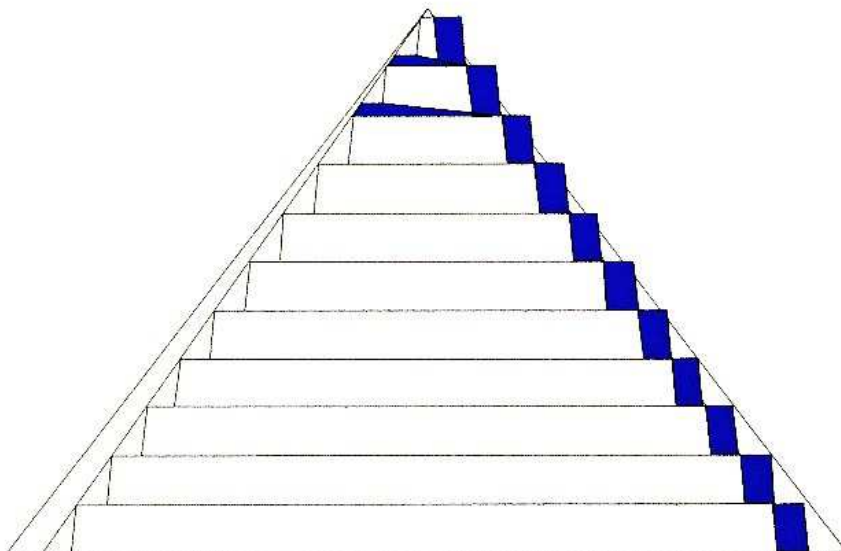


Abb. 7.4.4.3 Überbauung der oberen Stufen nach Graefe

Dieses überstehende Material muss später beim Bau des Verkleidungsmauerwerks, der äußeren Verkleidungsschicht und der Außenverkleidung abgetragen werden. Für den Bau der restlichen ca. 29 m bis zur Pyramidenspitze kann die Rampe mit der Neigung von ca. 26° nicht

mehr in der erforderlichen Länge errichtet werden. Graefe schlägt daher vor, eine Außentreppe nach Isler zu nutzen, die zusammen mit dem Bau des Verkleidungsmauerwerks und der äußeren Verkleidungsschicht aus feinem Kalkstein errichtet werden soll.

Im Einzelnen befasst sich Graefe mit den fünf von Brinks postulierten Determinanten für den Pyramidenbau.⁶⁵⁶ Er verweist auf die Überlegungen von Brinks, wonach die Basislänge des Fluchtwinkels des Kernmauerwerks stets ein Vielfaches von 50 bzw. 100 Ellen betrage. Im Gegensatz dazu weisen die Fertigmaße der Basiskante der Verkleidungen sehr oft „ungerade“ Werte auf:

„Gerade“ Maße für die Kernmauerwerksbasis sind im Gegensatz zu den Angaben von Brinks bei genauem Hinsehen lediglich bei den „Stufenpyramiden“

Knickpyramide	300 Ellen ⁶⁵⁷
Sahure	100 Ellen ⁶⁵⁸
Unas	100 Ellen ⁶⁵⁹

als gesichert und archäologisch belegt anzunehmen. Weitere Fälle sind möglich, aber archäologisch nicht nachgewiesen.

„Ungerade“ Maße für die Basiskanten (Fertigmaß der Außenverkleidung am Fuß der Pyramide, welches nicht mit dem 50 bzw. 100 Ellen Raster übereinstimmt) liegen z.B. bei folgenden Pyramiden vor:

Knickpyramide	360 (362) Ellen
Rote Pyramide	420 Ellen
Cheops	440 Ellen
Djedefre	210 (203) Ellen
Chephren	410 Ellen
Userkaf	140 Ellen
Unas	110 Ellen

Ein Maß bzw. eine Bauvorgabe könnte demnach – so Brinks und Graefe weiter – die Basislänge des Kernmauerwerks und eben nicht die Länge der Basiskante gewesen sein.

Der Aussage von Graefe, wonach sich die Fluchtlinien der Stufen des Kernmauerwerks in der Pyramidenspitze treffen „müssen“, kann nicht uneingeschränkt zugestimmt werden. Dafür gibt es auch keinen Grund. Eine Verlängerung der Verbindungslinie der drei (archäologisch nachgewiesenen) Stufenkanten bei der Pyramide des Mykerinos zeigt, dass dies nur in grober Annäherung der Fall ist.⁶⁶⁰

Der von Graefe aus den stets sehr genauen Unterlagen von Maragioglio und Rinaldi gemessene Fluchtwinkel der Stufen des Kernmauerwerks dieser Pyramide (Abb. 7.4.4.4) beträgt im Durchschnitt 54°30'. Der sich daraus für den Fluchtwinkel der Ecken der Stufen des Kernmauerwerks ergebende Winkel beträgt dann genau 45°. Dieser Wert gilt nach Brinks auch für andere, in dieser Beziehung archäologisch nachprüfbare Pyramiden (Meidum, Sahure und

⁶⁵⁶ Brinks, Pyramidenbau.

⁶⁵⁷ Dorner, Knickpyramide: Dorner berechnet die Basislänge der „inneren“ Pyramide mit 300 Ellen.

⁶⁵⁸ Basis des Kernmauerwerks im Abstand von 25 Ellen; Maragioglio VII, TAV.8, Fig.4.

⁶⁵⁹ Labrousse, Unas: Die Längen wurden aus den Zeichnungen der Bauaufnahme (Fig.38 und 42) ermittelt.

⁶⁶⁰ Maragioglio, Addenda VI, TAV.4, Fig.2 Schnitt S-N.

Neferirkare). Für den Bau bedeutet dies ein sehr einfach zu handhabendes Verfahren, die Ecken der Stufen des Kernmauerwerks festzulegen: Auf z.B. 15 Ellen Höhengewinn muss der Eckstein der nächsten Stufe genau um dieses Maß eingerückt werden. Dabei ist natürlich die Neigung der Stufen des Kernmauerwerks mit ca. 80° zu berücksichtigen.

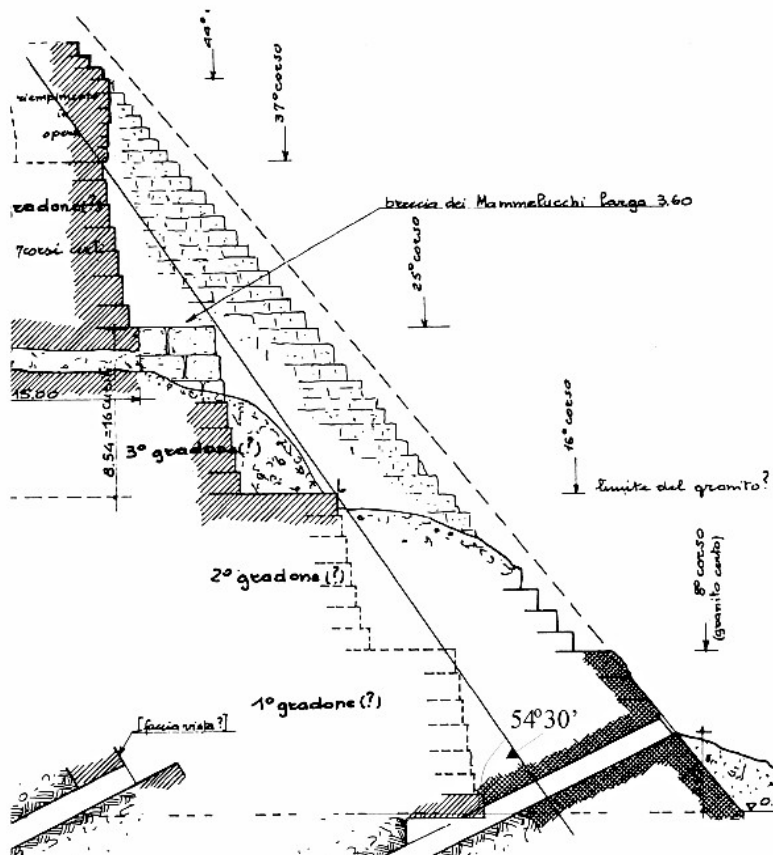


Abb. 7.4.4.4 Fluchtlinie der Kanten des Kernmauerwerks bei der Pyramide des Mykerinos

Graefe weist in diesem Zusammenhang auf zwei in Höhe von 7 m hinter der äußeren Verkleidungsschicht der Pyramide des Chephren vorhandene abgearbeitete Felsstufen hin, deren Außenkanten ebenfalls durch einen Fluchtwinkel von $54^\circ 30'$ aufeinander bezogen sind (Abb. 7.4.4.5). Diese Stufen sind wohl als „kleine“ Kernmauerstufen zu verstehen. Diese Beobachtung unterstreicht die damalige Bauweise der Stufen des Kernmauerwerks mit einem definierten Rücksprung von Stufe zu Stufe.

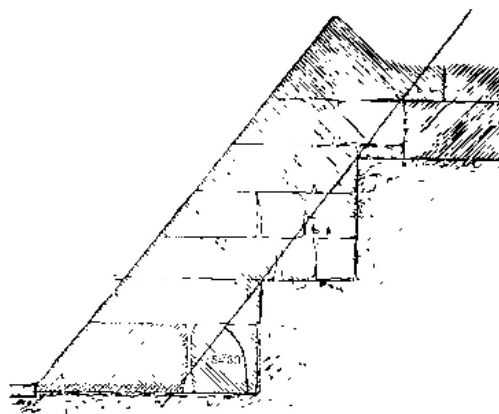


Abb. 7.4.4.5 Fluchtwinkel des Kernmauerwerks der Pyramide des Chephren

Der Lösungsansatz von Graefe besticht durch die Überlegung des Baus steiler Rampen und die Idee des Überschreitens der Fluchtlinie der Verkleidung bei konstant bleibender Rampenbreite. So wird eine sehr große Bauhöhe für eine unveränderte Transport- und Bauweise erreicht. Diese Rampen sind einfach zu errichten – ob nun mit Stufen wie Graefe vorschlägt, um die Steine hoch zu hebeln, oder als schiefe Ebene zum Hochziehen von mit Steinen beladenen Schlitten. Darüber hinaus fällt beim späteren Bau des Verkleidungsmauerwerks etc. kaum Abraum von Stufenresten an. Bis zur Höhe von 225 Ellen (ca. 118 m) werden nach diesem Vorschlag ca. 99,8 % der gesamten Steinmasse verbaut (siehe Abb. 6.1); lediglich ca. 6000 Steinblöcke und das Pyramidion müssen noch transportiert werden.

Unklar bleibt, wie die großen Steine der Innenbauten der Cheopspyramide hätten transportiert werden können, da Material mit derart großen Abmessungen – wie Graefe selbst formuliert – nicht über Eck zu transportieren gewesen war. Dafür soll dann eine breite, frontal auf die Nordseite zulaufende Treppe nach Isler angenommen werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Prinzip der Rampenidee von Graefe einen interessanten und innovativen Vorschlag darstellt. Die Kombination dieser Idee in Verbindung mit einer Treppe nach Isler und dem generellen Hochhebeln der Steine erscheint dagegen nicht für zweckdienlich; es muss eine einfachere Lösung gegeben haben. Zur Frage des Baus des Verkleidungsmauerwerks, der Außenverkleidung einschließlich Glättung und Aufsetzen des Pyramidions werden keine näheren Angaben gemacht.

Eine Berechnung bzw. Abschätzung der über das Rampensystem zu transportierenden Steinmassen und der Bauzeit der Pyramide wird ebenfalls nicht vorgelegt.⁶⁶¹

Die Bauhypothese von Graefe entspricht daher in einigen Punkten nicht den in Kapitel 7.2 „Grundsätzliche Lösungsansätze für den Pyramidenbau“ genannten Voraussetzungen.

7.4.5 Umlaufende Rampe nach Hampikian

Zur Frage der Fertigstellung der Pyramidenspitze der Cheopspyramide oberhalb der Höhe von 120 m entsprechend Stadelmanns Rampenhypothese (Kapitel 7.3.2 „Vorschlag von Stadelmann für ein Rampensystem“) und zur Platzierung des Pyramidions entwickelte Hampikian 1998 einen Vorschlag unter Einsatz umlaufender Rampen.⁶⁶² Die restliche noch zu verbauende Materialmenge beträgt bei einer Seitenlänge des Pyramidenstumpfes in 120 m Höhe noch 1% und die verbleibende Höhe bis zur Spitze der Pyramide beträgt 42 m. Hampikian legt für den Bau der Spitze zwei Vorschläge vor, die beide einen Transport bis zu einer Höhe von 141 m beinhalten (Abb. 7.4.5.1 und 7.4.5.2). Das Material für die restlichen 6 m soll dabei über Stufen hoch gehebelt werden. Aus beiden Varianten von Hampikian wird deutlich, dass mit Einschnitten im Kernmauerwerk gearbeitet wird und dass zumindest Teile des Verkleidungsmauerwerks und der äußeren Verkleidungsschicht nach Aufsetzen des Pyramidions von oben nach unten gebaut werden müssten. Wie dieses bautechnisch geschehen soll, wird offen gelassen. Es handelt sich bei diesen Vorschlägen um rein theoretische, in der Praxis aus bautechnischen Gründen jedoch nicht umsetzbare Lösungen für den Bau der Pyramidenspitze.

⁶⁶¹ Auf eine Anfrage von mir teilte Prof. Graefe am 18.07.2007 mit, dass ihm keine Berechnungen nach seinem Vorschlag bekannt sind.

⁶⁶² Hampikian, Cheopspyramide.

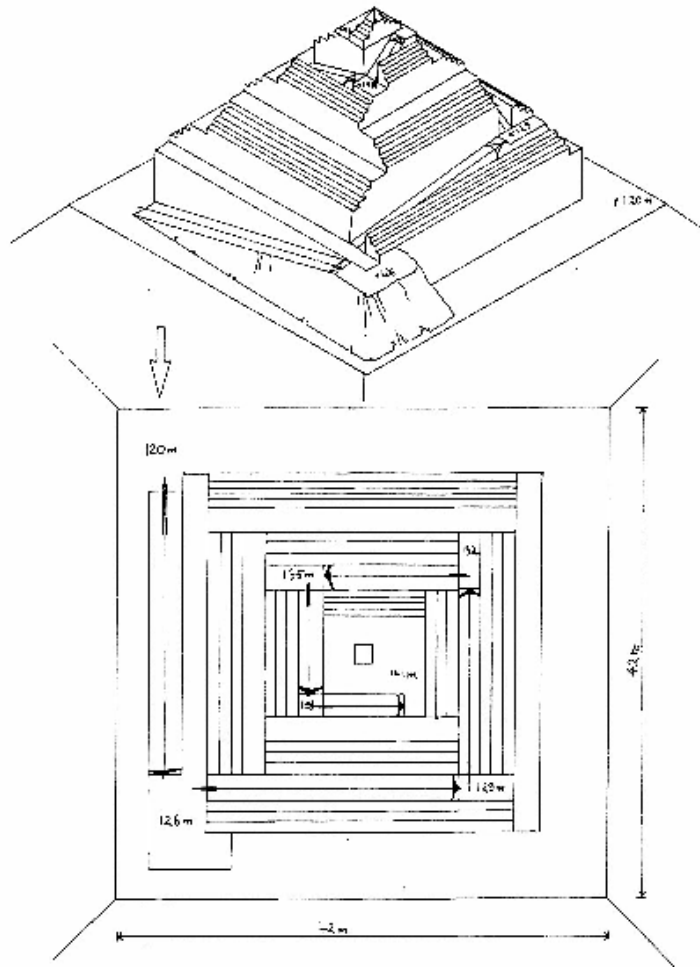


Abb. 7.4.5.1 Vorschlag 1 von Hampikian für den Bau der Pyramidenspitze

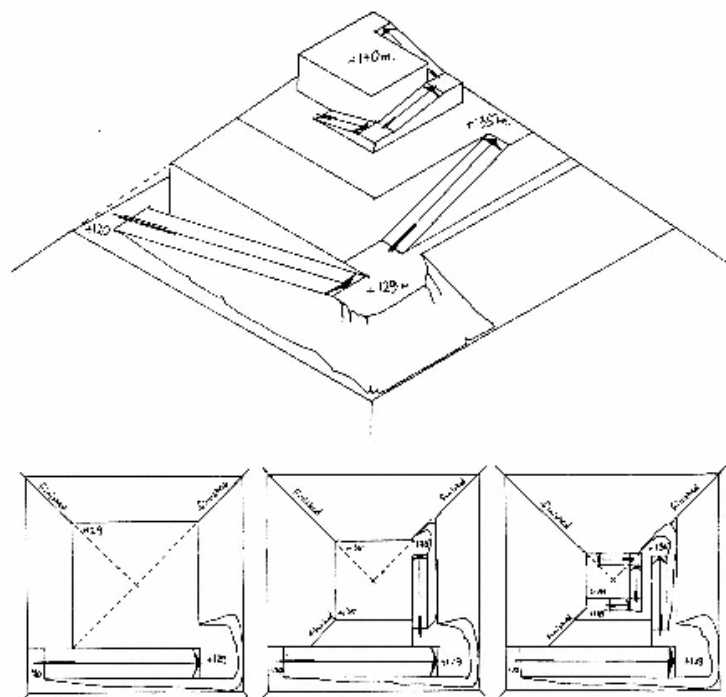


Abb. 7.4.5.2 Vorschlag 2 von Hampikian für den Bau der Pyramidenspitze

7.4.6 Vorschlag von Hölscher

Hölscher geht ebenfalls von einer stufenförmigen Struktur des Kernmauerwerks aus (Abb. 7.4.6).⁶⁶³ Der Materialtransport erfolgt entsprechend seinem Vorschlag über parallel zur Pyramidenseite auf den einzelnen Stufen gebaute Rampen aus Ziegeln. Die nach oben hin kürzer werdenden Stufen führen dann zwangsläufig zu steileren Rampen. Graefe hat diese Idee im Grundsatz später wieder aufgegriffen.

Goyon lässt diesen Vorschlag daher nur für Pyramiden zu, bei denen kleinere Steine, die auf Tragen transportiert werden konnten, verbaut wurden. Die Frage des Baus der Verkleidung bliebe – so auch Clarke-Engelbach – ungelöst.

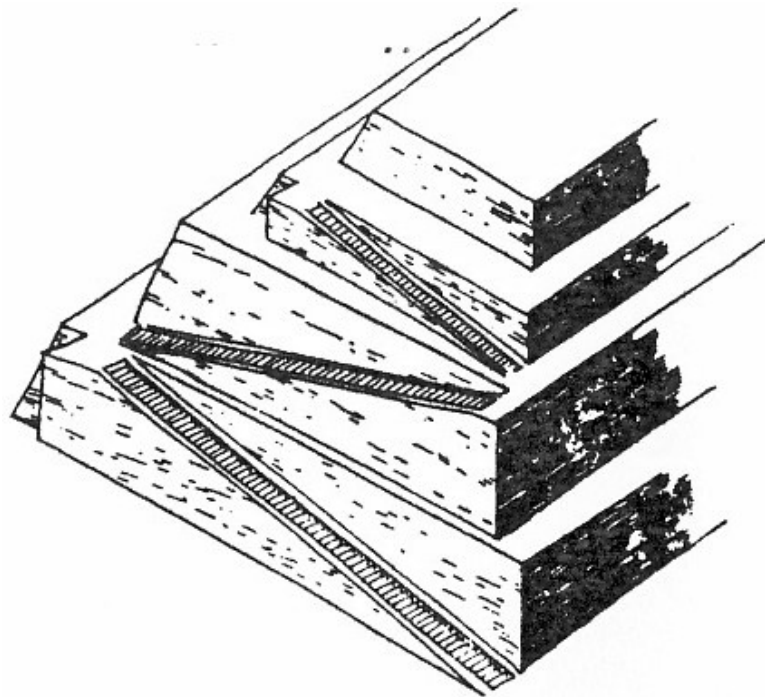


Abb. 7.4.6 Rampenvorschlag nach Hölscher

Unbestreitbar ist die Tatsache, dass Hölscher als Erster den grundsätzlich richtigen Ansatz für den Bau des stufenförmigen Kernmauerwerks der Pyramiden des AR formuliert hat. Über später wieder abzubauenen Rampen können auch Steine größeren Gewichts über eine steile Rampe nach oben transportiert werden. In Kapitel 8 „Eine neue Hypothese für den Bau der Pyramiden: Pyramidenbau mit Rampen und Seilwinden“ wird darauf ausführlich eingegangen werden.

7.4.7 Kombination einer senkrecht auf die Pyramide zulaufenden Rampe und einer Integralrampe (Innenrampe) nach Houdin

Anfang April 2007 stellten der französische Architekt Jean-Pierre Houdin und die Firma Dassault Systemes in Paris in einer großen 3D-Show eine neue Hypothese zum Bau der Cheopspyramide vor,⁶⁶⁴ die zum Teil auf Studien von Dormion aufbaut.⁶⁶⁵

⁶⁶³ Goyon, Cheopspyramide, S.62–63; die Quellenangabe für die Äußerungen Hölschers und dessen Vorschlag stimmt jedoch nicht.

⁶⁶⁴ Dassault, Cheops.

⁶⁶⁵ Welt online; Boeing, Heise.

Danach soll der Bau der Pyramide in nacheinander folgenden horizontalen Lagen erfolgt sein. Dabei werden die Fassadensteine (äußere Verkleidungsschicht) in jeder Lage zuerst positioniert, um stets die richtige Neigung zu erreichen. Die Steine des Verkleidungsmauerwerks werden anschließend nach innen gesehen dahinter eingebaut.⁶⁶⁶

Houdin kombiniert unterschiedliche Bauverfahren:

- Von Süden her senkrecht auf die Pyramide zulaufend wird eine Rampe mit einer Länge von ca. 425 m bis zu einer Höhe der Pyramide von 43 m angenommen (Abb. 7.4.7.1).⁶⁶⁷ Die Rampenbahn wird – wie bereits von Lattermann vorgeschlagen – in zwei Spuren aufgeteilt, die anwechselnd entsprechend Baufortschritt erhöht werden, sodass es zu keinen Transportunterbrechungen kommt. Bis zu dieser Höhe wird das Material über die Rampe nach oben transportiert. Über die externe Rampe aus Stein mit zwei voneinander unabhängigen Bahnen (mit Nilschlamm als Schmiermittel) werden die auf Schlitten befestigten Steine von jeweils 8 Menschen nach oben gezogen. Mit einer Höhe von 43 m hat die Rampe nach einer Bauzeit von 14 Jahren ihre größte Höhe erreicht.⁶⁶⁸

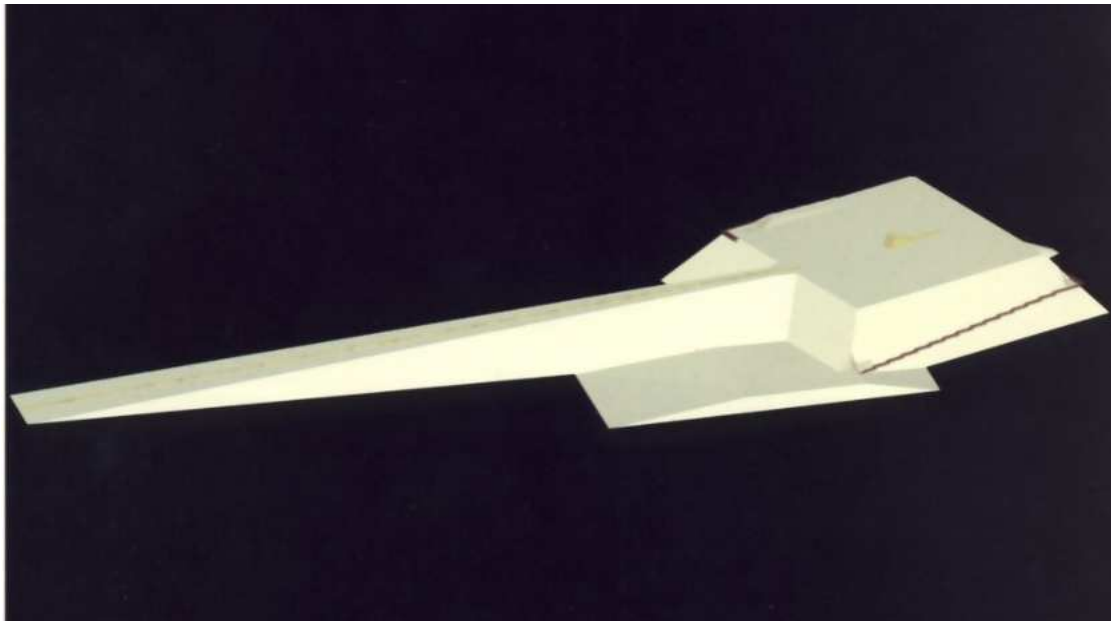


Abb. 7.4.7.1 Südrampe bis zur Höhe 43 m

- Unabhängig von dem Bau der Außenrampe wird der Bau einer tunnelförmigen Innenrampe (Integralrampe) vom Fuß der Pyramide beginnend vorgeschlagen, über die der Materialtransport ab einer Höhe von 43 m erfolgt (Abb. 7.4.7.2). Die Innenrampe wird mit einer Breite von 2,6 m mit zwei Seitenpassagen für die Schlepptmannschaften und einer Mittelspur für die Schlitten und einem Kraggewölbe angenommen. Bis zu einer Höhe von 106 m könnten auf diese Weise bei einer konstanten Neigung der Innenrampe von 7% etwa 2.550.000 m³ – also 98% des gesamten Baumaterials – transportiert werden.

⁶⁶⁶ Houdin, Cheops, S.41.

⁶⁶⁷ Houdin, Cheops, S.42; Bis zu dieser Höhe sind entspr. Abb. 6.1 etwa 65% der Steine verbaut.

⁶⁶⁸ Dessault, Cheops, Appendix 2.

tiert werden.⁶⁶⁹ Bis zu einer Höhe von 130 m würde die Steigung dann bis auf 20% erhöht.



Abb. 7.4.7.2 Vorschlag einer Integralrampe (Tunnelrampe) nach Houdin

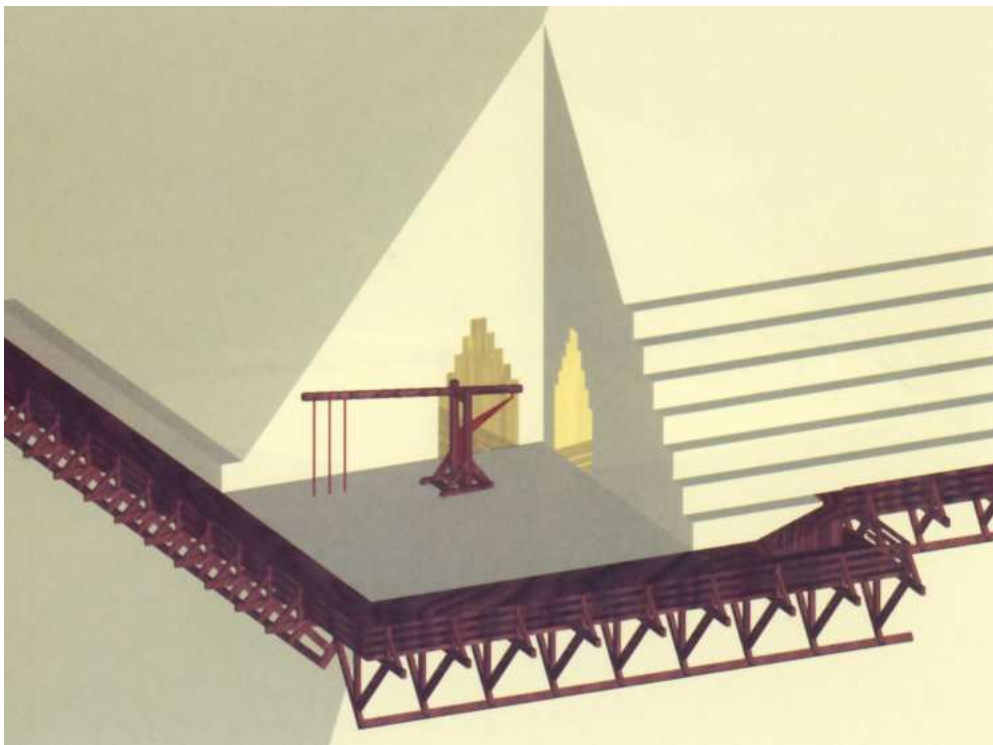


Abb. 7.4.7.3 Absatzkerbe mit einer Hebevorrichtung, ihre Einfassung, der äußere Gang und die „Regal-Fassadenblöcke“

⁶⁶⁹ Houdin, Cheops, S.48ff.

An den Ecken, an denen die Innenrampe um 90° abbiegt, werden so genannte Absatzkerben bzw. Eckbuchten (Abb. 7.4.7.3) mit Abmessungen von ca. 10 x 10 m für die Drehung der Schlitten vorgesehen. Das Problem des späteren Verschließens dieser Eckbuchten nach Fertigstellung der Pyramidenspitze soll durch den Einbau von Füllblöcken von der Innenseite der Kerben aus geschehen. Das dafür notwendige Material wird während der Baumaßnahmen auf außen an der Pyramidenfläche angebrachten Stufen („Regale“) gelagert.

Nachdem die Innenrampe nur in einer Richtung begangen wird, ist ein äußerer Gang (Holzgerüst) erforderlich, um den Schleppmannschaften, Hilfsarbeitern etc. den Rückweg nach unten zu ermöglichen. Dieser aus einem Holzgestell bestehende Weg soll an die ungeschliffenen Steine der Außenverkleidung angebaut werden.

- Die Arbeiten oberhalb von 130 m sollen durch einen Hebeturm vorgenommen werden (Abb. 7.4.7.4)

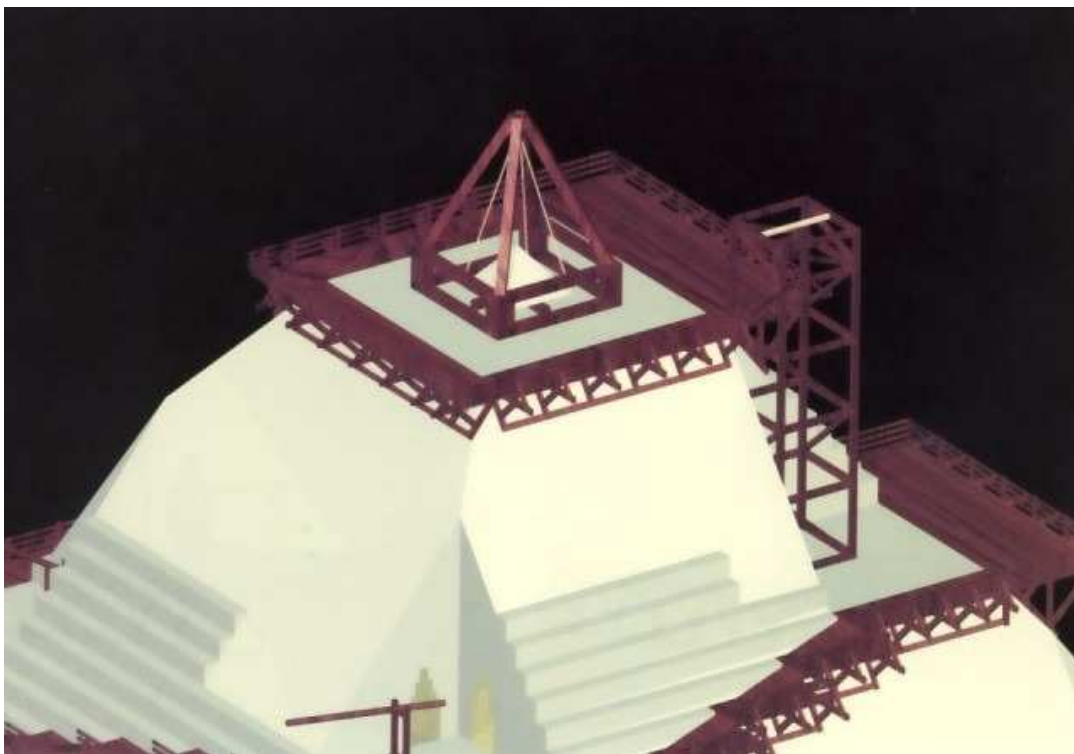


Abb. 7.4.7.4 Die Maschine (Hebeturm) auf dem Niveau 140 m

- Für den Transport der schweren Granitsteine und Deckenbalken der Grabkammern mit einem Gewicht bis zu ca. 60 t wird als weiteres Bauverfahren die Errichtung eines Schrägaufzugs mit Gegengewicht vorgesehen:
In 43 m Höhe (Basisniveau der Königskammer) beginnt der Verbau der Deckenbalken der Entlastungskammern. Zum Transport der Granitbalken vom Ende der äußeren Rampe (43 m) in die jeweilige Höhe der Entlastungskammern (größte Höhe 54 m) schlägt Houdin einen Lastenaufzug vor (Abb. 7.4.7.5), der mit einem Gegengewicht von ca. 25 t über Seilrollen einen leichteren Transport ermöglichen soll.⁶⁷⁰ Dieser Aufzug verläuft in der nach oben noch offenen Großen Galerie mit einer Steigung von 26,5° (Neigungsverhältnis 2:1).

⁶⁷⁰ Als Gegengewicht nimmt Houdin die drei Granitblöcke an, mit denen später die Große Galerie an ihrem unteren Ende gegen Grabräuber gesichert wurde. Daher stammt die Angabe des Gewichtes von insgesamt 25 t.

Im linken Teil in Abbildung 7.4.7.5 sind die über die äußere Rampe auf einen Lagerplatz in 43 m Höhe zu transportierenden Granitbalken dargestellt. Der Lastenaufzug ist mit Seilen über Umlenkrollen auf der entsprechenden Höhe der Entlastungskammern (Bildmitte) mit dem Schlitten mit dem Gegengewicht in der Großen Galerie verbunden. Nach erfolgtem Transport eines Deckenbalkens wird der Schlitten mit den Gegengewichten durch Beladen des Lastenaufzuges mit einer entsprechenden Menge Kalksteine in der Großen Galerie wieder nach oben gezogen und steht für den nächsten Transport bereit.

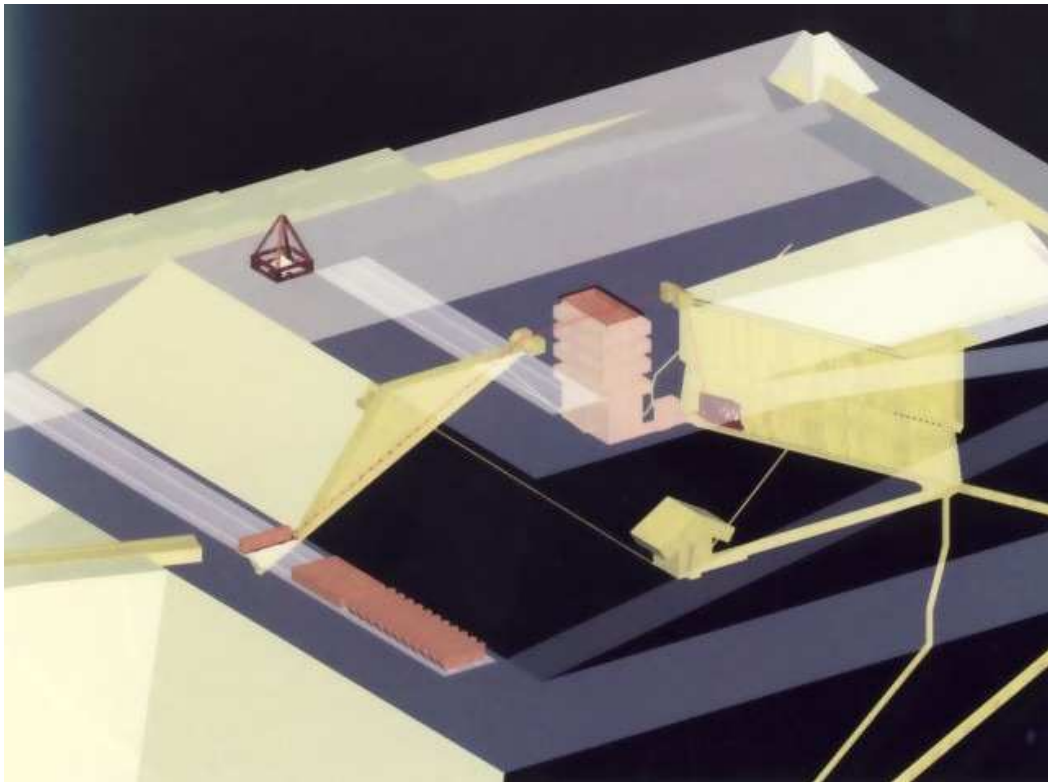


Abb. 7.4.7.5 Aufzugmodell zum Transport der Deckenbalken

Von Houdin gibt es Beschreibungen seiner Hypothese in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2003⁶⁷¹ und in seinem 2007 erschienen Buch „Cheops“⁶⁷². Nachstehend getroffene Aussagen der Bewertung seiner Vorschläge beruhen darauf:

- Berechnungen der Transportkapazität der Tunnelrampe, Taktzeiten der einzelnen Schleppegänge und die sich daraus ergebenden Bauzeiten sind aus dem Vorschlag nicht ersichtlich. In seinem Buch beschreibt Houdin lediglich einen extrem knapp gehaltenen Zeitplan „als Vorschlag“ ohne jegliche Berechnung.⁶⁷³
- Entgegen der archäologischen Befunde geht Houdin von einer schichtweisen Verlegung des Kernmauerwerks aus.
- Fragen der Montage der Pyramidenspitze und des Pyramidions (Aufzugeinrichtung in Abb. 7.4.7.4) werden nicht näher beschrieben.
- Die Montage der äußeren Verkleidungsschicht und deren Glättung sowie das Schließen der Absatzkerben an den Ecken der Pyramide können ohne ein Hilfsgerüst entlang

⁶⁷¹ Houdin, La Pyramide.

⁶⁷² Houdin, Cheops

⁶⁷³ Houdin, Cheops, S.36/37

der gesamten Außenfläche aus arbeits- und sicherheitstechnischen Gründen nicht erfolgen. Der von Houdin vorgesehene äußere Holztonnel ist dafür nicht geeignet.

- Die außerhalb der Pyramidenaußenfläche vorgesehene Lagerung von Steinmaterial auf Stufen, die nur an den Unebenheiten der in Bossen stehenden Steine der Außenverkleidung haften, birgt große statische Unsicherheiten in sich.

Unter Einbeziehung vorstehend genannter Aspekte bietet die von Houdin vorgetragene Hypothese keinen in sich schlüssigen Lösungsansatz zu der Frage, wie die Pyramiden im AR hätten errichtet werden können. Sowohl das Prinzip der äußeren Rampe als auch das der inneren Rampe wurden bereits z.T. mehrfach vorgeschlagen und diskutiert (Kapitel 7.3 „Bauhypothesen unter Verwendung senkrecht auf die Pyramide zulaufender Rampen und Kapitel 7.4 „Bauhypothesen unter Verwendung entlang der Pyramidenseiten geführter Rampen“). Auch die Kombination beider Verfahrensvorschläge bringt keine neuen Aspekte. Archäologische Befunde (z.B. Stufenstruktur des Kernmauerwerks) wurden nicht berücksichtigt. Es entspricht wohl auch nicht der Denkweise der Baumeister im alten Ägypten, Bauwerke mit so unterschiedlichen Verfahren zu errichten. Für die vorgeschlagenen Hebeeinrichtungen gibt es keine Belege.

Am Ende seines Buches weist Houdin noch auch Untersuchungen der Cheopspyramide nach dem Verfahren der Mikrogravimetrie in den Jahren 1986–87 hin:⁶⁷⁴ Unter der Schirmherrschaft der EDF Stiftung seien tausende mikrogravimetrische Messungen innerhalb und außerhalb der Cheopspyramide vorgenommen worden.⁶⁷⁵ Aus den Untersuchungsergebnissen, die an einzelnen Stellen der Pyramide auf unterschiedliche Dichten (spezifisches Gewicht) schließen lassen, konstruiert Houdin den Nachweis für seinen Vorschlag einer Tunnelrampe.

Im Rahmen seiner Schlussfolgerungen führt Houdin weiter aus, dass

„...die Technik der Innenrampe von Chephren und vielleicht auch von Mykerinos beim Bau ihrer Pyramiden wieder verwendet wurde.“

Damit negiert der Architekt Houdin die archäologischen Befunde, die z.B. bei der Pyramide des Mykerinos vorliegen.

Die spektakuläre Veröffentlichung der Hypothese diene offensichtlich dazu, das von Dassault Systemes entwickelte Software System DELMIA für 3D-Darstellungen am Beispiel der stets sehr populären Frage der Pyramidenbauweise möglichst publik zu machen. Wie Fachpublikationen und weit über 200 Presseveröffentlichungen allein im Internet zeigen, ist dies auch gelungen.⁶⁷⁶

So ist verständlich, dass Hawass gegenüber der New York Times äußert, dass er zwar bezüglich der Hypothese von Houdin beträchtliche Zweifel habe, aber dass dieser zumindest kein „Pyramidiot“ sei, wie er die zahlreichen Hobbytheoretiker vom Schlage eines Erich von Däniken nennt⁶⁷⁷. Umso unverständlicher bleibt jedoch die Äußerung Stadelmanns, der Houdins Theorie als „...mehr als interessant, revolutionär und in sich schlüssig...“ bezeichnet⁶⁷⁸.

⁶⁷⁴ Houdin, Cheops, S.147ff.

⁶⁷⁵ Eine Quellenangabe lässt Houdin vermissen.

⁶⁷⁶ Brier, Pyramide.

⁶⁷⁷ In seinem Vorwort zu dem Buch von Houdin (Houdin, Cheops)schreibt Hawass u.a.: „Obwohl der Beweis für diese Theorie, der sehr viele Indizien erfordert, noch nicht erbracht worden ist, so verdient sie dennoch unsere Aufmerksamkeit. Sollte sie sich als zutreffend herausstellen, wird sie uns neue Einsichten in die Genialität der Pyramidenbauer liefern....“

⁶⁷⁸ Mysteria3000.

10. Quellenverzeichnis und Abkürzungen

10.1 Quellenverzeichnis Text

Abitz, Pyramidenbau	Abitz, F., Der Bau der großen Pyramide mit einem Schrägaufzug, in: ZÄS 119 (1992), S.61ff.
Ägyptische Pyramiden 1	Ägyptische Pyramiden, Band 1, Hrsg. Hobby-Ägyptologen der Gruppe Rott, Ausstellung Ägyptische Pyramiden, 1994
Ägyptische Pyramiden 2	Ägyptische Pyramiden, Band 2, Hrsg. Hobby-Ägyptologen e.V., Roetgen-Rott, Ausstellung Ägypten – Land der Pyramiden, Monschau 1997
Altenmüller, Bauphase	Altenmüller, H., Bemerkungen zur frühen und späten Bauphase des Djoserbezirks in Saqqara, in: MDAIK 28 (1972), S.1–12.
Arnold, Amenemhet III.	Arnold, D., Die Pyramide Amenemhets III. in Dahschur, in: MDAIK 38 (1982), S.17ff.
Arnold, Baukunst	Arnold, D., Lexikon der ägyptischen Baukunst, Artemis & Winkler, München, 1997
Arnold, Building	Arnold, D. Building in Egypt, Oxford University Press, 1991
Arnold, Controll Notes	Arnold, F. The Control Notes and Team Marks, in: PMMA 23 (1990)
Arnold, Hawara	Arnold, D., Die Pyramide Amenemhets III. in Hawara, in: MDAIK 35 (1979), S.1ff.
Arnold, Pyramiden	Arnold, D. Die Pyramiden des Mittleren Reiches, in: Die Schätze der Pyramiden, Hrsg. Hawass, Z., Weltbild Verlag, Augsburg, 2004, S.329ff.
Arnold, Pyramidenbau	Arnold, D. Überlegungen zum Problem des Pyramidenbaues in: MDAIK 37 (1981), S.15ff.
Arnold, Sesostris	Arnold, D., The Pyramid Complex of Senwosret I., in: PMMA 22 (1988)
Arthus–Bertrand	Arthus-Bertrand, Y., Ägypten – ein Porträt in Luftbildern, RV Verlag, Berlin 1993
Aufrère, temples	Aufrère, S. Etc., L'Égypte Restituée, Tome 3, Sites, temples et pyramides des Moyenne et Basse Égypte, S.219
Autuori, Mastaba Tombs	Autuori, J.C., Back to the Mastaba Tombs of the first Dynasty at Saqqara. Officials or Kings? In: Hrsg. Pirelli, R., Egyptological Essays on State and Society, Universitata Napili, 2002
Barsoum, Große Pyramide	Barsoum, M., Microstructural Evidence of Reconstituted Limestone Blocks in the Great Pyramids of Egypt, in: Journal of the American Ceramic Society, Vol. 89, Issue 12, Page 3788, December 2006
Bárta, Pyramidenfelder von oben	Bárta, M. und Bruna V., Altägyptische Pyramidenfelder von oben, in: Sokar 15 (2/2007), S.62
Bassermann–Jordan, Zeitmessung	Bassermann–Jordan, E. v., Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren, Band I, de Gruyter, Berlin, 1920
Becker, Chephren 1	Becker, J., Die Chephren Pyramide, in: Sokar 8 (1/2004), S.6ff.
Becker, Chephren 2	Becker, J., Der Bau der Chephrenpyramide in: Sokar 10 (1/2005), S.24ff.
Becker, Chephren 3	Becker, J., Der Bau der Chephrenpyramide in: Sokar 9(2/2004), S.18ff.

- Becker, Pyramidenkorridore
 Becker, J., Die Funktion der Pyramidenkorridore als vermessungstechnische Einrichtungen, in: Sokar 6 (1/2003), S.14ff.
- Beckerath, Chronologie
 Beckerath, v. J., Chronologie des pharaonischen Ägypten, Philipp von Zabern, Mainz, 1997
- Berlandini, Menkauhor
 Berlandini, J., La Pyramide 'Ruinée' de Sekkare-Nord et le Roi Ikaouhor-Menkaouhor, RdE 31, S.3–28
- Bertinetti, Ägypten
 Bertinetti, Marcello, Ägypten von oben, GEO Verlag, München 2003
- Birell, Portucullis Stones
 Birell, M., Portucullis Stones: Tomb security during The early Dynastic Period, in: BACE, Volume 11 (2000)
- Bissing, Diodor
 Bissing, F. W. Frhr. von
 Der Bericht des Diodor über die Pyramiden, Verlag Dunker, Berlin, 1901
- Bock, Stufenpyramiden
 Bock, J. Die kleinen Stufenpyramiden des frühen Alten Reiches in: Sokar 12 (1/2006), S.20ff.
- Boeing, Heise
 Boeing, N. Systemmanagement im alten Ägypten, in: Technology Review, 2.4.2007, unter www.heise.de
- Borchardt, Bohrer
 Borchardt, L., Beiträge zu Griffith´ Benihasan III. in: ZÄS, Band XXXV (1897), S.107
- Borchardt, Dritte Bauperiode
 Borchardt, L., Einiges zur dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise, Julius Springer Verlag Berlin, 1932
- Borchardt, Längen
 Borchardt, L., Längen und Richtungen der vier Grundkanten der großen Pyramide bei Gise, Julius Springer Verlag Berlin, 1926
- Borchardt, Meidum
 Borchardt, L., Die Entstehung der Pyramide, Springer Verlag, Berlin, 1928,
- Borchardt, Neferirkare
 Borchardt, L. Das Grabdenkmal des Königs Nefer-ir-ka-re, in Ausgrabungen der Deutschen Orient-Gesellschaft in Abusir, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1909
- Borchardt, Niuserre
 Borchardt, L., Das Grabdenkmal des Ne-User-Re, in Wissenschaftliche Veröffentlichung der Deutschen Orient-Gesellschaft 7, Leipzig, 1097
- Borchardt, Pyramide
 Borchardt, L., Die Entstehung der Pyramide, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1928
- Borchardt, Re – Heiligtum
 Borchardt, L., Das Re-Heiligtum des Niuserre, Band 1 – Der Bau -, Verlag von Alexander Duncker, Berlin, 1905
- Borchardt, Sahure
 Borchardt, L., Das Grabdenkmal des Königs Sahure, in: Wissenschaftliche Veröffentlichungen der Deutschen Orient-Gesellschaft 14, Band 1 Der Bau, Leipzig, 1910,
- Borchardt, Zahlenmystik
 Borchardt, L., Gegen die Zahlenmystik an der großen Pyramide bei Gise, Verlag von Behrend & Co., Berlin 1922
- Bormann, Pyramidenbau
 Bormann, J., Die Fördertechnik beim Bau der Pyramiden, in: Bautechnik 81 (2004), Heft 2, S.134ff.
- Brier, Pyramide
 Brier, B., How to build a Pyramid, in: Archaeology May / June 2007, S.23ff.
- Brinks, Pyramidenbau
 Brinks, J. Einiges zum Bau der Pyramiden des Alten Reiches in: GM 78 (1984), S.33 ff.
- Brinks, Stufenhöhen
 Brinks, J., Die Stufenhöhen der Cheopspyramide – System oder Zufall? In: GM 48 (1981), S.17ff.

Brockhaus, Enzyklopädie	Brockhaus Enzyklopädie, 17. Band, S.265, Brockhaus, Wiesbaden, 1973
Brugsch, Thesaurus	Brugsch, H., Thesaurus Altägyptische Inschriften, Fünfte Abteilung, S.1298, Ziffer 2, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1892
Carpiceci, Kunst und Geschichte	Carpiceci, A., C., Kunst und Geschichte in Ägypten, Florenz, 1999
Choisy, Kippschlitten	Choisy, A, L'art de bâtir chez les Egyptiens, Verlag Ronveyre, Paris, 1904
Clarke und Engelbach, Egyptian	Clarke, S. und Engelbach, R Ancient Egyptian Masonry, Oxford University Press, London, 1930 www.containerhandbuch.de
Containerhandbuch	
Croon, Lastentransport	Croon, L., Lastentransport beim Bau der Pyramiden, Dissertation, Buchdruckerei des Stephanstifts, Hannover, 1925
Davies, Rehmire	Davies, Rekh-mi-Re, in MMA, Egyptian Expedition, Vol. X, Pl.17
Dereser, Djoser	Dereser, Chr., Die Stufenpyramide von Djoser, in: Kemet 17, Heft 1 (2008), S.43–47
Dassault, Cheops	Dassault Sytemes, www.3ds.com/khufu
Domning, Ropework	Domning, D. P., Some Examples of Ancient Egyptian Ropework, in: CdE, Tome LII, Nr. 104 (1977), S.49ff.
Dorka, Pyramid Building	Dorka, U.E., Lifting of Stones in the 4. Dynasty Pyramid Building, in: GM 189 (2002), S.11ff.
Dorner, Cheopspyramide	Dorner, J. Das Basisviereck der Cheopspyramide in: Hrsg. Janosi, P., Festschrift Arnold, D., Österrei- chische Akademie der Wissenschaften, Wien 2005, S.275–281
Dorner, Form der Knickpyramide	Dorner, J., Die Form der Knickpyramide in: GM 126 (1992), S.39ff.
Dorner, Genauigkeit	Dorner, J., Die Genauigkeit der altägyptischen Streckenmessung, in: Sokar 15 (2/2007), S. 50ff.
Dorner, Knickpyramide	Dorner, J., Form und Ausmaße der Knickpyra- mide in: MDAIK 42 (1986), S.43–58
Dorner, Rote Pyramide	Dorner, J., Neue Messungen an der Roten Pyramide in Stationen – in: Hrsg. Guksch, H. und Polz, D. , Stationen – Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, Philipp von Zabern, Mainz, 1998
Dorner, Orientierung	Dorner, J., Die Absteckung und astronomische Orientierung ägyptischer Pyramiden, Dissertation, Innsbruck, 1981
Dreyer, Stufenpyramiden	Dreyer, G. und Kaiser, W. Zu den kleinen Stufen- Pyramiden Ober- und Mittelägyptens in: MDAIK , 36 (1980), S.43ff.
Dreyer, Sinki	Dreyer, G. und N. Swelim. Die kleine Stufenpyramide von Abydos Süd (Sinki) – Grabungsbericht in MDAIK 38 (1982), S.42ff.
Edwards, Pyramids	Edwards, I.E.S. The Pyramids of Egypt, Penguin Books, 1985
Edwards, Pyramiden	Edwards, I.E.S., Die ägyptischen Pyramiden, Otto Harrassowitz, Wiesbaden, 1967
Ekrutt, Sterne	Ekrutt, J. Sterne und Planeten, Gräfe und Unzer Verlag, 1990
Ekschmitt, Weltwunder	Ekschmitt, Werner, Die sieben Weltwunder, Philipp von Zabern, Mainz, 10. Auflage 1996

Ermann, Literatur	Ermann, A. Die Literatur der Ägypter, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1923
Fakhry, Snofru	Fakhry, A., The Monuments of Sneferu at Dahshur, Kairo, 1959/1961
Fakhry, Pyramids	Fakhry, A., The Pyramids, The University of Chicago Press, 1961
Fernau, Statuentransport	Fernau, U., Zum Statuentransport im Alten Ägypten, in: Kemet 16, Heft 1 (2007), S.73–74
Firth, Excavations	Firth, C. M., Excavations of the Department of Antiquities at Saqqara, in: ASAE 29, S.68
Firth, Step Pyramid	Firth, C.M. and Quibell, J., E., The Step Pyramid, Institut Francais, Kairo, 1935 Volume I, S.128 und pl. 93, Ziff.7
Gardiner, Texts	Gardiner, A.H., Egyptian hieratic Texts, Series I: Litarary Texts of the New Kingdom, Part I, Leipzig 1911
Goedicke, Amenemhet I.	Goedicke, H. Re-used Blocks from the Pyramid of Amenemhet I. at Lisht, New York, 1971
Goneim, Pyramide	Goneim, M. Z., Die verschollene Pyramide, Brockhaus Wiesbaden, 1995
Goneim, Horus Sechemchet	Goneim, M.Z., Excavations at Saqqara, Horus Sechemchet, Volume I, Institut Francais d'Archeologie Orientale, Cairo, 1957
Gossart, Cheops	Gossart, J., Le grand retour de Chéops in Kadath (70) 3, 1989, S.6
Goyon, Cheopspyramide	Goyon, G., Die Cheopspyramide, Weltbildverlag Augsburg, 1990
Goyon, Karnak	Goyon, J.-C. und Golvin, J.-C. Karnak Ägypten – Anatomie eines Tempels, Ausstellungskatalog, Wasmuth Verlag Tübingen, 1990
Goyon, Messungen	Goyon, G. Les Rangs d'assises de la Grande Pyramide, in: BIFAO 78 (1978), S.410–413
Graefe, Kernstruktur	Graefe, E. Grundsätzliches zur Kernstruktur der Pyramiden in: GM 191 (2002), S.111
Graefe, Pyramidenbau	Graefe, E., Über die Determinanten des Pyramidenbaus bzw. Wie haben die Alten Ägypter die Pyramiden erbaut? www.uni-muenster.de/Philologie/laek/PYR
Greiss, Plant	Greiss, E.A.M., Anatomical Identification of Plant Material from Ancient Egypt in: BdE Tome XXXI (1949), S.249ff. und Foto X
Gundacker, Meidum	Gundacker, R. Ausgewählte Baugraffiti der Pyramide von Meidum, in: Sokar 15 (2/2007), S.24ff.
Gundacker, Snofru	Gundacker, R. Anmerkungen zum Bau der Pyramiden des Snofru in: Sokar 11 (2/2005), S.9–23
Gupta, das, Einbrüche	Gupta, Das, T.K., Die Einbrüche in die Chufu – Pyramide, in: Kemet 16, Heft 2 (2007), S.60ff.
Haase, Blockierstein	Haase, M., Das Fragment eines Blockiersteins am Eingang der Cheopspyramide, in: Sokar 9 (2/2004) S.16
Haase, Cheops	Haase, M., Eine Stätte für die Ewigkeit – Der Pyramidenkomplex des Cheops, Philipp von Zabern, Mainz, 2004
Haase, Djedefre	Haase, M., Goldenster der Falken – Sohn des Re in: Antike Welt 38, Heft 3 (2007), S.53–61
Haase, Fallsteinsystem	Haase, M., Das Fallsteinsystem der Cheopspyramide, in: Sokar 15 (2/2007), S.31ff.

Haase, Felskern	Haase, M., Der Felskern der Cheopspyramide, in: G.A.R.L. 1/1993, S.5–13
Haase, Knickpyramide	Haase, M., Snofru und die Pyramiden von Dahschur, 1. Teil: Die Knickpyramide, in Sokar 1 (2001), S.5
Haase, Knickpyramide 1	Haase, M., Im Inneren der Knickpyramide, in: Sokar 14, (1/2007), S.13–19
Haase, Steinbruch	Haase, M. Vom Steinbruch zur Pyramidenspitze in: Sokar 5 (2/2002), S.37 oben
Haase, Pyramidenzeitalter	Haase, M., Fehlstart ins Pyramidenzeitalter, in: Antike Welt 36, Heft 6 (2005), S.12
Haase, Rampe für Schwertransporte	Haase, M. Eine Rampe für Schwertransporte beim Bau der Cheops-Pyramide, in: Sokar 15 (2/2007), S.48–49
Haase, Tränen	Haase, M., Das Feld der Tränen, Ullstein, München, 2000
Haase, Vermächtnis	Haase, M., Das Vermächtnis des Cheops, Herbig Verlagsbuchhandlung, München, 2003
Hampikian, Cheopspyramide	Hampikian, N., How East he Pyramidion Placed at the Top of Khufu Pyramid? In: in: Hrsg. Guksch, H. und Polz, D. , Stationen – Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, Philipp von Zabern, Mainz, 1998, S.47–51
Hassan, Gisa	Hassan, S., Excavations at Gisa, 1935–1936, Band VII, Government Press, Cairo 1953
Hawass, Schätze	Hawass, Z., Die Schätze der Pyramiden, Hrsg., Weltbildverlag, Augsburg, 2004
Hawass, Kultpyramide	Hawass, Z., The Discovery of the Satellite Pyramid of Khufu (G I d), in: Studies in Honor of William Kelly Sipmson ,1996, S.385ff.
Hawass/Verner	Hawass, Z. und Verner, M., Newly Discovered Blocks from the Causeway of Sahure in: MDAIK 51, (1995) S.181–183 und Tafel 54
Heisel, Baubezeichnungen	Heisel, J.P., Antike Baubezeichnungen, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1993
Hodges, Pyramides	Hodges, P., How the Pyramides were built, Longmead, 1989
Hölscher, Chephren	Hölscher, U., Das Grabdenkmal des Königs Chephren, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1912
Horneffer, Herodot	Horneffer, A., Herodot Historien – Deutsche Gesamtausgabe, Kröner Verlag Stuttgart, Historien II, 125
Hornung, Chronology	Hornung, E., Krauss, R., Warburton, D.A., Hrsg. Ancient Egyptian Chronology, HdO, Section 1, Band 83, Brill, Leiden, 2006
Hornung, Einführung	Hornung, E. Einführung in die Ägyptologie, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1993, S.60ff.
Houdin, La Pyramide	Houdin, J.-P. und H., La Pyramide de Kheops, Paris, 2003
Houdin, Cheops	Houdin, J.-P., Cheops – Die Geheimnisse um den Bauprozess der Großen Pyramide, Verlag von Zabern, Mainz, 2007 Titel der engl. Ausgabe „Cheops – The secrets behind of the Great Pyramid”, Farid Atiya, 2006

Illig, Cheopspyramide	Illig, H., Der Bau der Cheopspyramide, Mantis Verlag, August 1994
Isler I	Isler, M., On Pyramid Building, in: JARCE 22 (1985), S.129–142
Isler II	Isler, M., On Pyramid Building II, in: JARCE 24 (1987), S.95–112
Jánosi, Amenemhet I.	Jánosi, P., Der Pyramidenkomplex Amenemhets I. in Lisch: Sokar 14, (1/2007), S.51ff.
Jánosi, Königinnen	Jánosi, P., Die Pyramidenanlagen der Königinnen, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien 1996
Jánosi, Kultpyramiden	Jánosi, Peter, Die Kultpyramiden des Alten und Mittleren Reiches in: Sokar Nr. 7, (2/2003). S.4–25
Jequier, Deux Pyramides	Jequier, G., Deux Pyramides du Moyen Empire, Institut Francais d' Archologie Orientale, Kairo, 1933 pl.XVII – XVIII, p.64-65
Jones, Boats	Jones, D., Boats, British Museum Press, London 1995, S.36–43
Junker, Gisa	Junker, H., Giza, Wien und Leipzig, 1929–1955, 12 Bände, Verlag Rohrer
Keyssner, Baustelle Gisa	Keyssner, H., Baustelle Giza – Kritische Untersuchung zum Bau der Cheopspyramide, Institut für Baugeschichte der Universität Karlsruhe, 2007
Klebs, Reliefs I	Klebs, L., Die Reliefs des alten Reiches, Carl Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg, 1915
Klemm u. Klemm, Integralrampe	Klemm, R. und Klemm, D., Die Integralrampe als Konstruktionselement großer Pyramiden, in: Stationen – Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, Hhsg. Guksch, H. u. Polz, D., Verlag von Zabern, Mainz, 1998, S.87–94
Klemm u. Klemm, Steine	Klemm, R. und Klemm, D., Steine und Steinbrüche im alten Ägypten, Springer Verlag, Berlin, 1992
Klemm und Klemm, Steinbruch	Klemm, R. und Klemm, D., Vom Steinbruch zur Pyramidenspitze in: Sokar 5 (2/2002), S.34ff.
Klemm und Klemm, Stones	Klemm, R. und Klemm, D., The Stones of the Pyramid, to be published in SDAIK, 2008
Klemm, Klemm und Murr	Klemm, D., Klemm, R. und Murr, A. Zur Lage und Funktion von Hafenanlagen an den Pyramiden des Alten Reiches in: SAK 26 (1998), S.173ff.
Krauss, Bauzeit	Krauss, R., Zur Berechnung der Bauzeit an Snofrus Roter Pyramide in: ZÄS 125 (1998), S.29ff.
Krauss, Chronologie	Krauss, R., Chronologie und Pyramidenbau in der 4. Dynastie, in: Or 66 (1997), S.1ff.
LÄ	LÄ, Hrsg. W. Helck und R. Otto Band I – VII, Harrassowitz, Wiesbaden 1975–1992
Labrousse, Unas	Labrousse, Lauer, Leclant Le Temple Haut du Complexe Funéraire du Roi Unas, In: BdE 73 (1977)
Landström, Ships	Landström, B., Ships of the Pharaohs, Allen & Unwin, London, 1970
Landt, Cheopspyramide	Landt, E., Ein neuer Kampf um die Cheops-pyramide, Weidmannsche Buchhandlung, Berlin, 1923
Lattermann, Pyramidenbau	Lattermann, W., Der Bau der Cheopspyramide, Eigenverlag, München, 2002

Lattermann, Cheopspyramide	Lattermann, W., Der Bau der Cheopspyramide, in: Antike Welt, 34 Heft 4 (2003), S.339ff.
Lauer, Pyramiden	Lauer, J.-P., Histoire Monumentale des Pyramides d'Egypte, Tome I, Les Pyramides à Degrés, Kairo, 1962
Lauer, Geheimnis	Lauer, J.-P., Das Geheimnis der Pyramiden, Herbig Verlagsbuchhandlung München, 1980
Lauer, Pyramide à Degrés	Lauer, J.-P., La Pyramide à Degrés – L'Architectura Tome I – Texte, Kairo 1936
Lauer, Pyramide à Degrés 2	Lauer, J.-P., La Pyramide à Degrés, Kairo, 1962
Lauer, Pyramidenbau	Lauer, J.-P., Le Problème de la Construction de la Grande Pyramide in: RdE 40 (1989), S.91ff.
Lauer, Saujet el-Arian	Lauer, J.-P., Sur l'age et l'attribution possible de l'excavation monumentale de Zaouiêt el-Aryân, in: RdE 14 (1962), S.21–36
Leclant, Pepi I.	Leclant, J. und Labrousse, A. Die Ausgrabungen in der Nekropole der Königinnen Pepis I. in Saqqara von 1988–1998 in: Sokar 4 (1/2002), S.10ff.
Lehner, Geheimnis	Lehner, M., Geheimnis der Pyramiden, Orbis Verlag für Publizistik München, 1999
Lehner, Cheops Projekt	Lehner, M., The Development of the Giza Necropolis: The Khufu Project in: MDAIK 41 (1985), S.109–143
Lehner, Schätze	Lehner, M., Der Bau einer Pyramide im Alten Reich, in: Die Schätze der Pyramiden, Hrsg. Hawass, Weltbild Verlag, Augsburg, 2004, S.32ff.
Lepsius, Bau	Lepsius, R., Über den Bau der Pyramiden in: Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1843, S.177–203
Lepsius, Denkmäler I	Lepsius, R., Denkmäler Aegypten und Aethiopiens, Text I, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1897
Lepsius, Denkmäler II	Lepsius, R., Denkmäler Aegypten und Aethiopiens, Text II, Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1897
Lepsius, Elle	Lepsius, R., Die Alt-Ägyptische Elle und ihre Entstehung, Königliche Akademie der Wissenschaften, Berlin 1865
Lepsius, Metalle	Lepsius, R., Die Metalle in den Ägyptischen Inschriften, Königliche Akademie der Wissenschaften, Berlin 1872
Little, „Chephren Diorite“	Little, O.H., Preliminary Report on some geological Specimens from the “Chephren Diorite” Quarries Western Desert, in: ASAE 33 (1933), S.75ff.
Lloyd, Herodot	Lloyd, A.B., Herodotus, Book II, Commentary 99–182, Brill, Leiden, 1988
Löhner, Pyramidenbau	Löhner, F., Pyramidenbau mit Seilrollenböcken in: www.cheops-pyramide.ch , 2007
Lucas, Egyptian	Lucas, A. und Harris, J.R., Ancient Egyptian Materials and Industries, Arnold LTD, London, 1962
Mackay, Tomb 260	Mackay, E., Note on a new Tomb (No. 260) at Draḥ abul Naga, Thebes, in: JEA III (1916), S. 125–126 and Pl.XV
Maragioglio	Maragioglio, V. und Rinaldi C.A., L'Architettura delle Piramidi Menfite, Band II–VII, Turin/Rapallo, 1963–1970
Mendelsohn, Rätsel	Mendelsohn, K., Das Rätsel der Pyramiden, Bechtermünz Verlag, Augsburg, 1999

- Mohr, Mastaba
 Moeres, Stone-Cutting
 Morgan, Dahschur
 Munt, Cheopspyramide
 Munt 2002, Bautechnik
 Munro, Unas
 Mysteria3000
 Nour, Cheops Boats
 Obadalek, Meidum
 Parry, Engineering
 Pauly, RE
 Perring, Pyramids I
 Perring, Pyramids II
 Perring, Pyramids III
 Perrot, Ägypten
 Petrie, Kahun
 Petrie, Meidum
 Petrie, Medum
 Petrie, Pyramids
 Petrie, Tools
 Pichot, Wissenschaft
 Pitlik, Cheopspyramide
 Pitlik, Baustelle
 Polz, Habilitation
 Quibell, Saqqara
- Mohr, H. T., The Mastaba of Hetep-her-Akhti, Brill, Leiden, 1943,
 Moeres, R. G. Evidence for Use of a Stone-Cutting Drag Saw by the Fourth Dynastie Egyptians, in: JARCE 28 (1991), S.139ff.
 Morgan, J. de, Foullies à Dahchour en 1894–1895, Verlag Adolf Holzhausen, Wien, 1903,
 Munt, H., Cheopspyramide – sensationelle Bautechnik, in: EFODON Dokumentation 43, 1999
 Munt, H. Die Bautechnik der Cheopspyramide I und II in: Kemet 11, Heft 4 (2002), S.60ff. und Kemet 12, Heft 1 (2003), S.66ff.
 Munro, P., Der Unas-Friedhof Nord West ; Das Doppelgrab der Königinnen Nebet und Khenut, Verlag von Zabern, Mainz, 1993
 Mysteria3000, Archiv, Jean-Pierre Houdin, Neue Theorie über den Bau der Cheopspyramide, www.mysteria3000.de
 Nour, W. Z., The Cheops Boats, Part I General Organisation for Government Printing Offices, Cairo, 1960
 Obadalek, J., Einige Erkenntnisse über die Pyramide von Meidum in: ZÄS 107 (1980), S.63ff.
 Parry, D., Engineering the Pyramids, Sutton Publishing Limited, Gloucestershire, 2004
 Paulys Real-Encyclopädie der Classischen Altertumswissenschaften, Fünfter Band, S.663, Hrsg. Wissowa, G., Metzlersche Buchhandlung Stuttgart, 1905
 Perring, J.E., Pyramids I,
 Perring, J.E., Pyramids II, reprint of the edition London 1893, LTR Verlag Wiesbaden, 1982
 Perring, J.E., Pyramids III,
 Perrot, G. und Chipiez, C. Ägypten, Leipzig, Brockhaus Verlag, 1884
 Petrie, W.M.F., Kahun, Gurob and Hawara, London, 1890; S.27, Tafel IX
 Petrie, W. M. F., Mackay, E. und Wainwright, G., Meydum and Memphis (III), in: BSAE 16 (1910)
 Petrie, W.M.F., Medum, London 1892, S.11ff. und Pl. VIII
 Petrie, W.M.F., The Pyramids and Temples of Gizeh, London, 1883
 Petrie, W.M.F., Tools ans Weappons, London, 1917
 Pichot, A., Die Geburt der Wissenschaft, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1995
 Pitlik, H., Baustelle Cheopspyramide, in: GM 129 (1992), S.83ff.
 Pitlik, H., Baustelle Cheopspyramide aus Sicht eines Bauleiters, Eigenverlag, Wien, 2002
 Polz, D. Der Beginn des neuen Reiches – Zur Vorgeschichte einer Zeitenwende, Habilitation LMU München, 2006, DAI Kairo, Sonderschrift 31 Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2007
 Quibell, J.E., Excavations at Saqqara, The Tomb of Hesy, Kairo, 1913

- Quibell, Teti Quibell, J.E., Excavations at Saqqara, Teti Pyramid, North Side, Kairo, 1927,
- Reisner, Chaba Reisner, G. A., The Development of the Egyptian Tomb down to the Accession of Cheops, Harvard University Press, Cambridge, 1936
- Reisner, Catalogue General Reisner, G.A., Catalogue General des Antiquites Egyptiennes, No.4798–4976 et 5034–5200, Le Caire, 1913
- Reisner, Mykerinos Reisner, G. A., Mycerinos, The temples of the Third Pyramid at Giza, Havard University Press, Cambridge, 1931
- Richter, Hartsteinbearbeitung Richter, K., Altägyptische Hartsteinbearbeitung durch Sägen, in: Sokar 4 (1/2002). S.30–31
- Richter, Kupfer Richter, K. Kupfer als Werkstoff im Alten Reich, in Sokar 6 (1/2003), S.40
- Richter, Hemutiu Richter, K., Auf den Spuren der „Hemutiu“ in: Sokar 3 (2/2001), S.29ff.
- Riedl, Pyramidenbau Riedl, O.M., Der Pyramidenbau und seine Transport-Probleme, Eigenverlag, Wien, 1980
- Riedl, 1981 Riedl, O.M., Das Transportproblem bei Bau der Großen Pyramiden, in: GM 52 (1981), S.67ff.
- Riedl, 1982 Riedl, O.M., Nachtrag zu Das Transportproblem beim Bau der großen Pyramiden, in: GM 53 (1982), S.47ff.
- Ryan, Old Rope Ryan, D. Old Rope in: KMT 4, No.2,
- Romer, Pyramid Romer, J., The Great Pyramid, Cambridge University Press, 2007, S.72–80
- Saleh, Mycerinos Pyramid Saleh, A., Excavations Around Mycerinos Pyramid Complex in: MDAIK 30 (1974)
- Santos, Bautechnik Santos, dos, A., Theorien zur Bautechnik der Großen Pyramide in: Kemet 7, Heft 3 (1998), S.27ff.
- Sauerbier, Bohrwerkzeuge Sauerbier, A., Bohrwerkzeuge in der Pyramidenzeit, in: Sokar 5 (2/2002), S.44
- Schäfer, Annalen Schäfer, H. Ein Bruchstück altägyptischer Annalen, Abhandlung der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, phil.-hist. Abteilung, Anhang, Berlin 1902
- Schulze, Falken Schulze, P., Der Sturz des göttlichen Falken, Lübbe Verlag, Bergisch-Gladbach, 1983
- Spencer, Brick Architecture Spencer, A. J., Brick Architecture in Ancient Egypt, Aris Phillips Ltd., Warminster, 1979
- Spiegel, Reformbewegungen Spiegel, J., Soziale und weltanschauliche Reformbewegungen im Alten Ägypten, Heidelberg, 1950
- Stadelmann, Pyramiden Stadelmann, R., Die ägyptischen Pyramiden, Verlag von Zabern, 3. Auflage 1997
- Stadelmann, Große Pyramiden Stadelmann, R., Die großen Pyramiden von Giza, Akademische Druck- und Verlagsanstalt Graz, 1990
- Stadelmann, MDAIK 36 Stadelmann, R., Snofru und die Pyramiden von Meidum und Dahschur, in: MDAIK 36 (1980), S.437ff.
- Stadelmann, MDAIK 38 Stadelmann, R., Die Pyramiden des Snofru in Dahschur, Erster Bericht über die Ausgrabungen an der nördlichen Steinpyramide in: MDAIK 38 (1982), S.380ff.
- Stadelmann, MDAIK 39 Stadelmann, R., Die Pyramiden des Snofru in Dahschur, Zweiter Bericht über die Ausgrabungen an der nördlichen Steinpyramide in: MDAIK 39 (1983), S.234

- Stadelmann, MDAIK 43 Stadelmann, R., Beiträge zur Geschichte des AR. Die Länge der Regierung des Snofru in: MDAIK 43 (1987), S.229ff.
- Stadelmann, Pyramide und Sonnenheiligtum Stadelmann, R., Pyramide und Sonnenheiligtum des Userkaf in Sakkara und Abusir in: Sokar 7 (2/2003), S.26
- Stein, Herodot Stein, H., Herodotos, Erster Band, Waidmann'sche Buchhandlung, Berlin, 1883
- Steindorff, Grab des Ti Steindorff, G., Das Grab des Ti, Tafel 134 Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig, 1913
- Stocks, Antiquity Stocks, D.A., Stone sarcophagus manufacture in Ancient Egypt, in: Antiquity 73 (1999), S.918–922
- Stocks, Experiments Stocks, D.A., Experiments in Egyptian Archaeology Stoneworking technology in Ancient Egypt, Routledge, London, 2003
- Stocks, Great Pyramid Stocks, D., Immutable laws of friction; preparing and fitting stone blocks into the Great Pyramid of Giza, in: Antiquity 77 (2003), S.572–578
- Stocks, Handwerker Stocks, D., Auf den Spuren von Cheops' Handwerkern, in: Sokar 10 (1/2005), S.4–9
- Stocks, Werkzeugkonstrukteure Stocks, H., Werkzeugkonstrukteure im Alten Ägypten, in: Sokar 15 (2/2007), S.74ff.
- Stöcker, Physik Stöcker, H., Taschenbuch der Physik, Verlag Harry Deutsch, Frankfurt a. Main, 2000
- Strub-Roessler, Pyramiden Strub-Roessler, H., Vom Kraftwesen der Pyramiden, in: Technische Rundschau Nr. 42/43 (1952), Bern
- Teeter, Ropw-Making Teeter, E., Techniques and Terminology of Rope-Making in ancient Egypt, in: JAE 73 (1987), S.71ff.
- Tietze, Pyramide Tietze, Christian, Die Pyramide, Verlag Arcus, Potsdam, 1999
- Tompkins, Große Pyramide Tompkins, P., Cheops – Die Geheimnisse der Großen Pyramide, Knauer, Bern und München, 1995
- Urkunden I Urkunden des Alten Reichs, Erster Band, bearbeitet von Sethe, K., Hinrich'sche Buchhandlung, Leipzig, 1933
- Valloggia, Djedefre Valloggia, M., Le complexe funéraire de Rêdjédef á Abou Rawash: état des travaux après dix campagnes (1995–2004) in: BSFE, S.12ff.
- Valloggia, Abu Roasch Valloggia, M., Unvollendete Pyramiden aus der Zeit der 4. Dynastie, in: Hawass, Hrsg., Die Schätze der Pyramiden, Weltbildverlag, Augsburg, 2004
- Valloggia, Egyptian Archaeology Valloggia, M., Radjedef's pyramid complex at Abu Rawash, in: Egyptian Archaeology 23, (Autumn 2003), S.11
- Valloggia, Im Zeichen des Re Valloggia, M., Im Zeichen des Re, in: Sokar 13 (2/2006), S.19
- Vercouter, Mirgissa Vercouter, J., Hrsg., Vila, A. in: Mirgissa I., Chapitre II, Les Vestiges de la Plaine, S.193ff., Paris, 1970
- Vermeulen, Cheopspyramide Vermeulen, J. Das Geheimnis der Cheops-Pyramide, in: Bild der Wissenschaft, Februar 1989, S.43
- Verner, Abusir Preliminary Report 1997/8, Excavations at Abusir in: ZÄS 126 (1999), S.70-76
- Verner, Kongress Verner, M., www.archeogate.org/egittologia/article/657/1/nuove-
- Verner, Lepsius XXIV 1997 Verner, M., Excavations at Abusir in: ZÄS 124 (1997), S.71–76

Verner, Lepsius XXIV 1998	Verner, M., Pyramid Lepsius XXIV Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, in: Hrsg. Guksch, H. und Polz, D., Stationen – Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, v. Zabern, Mainz, 1998, S.145–150
Verner, Lepsius XXIV, 2004	Verner, M. und Krejci, J. Die Zwillingspyramide L 25 in Abusir, in: Sokar 8 (1/2004), S. 20–22
Verner, Pyramiden	Verner, M., Die Pyramiden, Rowohlt Verlag GmbH, 1998
Verner, Raneferef	Verner, M. et al. The Pyramid Complex of Raneferef, Abusir IX – The Archaeology, Tschechisches Institut für Archäologie, Prag 2006
Verner, unvollendete Pyramide	Verner, M., Eine zweite unvollendete Pyramide in Abusir, in: ZÄS 109 (1982), S.75–78
Verner, verlorene Pyramiden	Verner, M. Verlorene Pyramiden, vergessene Pharaonen, Akademia Skodaexport, Prag, 1994
Vogel, Nilschiffahrt	Vogel, C. Nilschiffahrt im Bereich des Zweiten Katarakts in: SAK 26 (1998), S.265ff.
Vyse, Operations	Vyse, H. Operations carried out on the Pyramids of Gizeh, Vol. I - III, London 1840–42
Weinstein, Annealing	Weinstein, J. ; A Fifth Dynasty Reference to Annealing, in: JARCE 11 (1974), S.23–25
Welt online	Welt online, 2.4.2007, www.welt.de/wissenschaft
Wessel	Wessel, P., Physik, Hirzel Verlag Leipzig, 1950
Wiedemann, Diodor	Wiedemann, A., Handbücher der Alten Geschichte, Band I, Ägyptische Geschichte, S.179 Verlag Gotha, 1884
Wildung	Wildung, D., Ägypten, Taschen Verlag Köln, 1997
Wilkinson, Funerary	Wilkinson, T.: Before the Pyramids: Early Developments in Egyptians Royal funerary Ideology in: Hrsg. Hendrickx. S. u.a. Egypt at its Origins, Orientalia Lovaniensia Analecta, 138 (2004)
Wolf , Snofru	Wolf, N., Die Blockiersysteme in Snofrus Pyramiden, in: Sokar, 11 (2/2005), S.24-30
Wolf, Blockierungssysteme	Wolf, N., Blockierungssysteme in Grabanlagen des Alten Reiches, Diplomarbeit, Universität Wien, 2006

10.2 Quellenverzeichnis Abbildungen

2.1.1	Arnold, Building, S.160, Fig.4.88/1
2.1.2	Lehner, Geheimnis S.95
2.1.3	Arnold, Building, S.160, Fig.4.88/5
2.1.4	Arnold, Building, S.160, Fig.4.88/6
4.1.1	Steindorf, Grab des Ti
4.1.2	Foto Müller-Römer
4.1.3.1	Davies, Rechmire, Pl.17
4.2.2.1.1	Maragioglio IV, Tav.7, Fig.3
4.2.2.1.2	Petrie, Pyramids, Pl.XII
4.2.2.2	Maragioglio VI, Tav.5, Fig.3
4.2.2.3.1	Hölscher, Chephren, Ausschnitt Blatt XVIII
4.2.2.3.2	Hölscher, Chephren, S.77
4.2.2.3.3	Reisner, Mycerinos, Plate A (6)
4.2.2.3.4	Munt, Kemet 4 / 2002, Abb.2, S.61
4.2.2.4.1	Domning, Ropework, S.50