Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Frank FRÖSE

fröse multimedia, Sorpestraße 12, D-44807 Bochum

Kurzfassung: Im Jahr 2017 wurde durch die Detektierung von Myonen – eine kosmische Strahlung die sich in der Durchdringung von festen Körpern und Hohlräumen anders verhält – ein Hohlraum (eigene Bezeichnung „Z7“, s. 2.3 Arbeitsweise) über der Großen Galerie (Bezeichnung „G“ nach Maragioglio/Rinaldi) im Innern der Cheops-Pyramide lokalisiert (Myonenstrahlung: s. 1. Einleitung).

Diese Studie versucht anhand von Originalzeichnungen (Maragioglio/ Rinaldi) und mittels durch den Autor durchgeführte Vektorisierungen (digitale Nachzeichnungen), eine konkretere Vorstellung vom Aussehen und der Funktion von „Z7“ zu vermitteln. Durch die Methode der Vektorisierung können Größen, wie beispielsweise Breite, Höhe und Länge des Hohlraumes gewonnen werden**,** in dem nachgezeichnete Maßstäbe (mm) durch Verhältnisgleichungen in Meter umgerechnet werden.

Es werden drei mögliche Varianten zum Bau von „G“ dargelegt:

- Bauvariante 1 (heute – Fachmeinung, s. 3.1.1),
- Bauvariante 2 (ursprüngliche Planung – erste These, s. 3.1.2) und
- Bauvariante 3 (Weiterbau nach Baustopp – zweite These, s. 3.2.1).

Zusätzlich werden Berechnungen zur (Haft-)Reibkraft $F_{R\ Haft}$ und der Hangabtriebskraft F_H durchgeführt, um zu klären, ob die sägezahnförmige Seitenwandkonstruktion von „G“ die das Hinabgleiten der Decksteine verhindern sollte (Fachmeinung), überhaupt notwendig war. In der Berechnung unter 3.1.1.4 werden Steinblöcke und unter 3.2.1.2 Steinplatten angenommen, die nur flach (also ohne Sägezähne) auf den beiden Seitenwänden von „G“ aufliegen. Der Unterschied zwischen Steinblock und Steinplatte wird in 2.1 definiert.

Ebenfalls berechnet wird das mögliche heutige Volumen von „Z7“ (s. Tafeln 6 und 8) und das Volumen, wenn „G“ tatsächlich vollendet worden wäre (s. Tafeln 10 und 11) – denn anders als die Fachmeinung, geht der Autor von einer heute unfertigen Großen Galerie „G“ aus.

In allen Tafeln – am Ende dieser Studie – sind alle Bauvarianten viel größer und detailreicher visualisiert (DIN A2) als die folgenden Vorschaubilder. Insbesondere Tafel 6 und 8, sollen den heutigen Zustand von „G“ und „Z7“ darstellen.

Schlüsselwörter: Cheops-Pyramide, Cheopspyramide, unerforschter Hohlraum, Große Galerie, Entlastungskammer, König Cheops (Khufu)

1. Einführung

In der Abdeckung von kleineren und größeren Hohlräumen (Gänge und Kammern) gibt es in der altägyptischen Bauweise vier Varianten:

I. Flachdecke (s. Abb. 1a, 1b),
II. Gewölbedecke (s. Abb. 2a, 2b),
III. Kragsteindecke (s. Abb. 3a – 3c),
IV. Giebeldecke (s. Abb. 4).



Abbildung 1a
Konstruierte Flachdecke in der sog. Königs- oder Grabkammer der Cheops-Pyramide
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 25b/16



Abbildung 1b
In den Felsen gemeißelte Flachdecke in der Vorkammer der Mykerinos-Pyramide
© 1998 fröse multimedia, Frank Fröse, 45a/31



Abbildung 2a
„Falsches" Tonnengewölbe in der Grabkammer der Mykerinos-Pyramide. Blick nach Osten.
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 45a/48



Abbildung 2b
„Falsch", weil eigentlich eine Giebeldecke, welche unten als rundes Gewölbe (Tonnengewölbe) ausgemeißelt wurde. Blick von oben nach Westen auf die Granitbalken der Giebeldecke. Diese besitzt keine statische Funktion, da sie in einem Felsen-Hohlraum aufgebaut wurde.
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 45b/1



Abbildung 3a
Kragsteindecke in der Grabkammer der Medum-Pyramide
© 2000 fröse multimedia, Frank Fröse, 425b/9



Abbildung 3b
Kragsteindecke in der Grabkammer der Roten Pyramide
© 1998 fröse multimedia, Frank Fröse, 345a/44



Abbildung 3c
Kragsteindecke in der unteren Grabkammer der Knick-Pyramide
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 375a/17



Abbildung 4
Giebeldecke in der Grabkammer der Unas-Pyramide
© 1994 fröse multimedia, Frank Fröse, 215a/11

Allgemein hat eine Raum- oder Hohlraum-Decke statische Gründe zu erfüllen, nämlich für eine Abstützung und Entlastung des überspannten Luftraumes zu sorgen und so den Raum/Hohlraum überhaupt erst zu ermöglichen. Im Gegensatz zu vergleichbaren Kragsteindecken beispielsweise in der Medum-, Knick- und Roten Pyramide, die an den oberen Enden geschlossen sind, schließt „G“ oben mittels Decksteinen genau genommen „nur flach“ ab.

Als Erbauer der vorgenannten drei Pyramiden wird König Snofru genannt, dem direkten Vorgänger des Cheops. Es wird dadurch eine Weiterführung und Perfektionierung dieser Deckenbauweise angenommen (Fachmeinung)[1].

In Abb. 5 wird in „G“ die Kragsteindecke bestehend aus den Decksteinen (mittig) sowie die Kragsteinwände im Osten, Süden und Westen (unten, links, oben) bzw. dass Kraggewölbe gezeigt.

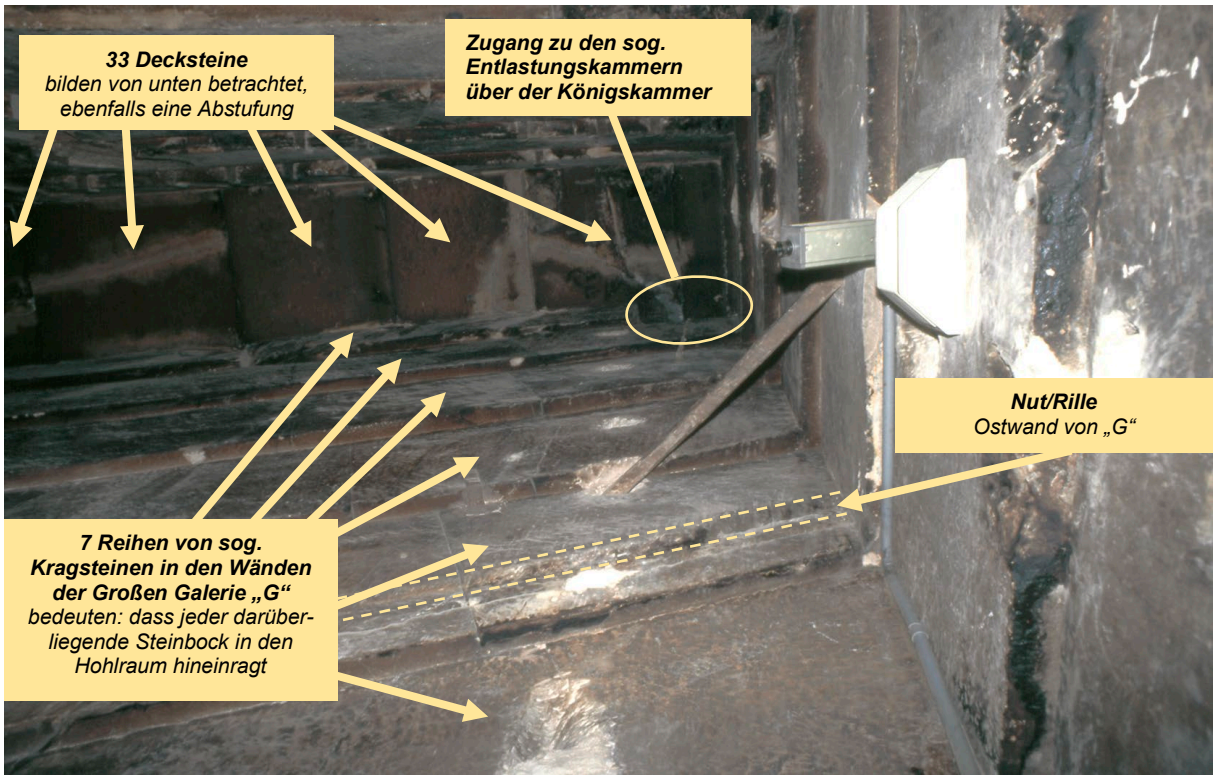


Abbildung 5
Kragsteindecke/Kraggewölbe in der Großen Galerie „G“ der Cheops-Pyramide, Süd-Ost-Ecke, Blick nach oben
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 25a/50

nach Maragioglio & Rinaldi

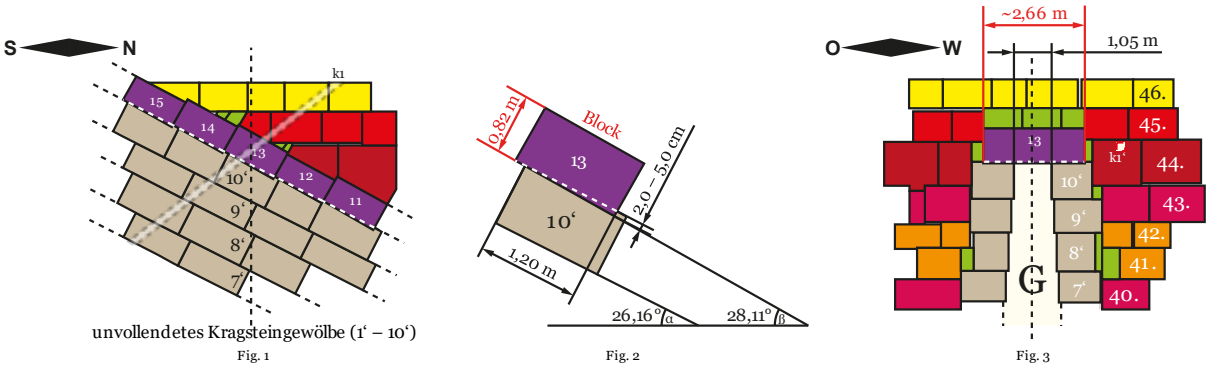


Abbildung 6
Oberer Abschluss der Großen Galerie
© Vorlage Maragioglio & Rinaldi, Ergänzungen Autor

Die heutigen Decksteine von „G“ liegen eingebettet in sägezahnförmigen Ausschnitten in den längeren Seitenwandblöcken (Ost- und Westwand der Galerie, s. Abb. 6: Figur 1 und 2, violett). Da die Große Galerie von Süden nach Norden hin abfällt, soll diese Konstruktionsweise die sich summierenden Schubkräfte eliminieren, die sich dadurch ergeben würden, wenn die Decksteine nur auf den glatten Oberseiten der beiden Seitenwand-Blockreihen aufliegen würden (Fachmeinung)[2]. Hier gäbe es ebenfalls zu bedenken, dass nicht nur die Decksteine ins Rutschen kämen, sondern auch das darauf aufbauende Kernmauerwerk (s. Abb. 6: Figuren 1 und 3) und damit eine gewaltige Last auf den Steinschichten an der gesamten Galerie-Nordwand aufträte. In diesem besonderen Galeriebereich zeigt sich an der Galerie-Ost- und Westwand eine Verlaufsänderung der Blockfugen in die Vertikale (Lotrechte, s Abb. 9: „Q“). Maragioglio & Rinaldi nennen diese Stellen einen „…starken Punkt, der eng mit dem Rest des umgebenden Mauerwerks verbunden ist und so ausgeführt wurde, dass er

allen Belastungen der restlichen Bauelemente der Galerie standhalten kann.“[3] (Übersetzung mit DeepL). Im gesamten restlichen Teil von „G“ stehen die Blockfugen der Seitenwände senkrecht zur Galerieneigung von ≈ 26,16°.

Zusammengefasst bilden in „G“ die Decksteine mit den nach innen auskragenden Galerie-Seitenwänden das in der Fachwelt so bezeichnete vierseitige „Kraggewölbe“[4].

Neben der Statik sei auch die ästhetische Wirkung auf den Betrachter im Innern von „G“ erwähnt. Es ist die Schlichtheit und deren Ausmaße (Höhe: 8,60 m, N/S-Länge: 46,12 m, O/W-Breite auf den Banketten: 2,09 m) die uns heute noch ehrfürchtig diesen Raum betreten lässt[5] – apropos betreten, kann man „G“ von Norden her, d. h. die Breite der Großen Galerie am Fußboden ist mit den 1,05 m genauso „schmal“ wie das vorausgehende Ende des ansteigenden Ganges „A“. Der Fußboden von „G“ war beim Bau glatt, d. h. die heutige „Hühnerleiter“ bzw. die Holzbeplankung gab es nicht (s. Abb. 7). Auf ihm sollen mind. drei Granitblöcke für den Verschluss von „A“ vorgehalten worden sein[6]. Den Fußboden begrenzen im Osten und Westen ca. 0,52 m breite wie hohe Bankette „O“ (auch als Podeste/Bänke/Rampen bezeichnet, s. Abb. 7) und ergeben darüber die o. g. Galeriebreite von 2,09 m. Ab der Oberseite der Bankette sind es nach oben bis zur ersten Auskragung bzw. Vorsprung 1,65 m. Die Bedeutung der Bankette ist in der Fachwelt unklar bis umstritten[7].

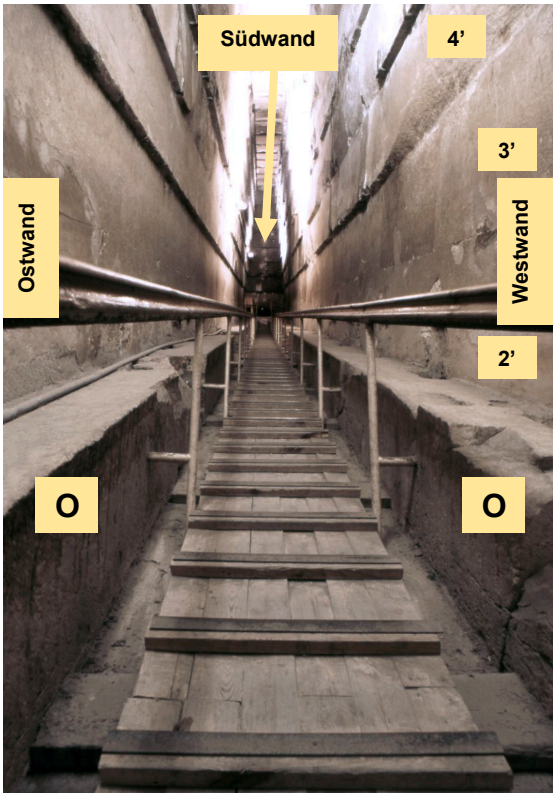


Abbildung 7
Bankette „O“ der Großen Galerie „G“
© 1996 fröse multimedia, Frank Fröse, 25a/48

An den seitlichen Enden beider Bankette befinden sich in der Ost- und Westwand der Galerie je 25 vertikal eingemeißelte Nischen (s. Abb. 9: Fig. 5 und Tafel 2: N/S-Schnitt, Römisch I – XXV). Die Nischen stehen, im Gegensatz zur Neigung der Seitenwände, lotrecht. Die Bedeutung dieser Nischen ist in der Fachwelt unklar bis umstritten[8].

Auf den Oberseiten der Bankettblock-reihen befinden sich je 26 rechteckige Vertiefungen deren Nordseiten recht-winklig zur Neigung der Bankette stehen (Länge abwechselnd: 52 – 59 cm, alle Breiten: 14 cm; das 27. Paar befindet sich auf der Großen Stufe). Die jeweiligen Südseiten der Vertiefungen stehen dagegen wieder lotrecht. Der Abstand von den Bankettoberseiten zu den jeweiligen „Böden“ der Vertiefungen ist mit 18 cm überall gleich (s. Abb. 9: Fig. 5). Die Bedeutung dieser Vertiefungen ist in der Fachwelt unklar bis umstritten[9].

Entlang der Steinreihe 6‘ verläuft im gleichen Steigungswinkel auf der östlichen und westlichen Seitenwand von „G“ eine grob eingemeißelte „Rille/Nut“ von ca. 2 cm Tiefe und ca. 15 cm Höhe (s. Abb. 5, 8 und Tafel 1: Fig. 1). Die Bedeutung dieser beiden Rillen/Nuten ist in der Fachwelt unklar bis umstritten[10].

Die Nordseite von „G“ besitzt nur sechs Auskragungen bzw. Vorsprünge, weil die erste Auskragung über der Austrittsöffnung von „A“ weggelassen wurde. Der Grund ist unbekannt, obwohl schon die ersten zwei Auskragungen den seitlichen angepasst wurden, was bedeutet, sie können erst nach dem Verlegen des dritten und vierten übereinander liegenden Kalksteinblocks der Nordwand entstanden sein[11]. Erst die Auskragungen 3 – 6 werden durch tatsächliche Überhänge von Steinblöcken gebildet. Die Südseite besitzt dagegen wieder sieben Auskragungen, die alle durch tatsächliche Überhänge von Steinblöcken gebildet werden – wie die Seitenwände im Osten und Westen von „G“.

Ein internationales Team lokalisierte bereits im Jahr 2017 durch die Detektierung von Myonenstrahlung[12] (kosmischer Strahlung) einen möglichen Hohlraum über der Großen Galerie. Die mögliche Hohlraumgröße wird durch eine „Messpunktwolke“ beschrieben (ca. 30 – 47 m lang, ca. 8 m hoch mit einem Volumen von ca. 600 m^3, s. Trailer bei 06:02 – 06:09 min), die vergleichbar mit der Großen Galerie selbst wäre. Als Beginn und Ende der Punktwolke wird der Beginn und das Ende der Großen Galerie angenommen (s. Trailer bei 05:59 min). Angenommen wird vom Projektteam, dass die Höhenlage (bezogen auf den Pyramidenfuß) zwischen 50 – 70 m schwankt (s. Trailer bei 06:17 min)[13]. Übrigens wurde die Messung von kosmischen Strahlen innerhalb der Cheops-Pyramide bereits 1968 von Dr. Luis Alvarez durchgeführt. Schon damals gab es Differenzen zwischen Mauerwerk und Hohlraum. Da aber die Messergebnisse damals noch auf Magnetbändern gespeichert wurden, waren diese störanfällig und konnten einer wissenschaftlichen Prüfung nicht standhalten[14].

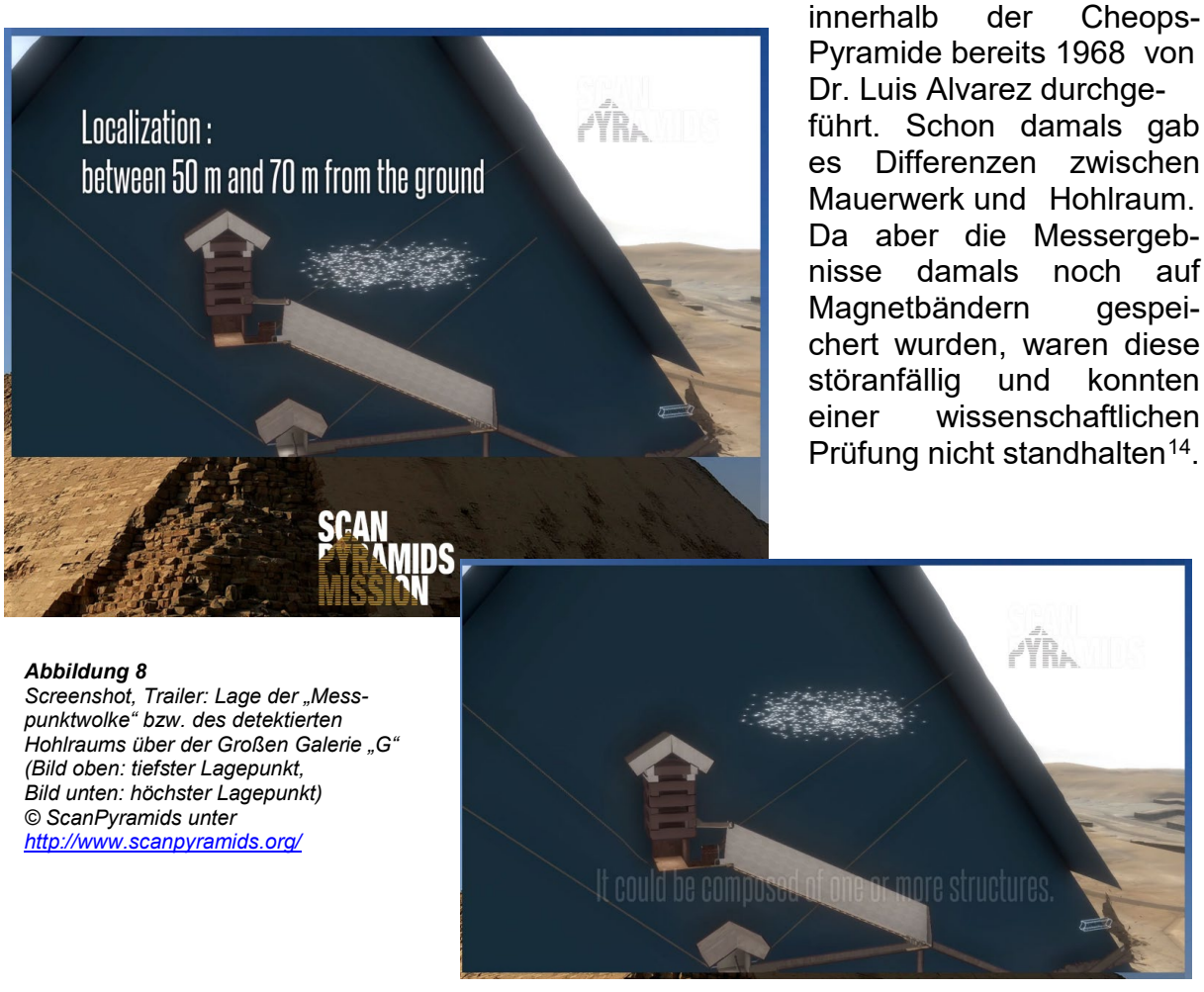


Abbildung 8
Screenshot, Trailer: Lage der „Messpunktwolke“ bzw. des detektierten Hohlraums über der Großen Galerie „G“ (Bild oben: tiefster Lagepunkt, Bild unten: höchster Lagepunkt)
© ScanPyramids unter http://www.scanpyramids.org/

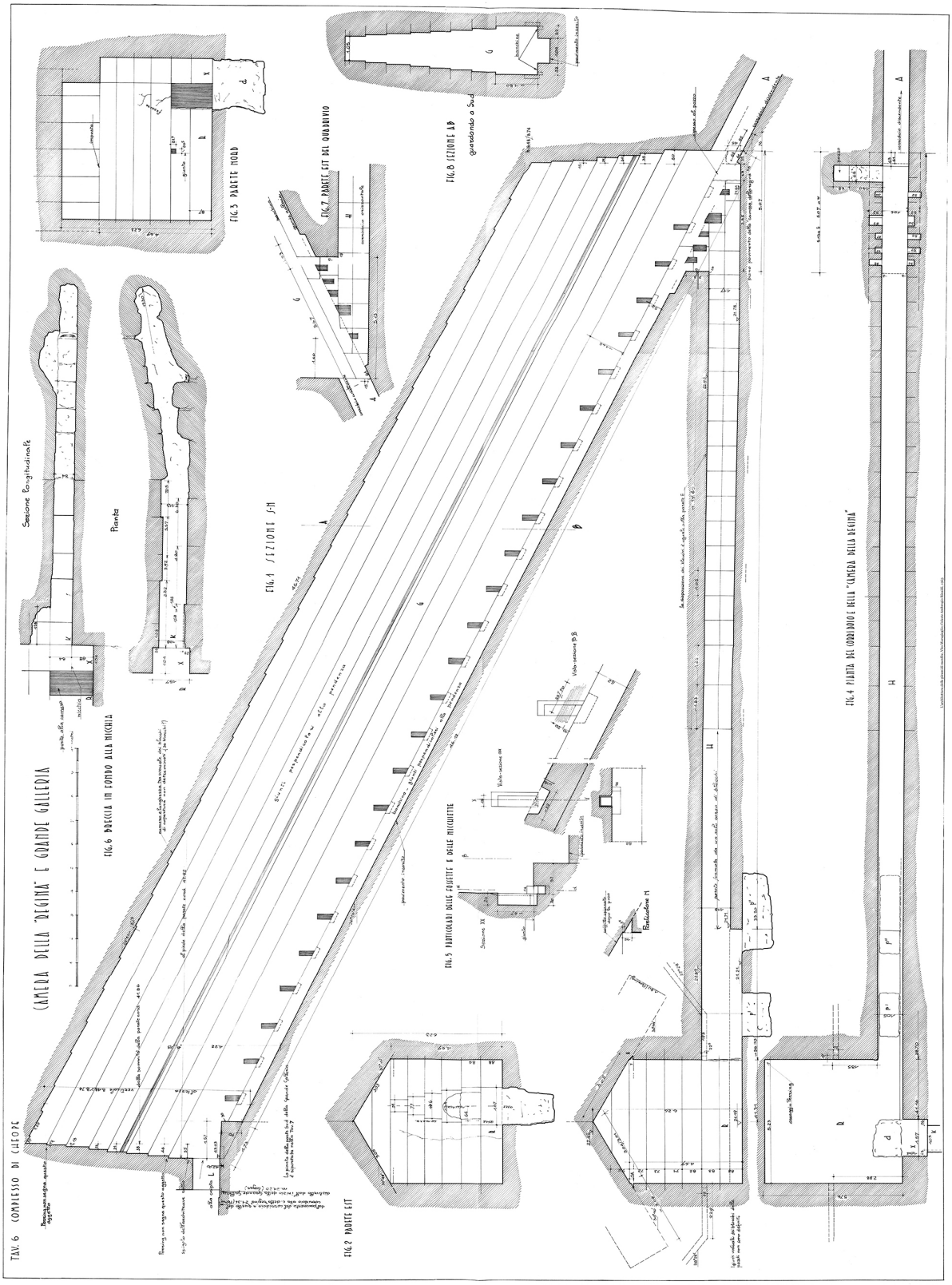


Abbildung 9
Konstruktionszeichnungen der Großen Galerie „G“ (vgl. Fig. 1, 5, 7, 8) und Königinnen-Kammer „R“ (vgl. Fig. 2, 3, 4) mit 2. horizontalem Gang „H“ und dem „Grabräubergang“ ab der Nische in „R“ (vgl. Fig. 6)
© *L*'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Tavole, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, Turin *1962;*
Download der PDF-Datei unter http://www.gizapyramids.org/

2. Methodik

2.1 Definitionen

2.1.1. Festlegung des Unterschieds von „Steinblock“ und „Steinplatte“ in den Beschreibungen und Tafeln dieser Studie:

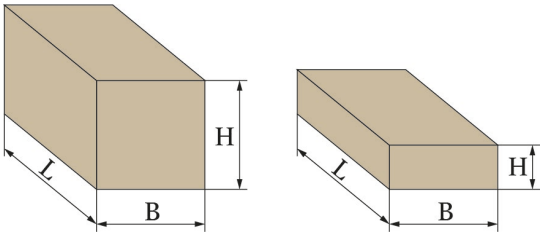


Abbildung 10a
Definition einer Steinblockbemaßung

- **B:** Breite einer Stirn-, Deck- oder Bodenflächen eines Steinblocks.
- **H:** Höhe einer Stirn- oder Seitenflächen eines Steinblocks.
- **L:** Länge der Seitenflächen eines Steinblocks.
- Ist B gleich H oder weichen beide nur gering voneinander ab, ist ein quaderförmiger Steinblock mit quadratischer oder leicht rechteckiger Stirnfläche gemeint.
- Ist H gegenüber von B bedeutend kleiner, ist eine quaderförmige Steinplatte mit rechteckiger, stark flacher Stirnfläche gemeint.

2.1.2. Festlegung des Begriffs „Steinschicht“:

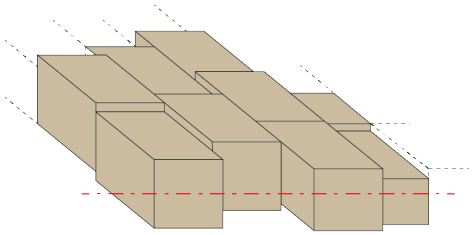


Abbildung 10b
Definition einer Steinschicht

- Aneinanderreihung von Steinblöcken entlang ihrer Stirn- und Seitenflächen zu einer horizontalen Steinschicht.
- Es liegen Teile der Stirnflächen in einer Nivellierhöhe über Bodenniveau. Jeder Block kann innerhalb der Schicht aber mit B, H, und L unterschiedlich sein.
- Es muss innerhalb der Steinschicht ober- und unterhalb aller Blöcke keine durchgehende gemeinsame Grund- oder Deckfläche entstanden sein.

2.1.3. Festlegung des Begriffs „Steinreihe“:

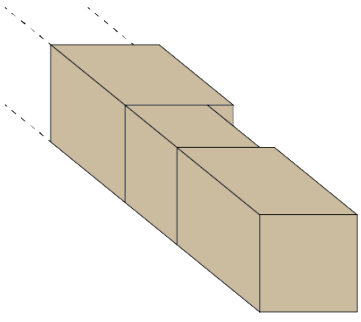
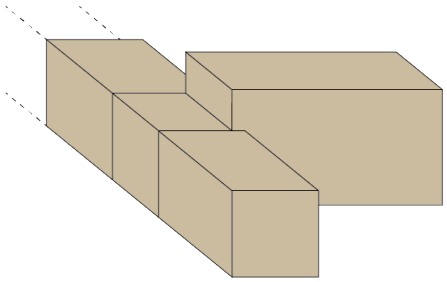


Abbildung 10c
Definition einer Steinreihe

- Aneinanderreihung von Steinblöcken nur entlang ihrer Stirnflächen zu einer horizontalen oder schrägen Reihe.
- Alle Steinblöcke besitzen eine gemeinsame Grund- und Deckfläche sowie eine gemeinsame Seitenfläche.
- Die Blockbreiten und -längen können dagegen unterschiedlich sein.

2.1.4. Festlegung des Begriffs „Steinlage“:



- Örtliche Lage eines einzelnen oder mehrerer einzelner Steinblöcke in einer Steinschicht oder Steinreihe.
- Die Breite, Höhe und Länge eines einzelnen oder mehrerer einzelner Steinblöcke können jedoch unterschiedlich sein.

Abbildung 10d
Definition einer Steinlage

2.2 Variablen

Scans von großen, ehemals gefalteten Plänen können an den Falzkanten Verwerfungen aufweisen, so dass bei dieser Vektorisierung entschieden wurde, diese zu entfernen, was nicht immer zu einem Ergebnis im 1/1000 Millimeterbereich führt. Insbesondere, weil der Autor keinen Einfluss auf den verwendeten ursprünglichen Scan hat.

Hypothetisch in den Tafeln sind:

a. Deck-, Boden-, Seitenblöcke in „H“ (horizontaler Gang zur Königinnenkammer) und „R“ (Königinnenkammer) wurden nach eigenen Beobachtungen in Mused[11] gezeichnet und sind abweichend zu den Zeichnungen von G. Dormion[15].
b. Deckblöcke der Großen Galerie:
   b1) Höhe der Deckblöcke oder Deckplatten.
c. Seitenwände der Großen Galerie:
   c1) Genaue Lage der sägezahnförmigen Aussparungen in den Seitenwandblöcken insbesondere:
      - ob diese immer mittig im Block liegen = Läufer-Bauweise oder
      - ob diese variieren (z. B. auch mal die senkrechte Fuge zwischen zwei Seitenwandblöcken treffen). Dem Autor ist keine Zeichnung bekannt, in der die detaillierte Lage eines jeden Deckblocks in Bezug auf die Seitenwandblöcke von „G“ darstellen[16].
   c2) Steinreihe 1‘ (s. in Tafel 2: Große Stufe bzw. Eingang von „L“ und ggf. „P“): Diese Steinreihe existiert bei Maragioglio und Rinaldi[3] nicht immer (Übersetzung mit DeepL): „Wir haben festgestellt, dass die Bankblöcke im Allgemeinen über die Seitenwände hinausgehen, indem wir die folgenden Details untersucht haben: die Öffnung des Serviceschachtes, kleine Unterbrechungen in der Unterkante der Seitenwände und besonders die rechteckig ausgeschnittenen Löcher in den Bänken, wo man sehen kann, dass die Fugen zwischen einigen der Blöcke unter den Seitenwänden der Galerie weitergehen. Daher ist es sicher, dass die Bänke von Anfang an geplant waren und nicht erst nach dem Bau der großen Galerie hinzugefügt wurden: Tatsächlich scheint es, dass die Seitenwände von (G) auf ihnen ruhen.“.
   c3) Genaue Anzahlen der verbauten Kalksteinblöcke in den Steinreihen 2‘ – 10‘ bzw. der Westwand von „G“.

Dem Autor ist keine Zeichnung bekannt, in der die detaillierte Lage eines jeden Blocks dieser 9 Steinreihen darstellen[16], deshalb sind in den Tafeln die gezeichneten Blockanzahlen dieser Steinreihen hypothetisch.

d. Bankette der Großen Galerie:
   d1) Genaue Anzahlen der verbauten Kalksteinblöcke in den Banketten.
   Dem Autor ist keine Zeichnung bekannt, in der die detaillierte Lage eines jeden Blocks in den Banketten darstellen, deshalb sind in den Tafeln die gezeichneten Blockanzahlen in den Banketten hypothetisch.
e. Fußboden der Großen Galerie:
   e1) Genaue Anzahl der verbauten Kalksteinblöcke im Galerieboden.
   Dem Autor ist keine Zeichnung bekannt, in der die detaillierte Lage eines jeden Blocks im Galerieboden darstellen, deshalb sind in den Tafeln die gezeichneten Blockanzahlen im Galerieboden hypothetisch.
f. Kernmauerwerk:
   f1) Genaue Anzahlen der verbauten Kalksteinblöcke in den Schichten des Kernmauerwerks (dazu müsste die Pyramide abgetragen werden ;-).
   f2) Genauigkeit bei der Einhaltung der horizontalen Trennfugen zwischen den jeweiligen Schichten im Kernmauerwerk (**also ob tatsächlich eine horizontale Fuge die z. B. die 35. und 36. Steinschicht trennt von den vier Ecken über die vier Seiten in das Pyramidenzentrum verläuft** – dem Autor nach: sehr unwahrscheinlich![17]). Um eine Einordnung der Hohlräume in das Kernmauerwerk zu verdeutlichen, wurde es in den Tafeln zeichnerisch aber genauso umgesetzt!
   f3) Genaue Höhenlage der Steinschichten in Bezug zur Lage der Innenräume (**derzeitige Annahmen gehen davon aus, dass alle Fugen zwischen den Steinschichten des Kernmauerwerks tatsächlich von den vier Ecken über die vier Seiten in das Pyramidenzentrum verlaufen**) das führte zu Angaben wie:
   50. Steinschicht = Oberseite der Großen Stufe in „G“ (nach Maragioglio & Rinaldi[3]). So wurde es in den Tafeln zeichnerisch auch umgesetzt.

2.3 Arbeitsweise

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Hohlraum-Entdeckung durch Myonen-Strahlung über der Großen Galerie „G“ mittels Vektorisierung in einen Konstruktionsvorschlag (Hypothese) für diesen Hohlraum „Z7“ (Maragioglio & Rinaldi: „Z1 – Z5“; neuentdeckter Hohlraum über dem originalen Pyramidenzugang: „Z6“[18]) umzusetzen. Vorlage hierfür bilden die Konstruktionszeichnungen von Maragioglio & Rinaldi (s. Abb. 9). Übernommen wurden außerdem die Bemaßung, der Maßstab, die Steinschichten-Nummerierung (bis 50. Steinschicht, nachfolgende 51. – 203. nach Petrie) und die Versalien zur Bezeichnung wichtiger Bauelemente (s. Tafellegende).

Für die Bezeichnung markanter Steinreihen/Blöcke in „G“ wurden Nummerierungen (u. A. mit einfachen oder doppelten Hochstrichen) benutzt. Die Vertiefungen im westlichen Bankett „O“ erhielten eine Nummerierung mit arabischen Zahlen, die Nischen in 2‘ (Westwand in „G“) jedoch römische Zahlen.

Herangezogen wurde externes und eigenes Bildmaterial (jeweilige Quellenangabe als Bildlegende am Bild).

Der Vorlage-Scan der Konstruktionszeichnung von Maragioglio & Rinaldi lag bereits vor (s. Abb. 9: Quellenangabe). Größe: 1016 x 715,43 mm, Auflösung: 300 ppi (Pixel per Inch). Die Vorlage wurde in dem Vektorprogramm „Adobe© Illustrator“ platziert und digital nachgezeichnet. Dabei wurden „intelligente Hilfslinien“ und „an Punkt/Glyphe ausrichten“ genutzt - die magnetische Eigenschaften besitzen, so dass z. B. Ecken von Objekten oder via „Schnittmenge bilden“ Eckpunkte an Pfade exakt aneinander treffen.

Auf eine genaue Darstellung der rauen Oberflächen von Steinblöcken, Giebelbalken und Bodenblöcken wurde zu Gunsten eines besseren Verständnisses verzichtet. Jedoch wurde in den Tafeln (2-D-Ansichten) versucht, jeden einzelnen Block eine andere Breite(!) zu geben und damit die Einzigartigkeit der verbauten Steine zeichnerisch darzustellen.

Lufträume in Kammern, Gängen und Hohlräumen wurden milchig transparent dargestellt, so dass ein Luftraum z. B. bis in den First eines Giebeldaches dargestellt werden konnte.

Sich ergebende Hohlräume zwischen den Steinblöcken wurden hellgrau ausgefüllt. Diese Zwischenräume können leer oder mit Mörtel, Sand sowie Gesteinssplitt verfüllt sein.

Um wichtige Blöcke sowie die unterschiedlichen Steinhöhen besser erkennbar und deren Funktionsweise verständlicher zu machen, wurden diese unterschiedlich farbig gestaltet (s. Tafellegende).

Größe und Auflösung der Original-Scans wurden nicht verändert, jedoch wurde die horizontale Ausrichtung der Scans exakt angepasst und diese im Vektorprogramm horizontal und vertikal aneinander gereiht.

Der Maßstab wurde ebenfalls mit vektorisiert. Die Maßstabumrechnung (Maragioglio/Rinaldi -> Vektorisierung Original) beträgt 10 m = 197,947 mm -> 1 m = 19,795 mm. Nach der Vektorisierung wurde die entstandene Zeichnung proportional auf A2 herunter skaliert. Nach der Skalierung beträgt der Maßstab bei A2: 10 m = 60,362 mm -> 1 m = 6,036 mm.

Die im folgenden Text eingebauten Zeichnungen sind lediglich Vorschauansichten und sind besser in den großen Tafeln in DIN A2 zu betrachten.

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

LEGENDE (nur für gezeichnete Objekte)

BAUELEMENTE

A ansteigender Gang
C sog. Königskammer
G Große Galerie
H 2. horizontaler Gang (zur Königinnenkammer)
k1 sog. Luftkanal Königinnenkammer (Nordseite)
k1' Lage Luftkanal (wenn Verlauf nicht gekrümmt wäre)
k2 sog. Luftkanal Königskammer (Nordseite)
k2' Lage Luftkanal (wenn Verlauf nicht gekrümmt wäre)
k3 sog. Luftkanal Königinnenkammer (Südseite)
k4 sog. Luftkanal Königskammer (Südseite)
L 3. horizontaler Gang (zur Königskammer)
O Bankett (oder auch: Bank/Podest/Rampe)
P sog. Serviceschacht
Q Übergang Große Galerie (zum 2. horizontalen Gang)
R sog. Königinnenkammer
S Fallsteinkammer
Z1 1. sog. Entlastungskammer (Davison-Kammer)
Z2 2. sog. Entlastungskammer (Wellington-Kammer)
Z3 3. sog. Entlastungskammer (Nelson-Kammer)
Z4 4. sog. Entlastungskammer (Lady-Arbuthnot-Kammer)
Z5 5. sog. Entlastungskammer (Campbell-Kammer)
Z7 5. sog. Entlastungskammer über G

STEINLAGEN

Kernmauerwerk: 22. – 86. Steinlage

G Große Galerie:
Nordwand: 2 – 8 [1 = Öffnung, ansteigender Gang (A); 7 Steinlagen]
Westwand: 1' – 10'
Ostwand: ---
Südwand: 2 – 9 [1 = Öffnung, 3. horiz. Gang (L); 8 Steinlagen]
Deckenblöcke: 1 – 33 (33 Stück)

H 2. horiz. Gang (Westwand):
unterste Steinlage: 1 – 25 (25 Stück; davon 18 – 23 = für beide Steinlagen, 6 Stück)
oberste Steinlage: 1' – 17', 24' – 25', 26 – 28 (22 Stück)

H 2. horiz. Gang (Ostwand):
unterste Steinlage: ---
oberste Steinlage: ---

--- nicht bildlich dargestellt -> nicht nummeriert

KAMMERN & HOHLRÄUME

C Königskammer:
Decke: Balken I – IX [arab.: 1 – 9, 9 Stück]

Z1 Davison-Kammer:
Decke: Balken X – XVII [arab.: 10 – 17, 8 Stück]
Nord-Seite: Block XLIV [arab.: 44, 1 Stück?] (falls es nur ein Block ist)
Süd-Seite: Block XLV [arab.: 45, 1 Stück?] (falls es nur ein Block ist)

Z2 Wellington-Kammer:
Decke: Balken XVIII – XXVI [arab.: 18 – 26, 9 Stück]
Nord-Seite: Block XLVI [arab.: 46, 1 Stück?] (falls es nur ein Block ist)
Süd-Seite: Block XLVII [arab.: 47, 1 Stück?] (falls es nur ein Block ist)

Z3 Nelson-Kammer:
Decke: Balken XXVII – XXXV [arab.: 27 – 35, 9 Stück]
Nord-Seite: Blöcke XLVIII – L [arab.: 48 – 50, 3 Stück]
Süd-Seite: Blöcke LI – LIII [arab.: 51 – 53, 3 Stück?] (falls es nur drei Blöcke sind)

Z4 Lady-Arbuthnot-Kammer:
Decke : Balken XXXVI – XLIII [arab.: 36 – 43, 8 Stück]
Nord-Seite: Mauerwerk
Süd-Seite: Mauerwerk

Z5 Campbell-Kammer:
Giebeldecke: Balkenpaare 1 – 11, 1' – 11' [11 Paare, 22 Stück]
Nord-Seite: Mauerwerk
Süd-Seite: Mauerwerk

R Königinnenkammer:
Giebeldecke: Balkenpaare 1 – 7, 1' – 7' (7 Paare, 14 Stück; 7 und 7' = durch Autor hinzugefügt)

Z6 Hohlraum über dem originalen Pyramideneingang (hinter der giebelförmigen Entlastungskonstruktion, durch Autor vorgeschlagen[11])

Z7 Unerforschter Hohlraum (über Großer Galerie):
Giebeldecke: Balkenpaare 1 – 43, 1' – 43' (43 Paare, 86 Stück = vermutet durch Autor)

NISCHEN & VERTIEFUNGEN

Nischen:
2. horiz. Gang (Westwand): a – e
2. horiz. Gang (Ostwand): f – j
Große Galerie (Westwand): I – XXV [arab.: 1 – 25, 25 Stück]
Große Galerie (Ostwand): XXVI – L [arab.: 26 – 50, 25 Stück]

Vertiefungen:
Bankett (Westwand): 1 – 27 (1 = zerstört durch Eingang Serviceschacht; 27 Stück)
Bankett (Ostwand): 28 – 54 (27 Stück)
Große Stufe (Westseite): 28 (1 Stück)
Große Stufe (Ostseite): 55 (1 Stück)

FARBCODE

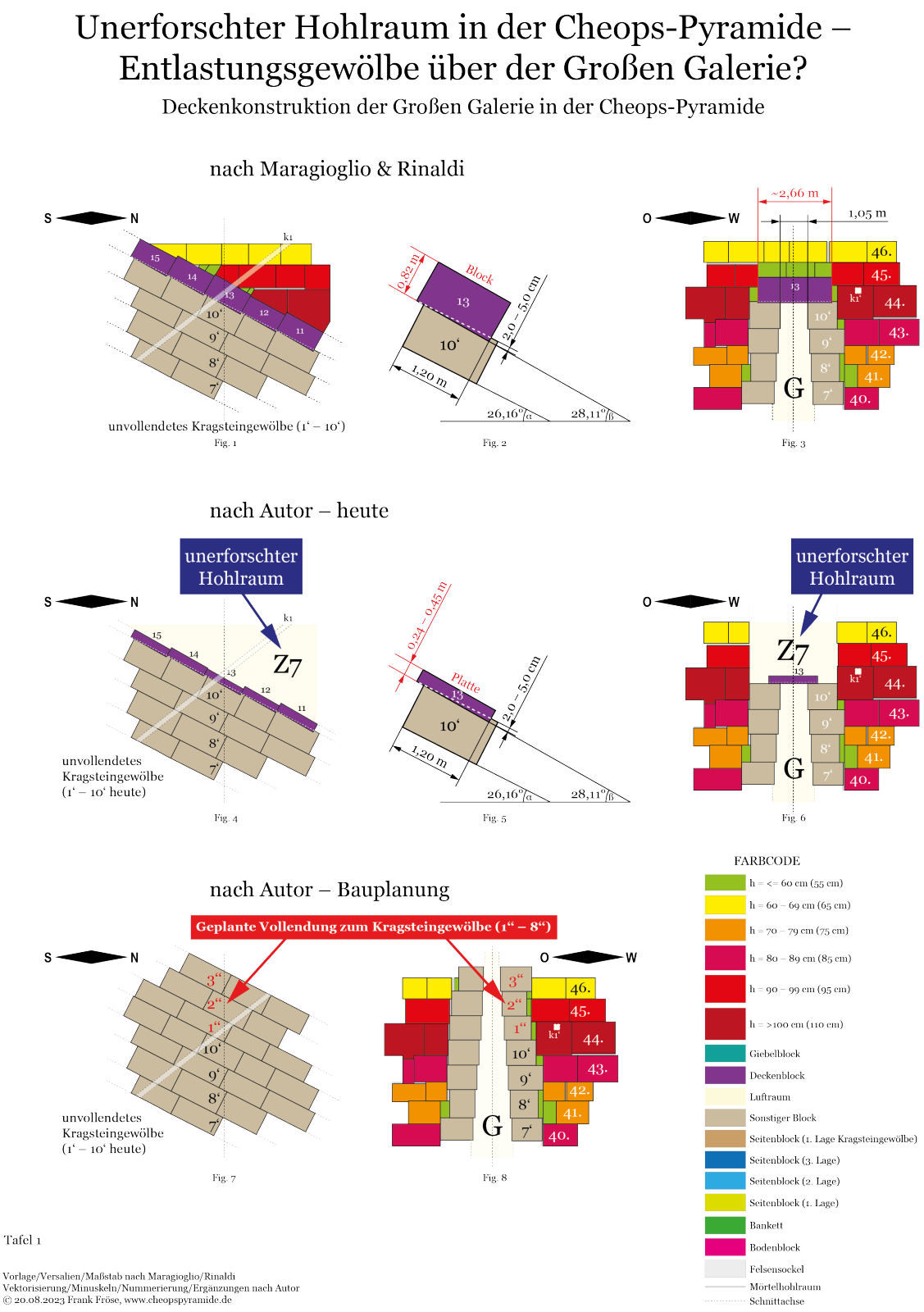
- h = <= 60 cm (55 cm)
- h = 60 – 69 cm (65 cm)
- h = 70 – 79 cm (75 cm)
- h = 80 – 89 cm (85 cm)
- h = 90 – 99 cm (95 cm)
- h = >100 cm (110 cm)
- Giebelblock
- Deckenblock
- Luftraum
- Sonstiger Block
- Seitenblock (1. Lage Kragsteingewölbe)
- Seitenblock (3. Lage)
- Seitenblock (2. Lage)
- Seitenblock (1. Lage)
- Bankett
- Bodenblock
- Felsensockel
- Mörtelhohlraum

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Tafellegende (Vorschau)
Farbcode von Steinblockhöhen und Beschreibungen der gezeichneten Objekte in allen Tafeln sowie in der Studie selbst

3. Ergebnisse

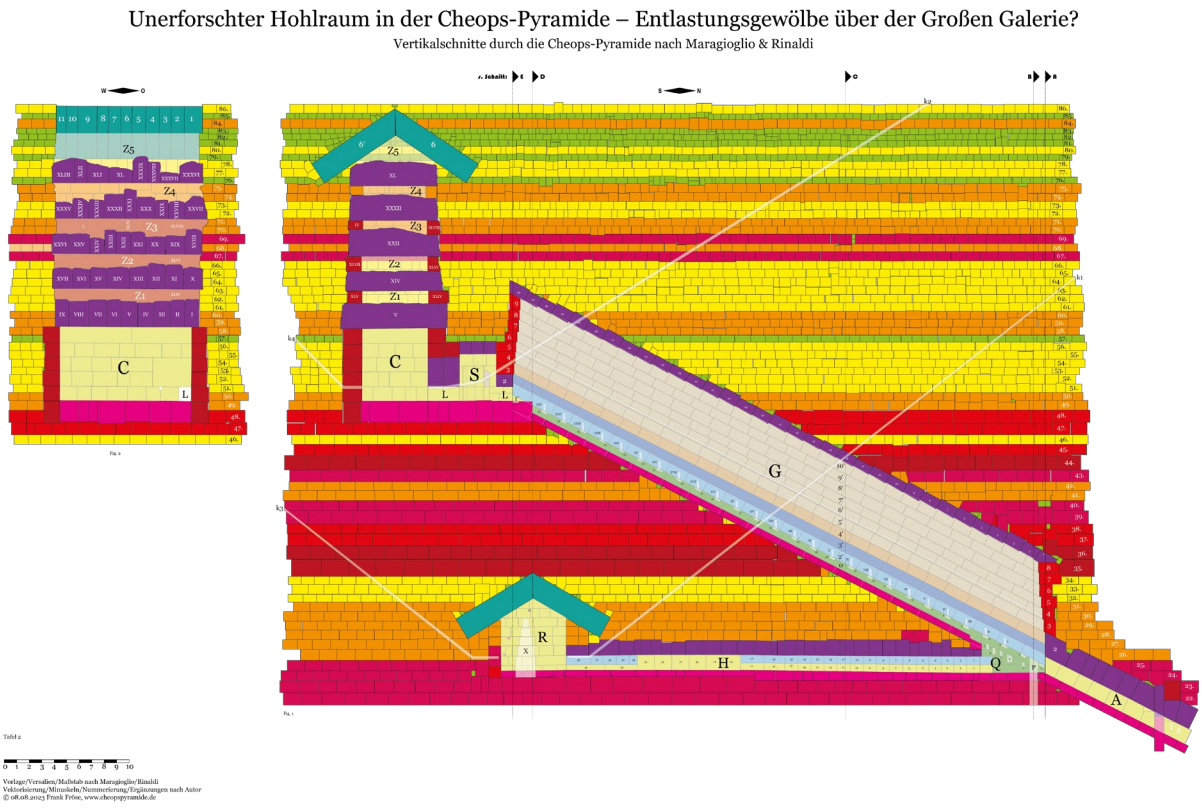
Anhand von Vektorisierungen entstanden die Zeichnungen bzw. die Konstruktionsvorschläge in allen Tafeln.



Tafel 1 (Vorschau)
Konstruktionsvorschläge nach Maragioglio & Rinaldi und nach Autor: Farbcode von Steinblockhöhen, heutiger vermuteter Zustand sowie vermutete Bauplanung der Großen Galerie „G“

3.1 Wie könnte der Bau der Großen Galerie von statten gegangen sein?

3.1.1 Bauvariante 1 (heute – Fachmeinung): Die Pyramide hatte König Cheops als sein Grab „in einem Rutsch“ errichten lassen[19]. In der Fachwelt wird deshalb angenommen, das „G“ in Bezug zur aktuell zu verfüllenden Steinschicht des Kernmauerwerks immer „im Voraus“ (quasi in Ansätzen) gebaut wurde. Mit dem Galerieboden musste begonnen werden, da er die Neigung und Ausrichtung vorgab[20]. Später kamen die beiden Bankette und die beiden neun Steinreihen der Galerie-Seitenwände hinzu. Es wurden in der Steinschicht 10‘ (s. Abb. 6) die sägezahnförmigen Einschnitte angelegt und diese Steinschicht mit Steinblöcken abgedeckt (s. Tafel 2: violett über „G“). Die Galerie wuchs also immer auch mit der Verfüllung der jeweiligen Steinschicht des Kernmauerwerks. Nachfolgende Steinschichten des Kernmauerwerks überlagerten so die immer tiefer liegendere Galeriedecke (s. Tafel 2: violett über „G“):



Tafel 2 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von: Entlastungskammer „Z1“ – „Z5“, sog. Königskammer „C“, obere „Luftkanäle k2, k4“, dritter horizontaler Gang „L“ mit der dazwischen liegenden Fallsteinkammer „S“, Große Galerie „G“, sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, untere „Luftkanäle k1, k3“, zweiter horizontaler Gang „H“, Übergang „Q“, dem Serviceschacht „P“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“.
Hinweis: die „Luftkanäle k1, k2“ wurden zu deren besseren Verfolgung vor „L“, „S“, „G“ und „H“ gezeichnet. Diese liegen jedoch bautechnisch dahinter.

3.1.1.1 Nord-Süd-Schnitt (Tafel 2): Es wird versucht, sich die Steinschichten des Kernmauerwerks in kritischen Konstruktionsbereichen vorzustellen. Dazu zählen (durch deren Neigungen) der Galerieboden und die Galeriedecke:

a) Beim **Boden** hätte eine genaue Unterfütterung hergestellt werden müssen[20], damit der Neigungswinkel sich nicht oder nur geringfügig

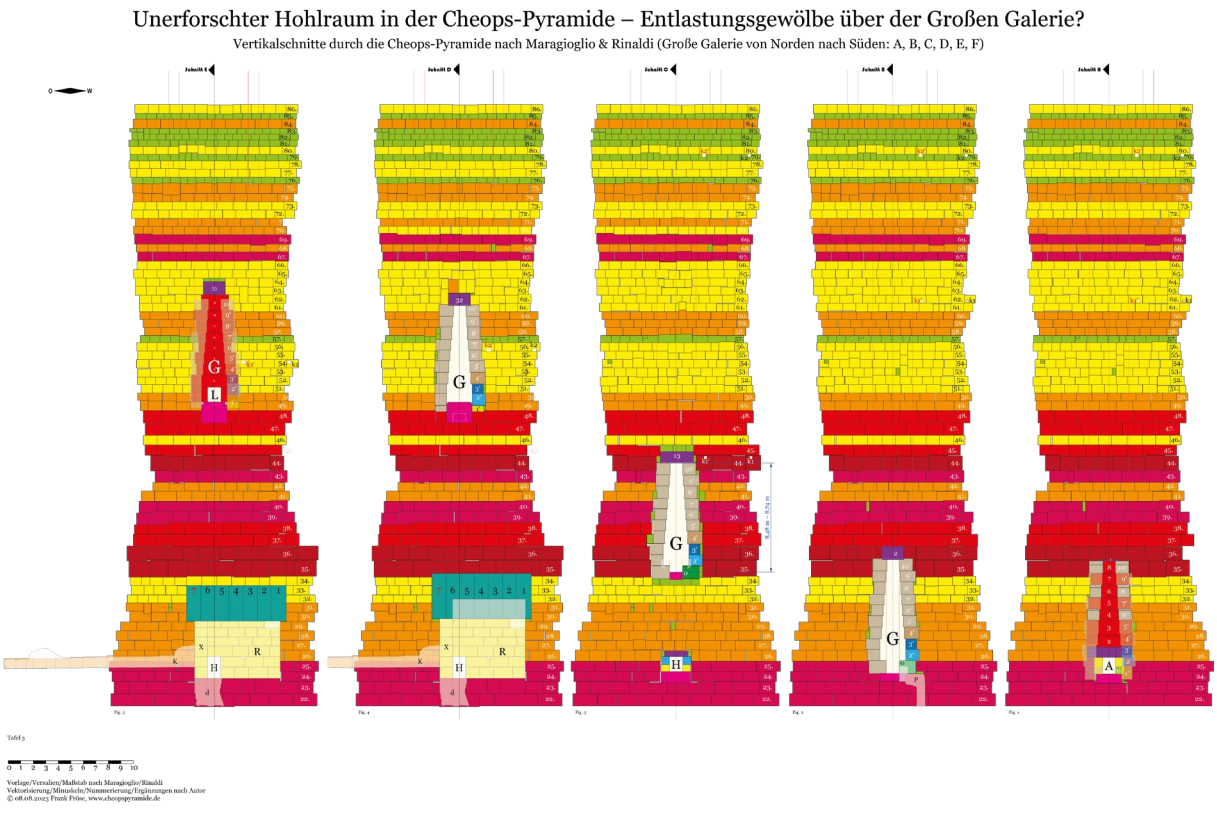
verändert – und dass bei sich ändernden Steinschichtenhöhen des Kernmauerwerks (s. Farbcode).

b) An die **Deckblöcke** hätten einerseits Steinschichten des Kernmauerwerks anstoßen und anderseits diese auf ihnen lasten müssen – und dass bei sich ändernden Höhen der Deckblöcke und der Steinschichten des Kernmauerwerks.

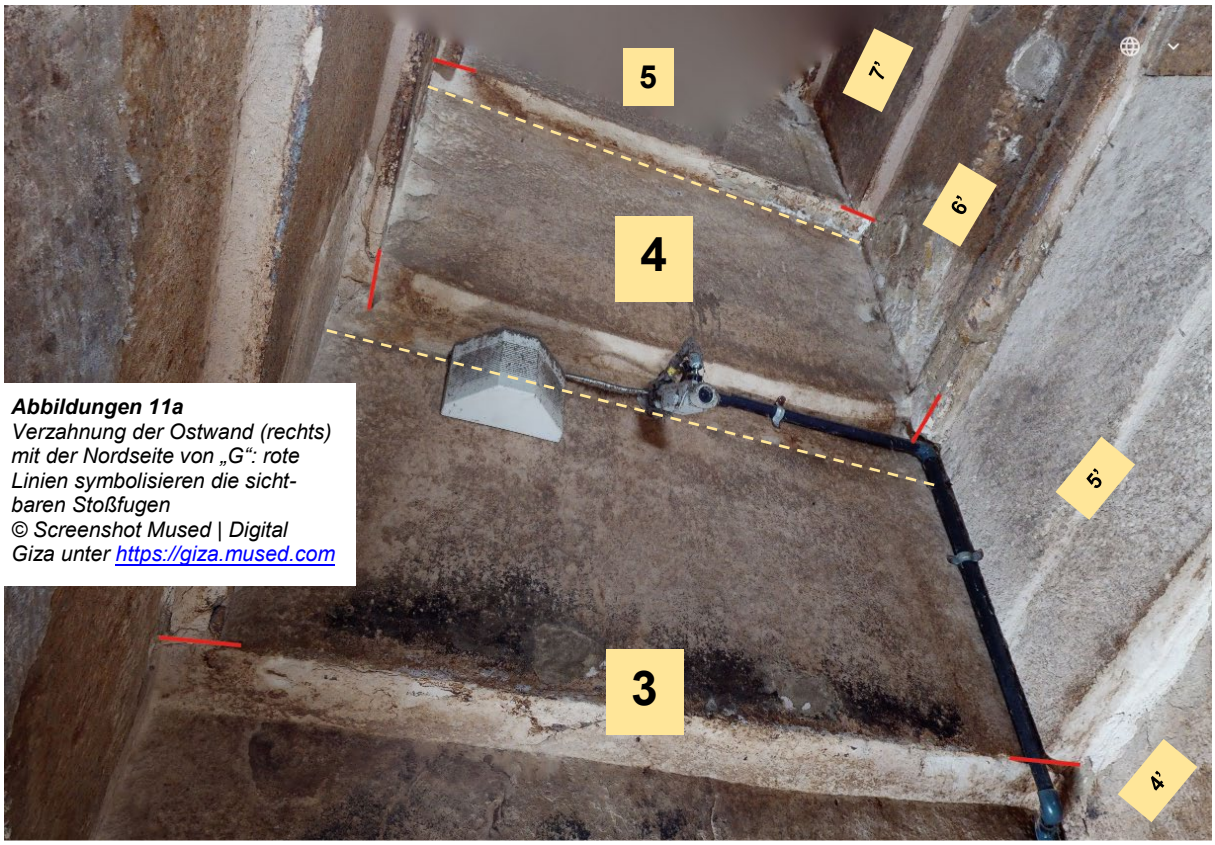
c) Viel kleinere Füllsteine (als die jeweiligen Steinschichtenhöhen des Kernmauerwerks) wären notwendig gewesen, um die entstandenen Lücken zwischen Kernmauerwerk und Galerieboden und -decke zu verfüllen. Hohlräume wären ebenfalls möglichgewesen. Beide Bauweisen sind an der Pyramiden-Nordseite zu beobachten.

d) Übergang des letzten Deckblocks von „A“ und Steinreihe 2 der Nordwand von „G“. Maragioglio/Rinaldi zeichneten diesen als einen Steinblock (s. Abb. 9). Das ist bautechnisch aber so nicht möglich (s. Vektorisierung Tafel 2), weil die Steinmetze einen Block mit vielen unterschiedlichen Winkeln hätten sehr genau behauen müssen.

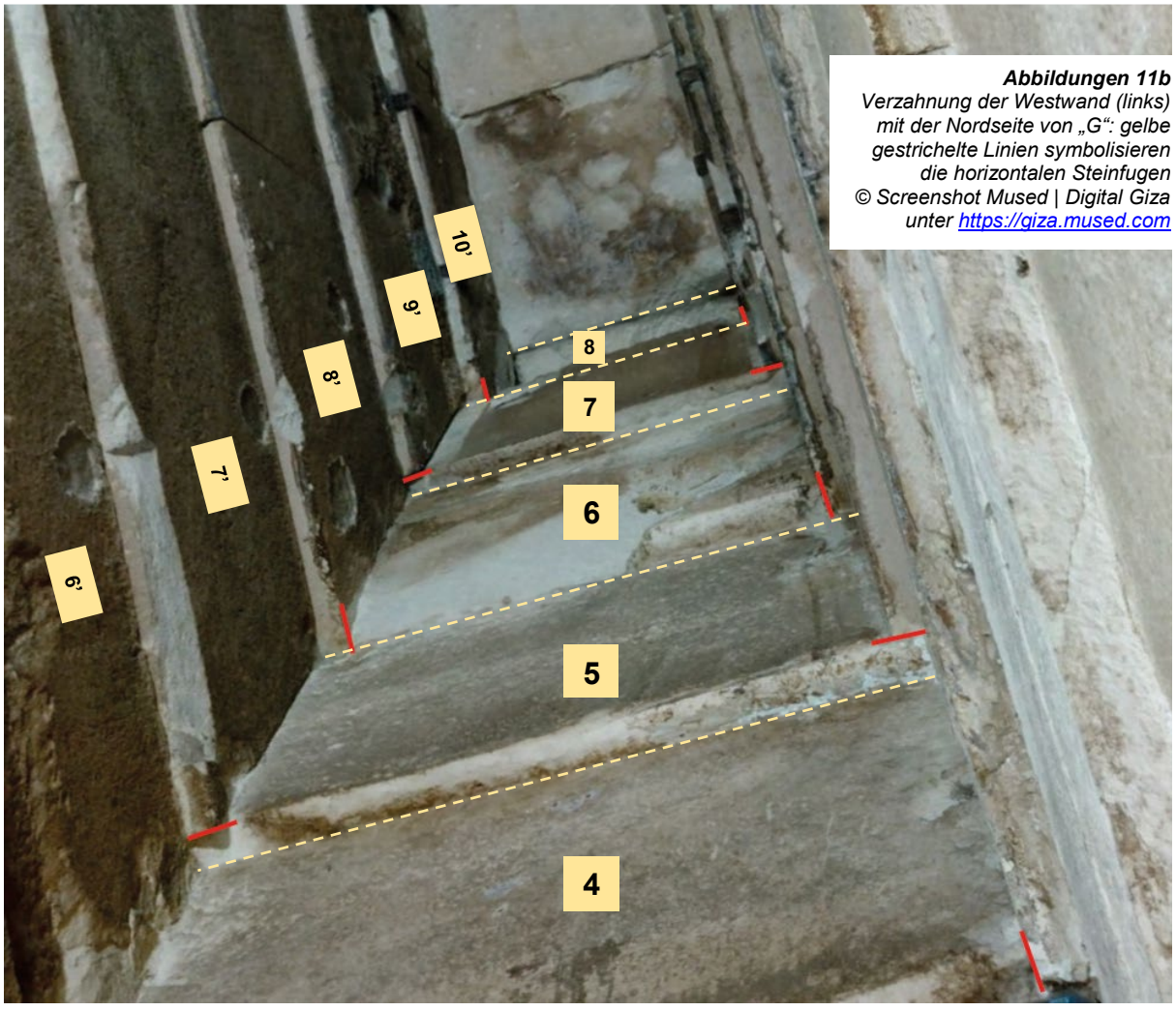
Nach dieser Bauvariante 1 „wandert“ die Querschnittsöffnung der Großen Galerie „G“ von Norden nach Süden durch die unterschiedlich hohen Steinschichten des Kernmauerwerks (s. Tafel 3: Farbcode):



Tafel 3 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von:
nördlicher oberer „Luftkanal k2“, Große Galerie „G“, Serviceschacht „P“, sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“ Grabräubergang „K“, Grabräuberschacht „d“, nördlicher unterer „Luftkanal k1“, zweiter horizontaler Gang „H“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“; Ost-West-Schnitte:
- Links (Figur 5): an die Seitenwände angebaute Südwand von „G“,
- Zweite von links (Fig. 4): oberes südliches Ende von „G“,
- Mitte (Fig. 3): Galeriemitte,
- Zweite von rechts (Fig. 2): unterer nördlicher Beginn von „G“,
- Rechts (Fig. 1): mit den Seitenwänden verzahnte Nordwand von „G“.



Abbildungen 11a
Verzahnung der Ostwand (rechts) mit der Nordseite von „G“: rote Linien symbolisieren die sichtbaren Stoßfugen
© Screenshot Mused | Digital Giza unter https://giza.mused.com



Abbildungen 11b
Verzahnung der Westwand (links) mit der Nordseite von „G“: gelbe gestrichelte Linien symbolisieren die horizontalen Steinfugen
© Screenshot Mused | Digital Giza unter https://giza.mused.com

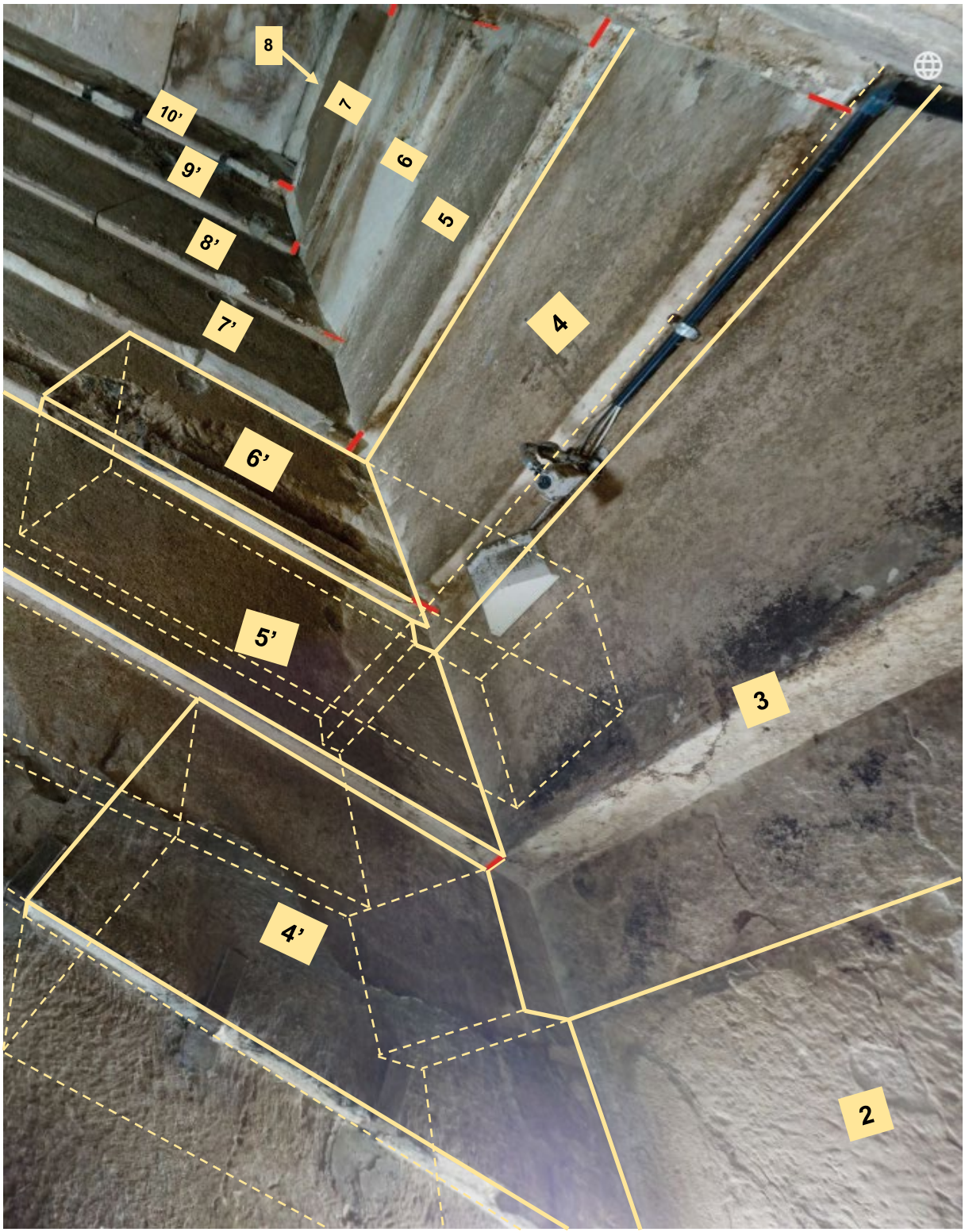


Abbildung 11c
Verzahnung der Westwand (links) mit Nordwand: Steinblöcke 4', 5', 7', 9' stützen sich auf 2, 3, 5, 7 und 6', 8', 10' auf das Kernmauerwerk - gehen also an 4, 6, 8 vorbei! Beispielhaft wurden nur isometrisch 4' und 6' und die heute sichtbaren Fugen (fett gelb) gezeichnet. © Screenshot Mused | Digital Giza unter https://giza.mused.com

3.1.1.2 West-Ost-Schnitte (Tafel 3): Hier sind kritische Konstruktionsbereiche die Nahtstellen zwischen den Seitenwandblöcken der **geneigten Galerie** und den unterschiedlich hohen Steinschichten des **horizontal verlegten Kernmauerwerks**:

a) Wenn (wie angenommen/gezeichnet) die Seitenwandblöcke unterschiedlich breit sind, könnten diese durch das Kernmauerwerk abgestützt worden sein bzw. eine Verzahnung zwischen beiden existieren. Am einfachsten, man beließ die Außenseiten bossiert bzw. roh/ungeglättet, wie an anderen Stellen des Bauwerks[21]. Das würde die Schubkräfte der geneigten Seitenwandblöcke weiter reduzieren.
b) Die beiden südwärts ansteigenden Fluchten der inneren Galerie-Seitenwände durften nicht auseinanderlaufen, sonst wären die Galeriebreiten zwischen unten (Norden) und nach 46 m oben (Süden) unterschiedlich.
c) Die Steinschichten 2‘ und 3‘ wären innen bündig verlegt und 4‘ – 10‘ von außen nach innen verschoben worden, damit die heute in „G“ sichtbare Kragung entsteht. Diese Vorsprünge durften sich ebenfalls in ihrer Maßhaltigkeit nicht verändern – das galt insbesondere für die einzelnen Seitenwandblöcke und deren Stirnflächen-Winkligkeit.
d) In der obersten Steinschicht 10‘ hätten mit jedem zurückgelegten Längenmeter der Galerie die Sägezähne eingearbeitet und mindestens ein Deckblock verlegt worden sein müssen, weil später darüber die Blöcke der nächsten Steinschicht des Kernmauerwerks zum Liegen kamen. Angenommen wird, dass jeder Deckblock unterschiedlich hoch hätte sein können.
e) Es konnten Kalksteinblöcke als Decksteine verwendet worden sein, die sicher 1 m Luftraum hätten überwinden können (Abstand der Seiten-Blockreihen 10‘) – also zwischen 2,10 m bis 2,80 m Länge besaßen.
f) Auch in diesen Konstruktionsbereichen wären Füllsteine und Hohlräume notwendig und/oder möglich gewesen.
g) In Fig. 1 (Schnittachse A, s. Abb. 11a – 11c) wurde erstmals zeichnerisch die Verzahnung zwischen den Seitenwänden und der Nordseite von „G“ dargestellt. Abwechselnd stützen sich die nördlichsten Blöcke (Reihen: 6‘, 8‘ und 10‘) auf das Kernmauerwerk ab oder stoßen direkt an die Steinbalken (Seitenflächen) der Nordwand an (Reihen: kleiner Teil von 3‘, 4‘, 5‘, 7‘ und 9‘). Der größere Teil von 3‘ und der kleinere von 2‘ treffen auf die Deckblöcke von „A“. Der größere Teil von 2‘ und 1‘ wieder auf das Kernmauerwerk.
h) In Fig. 5 (Schnittachse E) wurde erstmals zeichnerisch die an die Seitenwände „herangeschobene“ Südseite von „G“ dargestellt (s. Abb. 11d). Die Steinbalken der Südseite bedecken zeichnerisch mindestens die Stirnflächen bzw. Breiten der jeweiligen Seitenwandblockschichten.

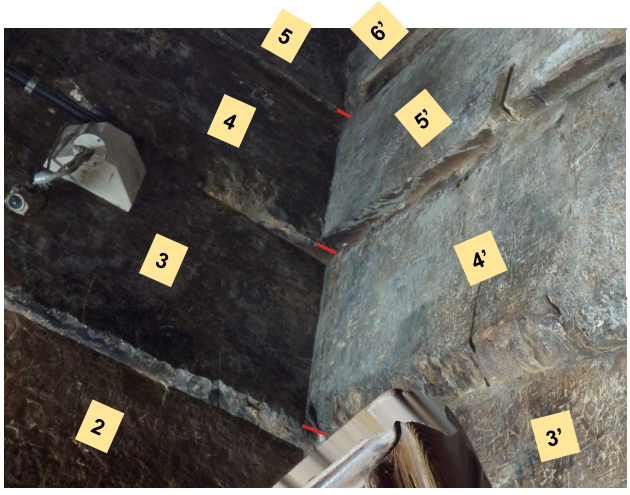


Abbildung 11d
An die Westwand (rechts) „herangeschobene“ Südwand (links): Steinblöcke 2, 3, 4, 5 lehnen sich im Bildausschnitt an 3‘, 4‘, 5‘, 6‘. Die roten Linien symbolisieren wieder die Stoßfugen.
© Screenshot Mused | Digital Giza unter https://giza.mused.com

i) Die zeichnerisch dargestellten Schnittachsen A bis E sind im Nord-Südschnitt (Tafel 2) wiederzufinden.
j) In den Schnittbildern befinden sich auch die Luftkanäle „k1“, „k2“ (schwarz). Im Gegensatz dazu, stellen „k1‘ “ und „k2‘ “ (rot) die Luftkanäle dar, wenn diese geradlinig verlaufen wären, also nicht durch Abknickungen um „G“ herum gebaut worden wären.

Bei der Bauvariante 1 ist jedoch am problematischsten, dass in der Fachwelt hingenommen wird, dass die Decke in „G“ ein vollständiges „Kraggewölbe“ sei und seine statische Entlastungsfunktion vollumfänglich erfüllen würde.

Hier sind massive Zweifel angebracht!

3.1.1.3 Zweifel deshalb, weil:

a) die in der Fachwelt formulierte Einhaltung, Weiterführung und Perfektionierung dieser Decken-Bauweise bzw. des Kraggewölbes durch König Cheops bzw. dessen Baumeister Hem-Iunu nicht fortgesetzt wurde – genaugenommen gibt es einen Bruch in der Entlastungskonstruktion (von einem Kraggewölbe hin zu einem Flachdach),
b) die heute sichtbaren Decksteine von „G“ – in ihrer Verzahnung von 2 cm (!) bis 5 cm liegend – das Herabgleiten der eigenen und dahinter liegenden sowie der darüber lastenden Steinmassen verhindern müssten,
c) diese sägezahnförmige Konstruktionsweise selbst innerhalb der Cheops-Pyramide nur dort auftaucht – für vorangegangene und nachfolgende Pyramiden des Alten Reiches gibt es dazu keinen Pendant,
d) die Blöcke der Ost- und Westwand von „G“ nicht in sägezahnförmigen Einschnitten, sondern flach aufeinander liegen, obwohl schon beim Verlegen der geneigten einzelnen Blöcke enorme Schubkräfte auf den/die jeweils vorangegangenen Seitenwandblock/-blöcke aufgetreten sein müssten,
e) die Decken-Spannweiten von 1 m trotzdem mit zusätzlichen Konstruktionen entlastet wurden und somit dienten z. B. die horizontalen Deckblöcke des Ganges „D“ nur seiner räumlichen Begrenzung nicht einer statischen Funktion[22].

3.1.1.4 Berechnung zur (Haft-)Reibkraft $F_{R\ Haft}$ und der Hangabtriebskraft F_H unter der Voraussetzung, die **Decke der Großen Galerie bestünde aus Kalksteinblöcken**:

Angenommene Größe eines **Kalksteinblocks** in der heutigen Decke von „G“:

- Breite (Nord-Süd): 1,20 m
- Höhe (Vermutung): 0,82 m ≈ 0,80 m
- Länge (Ost-West: Vermutung): 2,66 m ≈ 2,70 m
- Gewicht[23] (einzelner Deckblock): 4,67 t = 4.670 kg
- Gewicht (alle 33 Deckblöcke): 4,67 t x 33 = 154,11 t = 154.110 kg

Angenommen wird auch:

- dass ein Deckblock (bezogen auf seine Länge) aber nur im ersten und letzten Drittel auf der jeweiligen Seitenwand von „G“ aufliegt, das mittlere Drittel überspannt „G“
- dass die Lagerkräfte auf die jeweilige Seitenwand von „G“ symmetrisch sind: $A_V = B_V$
- dass die **Deckblöcke nicht in der Sägezahnkonstruktion, sondern flach auf den Oberseiten der Steinreihen 10‘ liegen**
- Neigung der Seitenwandblöcke (s. Tafel 1: Fig. 5): $\alpha_1 = 26{,}16°$
- Neigung eines Deckblocks im Sägezahn (s. Tafel 1: Fig. 5): $\alpha_2 = 28{,}11°$
- dass ein Sägezahn nicht über die volle Breite eines Seitenwandblocks geht, sondern nur der variierenden Breite des Deckblocks angepasst wurde (s. Tafel 3: alle Figuren und Abb. 12)

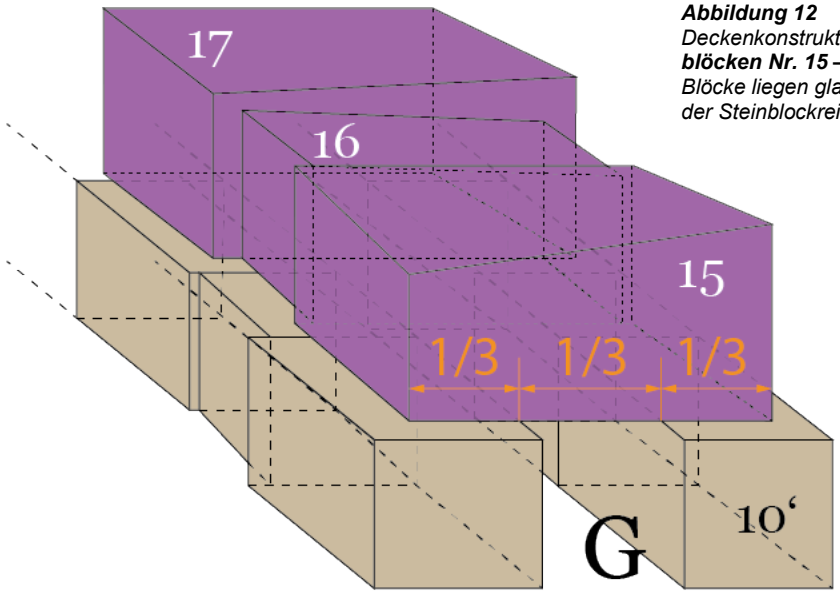


Abbildung 12
*Deckenkonstruktion in „G“ mit **Steinblöcken Nr. 15 – 17** (s. Tafel 2). Die Blöcke liegen glatt auf den Oberseiten der Steinblockreihen 10‘ auf.*

Berechnung Gewichtskraft = Masse x Erdbeschleunigung $F_G = m \times g$:

$m = 4{,}67\ t = 4.670\ kg \quad und \quad 4{,}67\ t \times 33\ Steinblöcke = 154{,}11\ t = 154.110\ kg$

bei Gleichheit der beiden Auflagekräfte:

$$A_V = B_V: \frac{4.670\ kg}{2} = 2.335\ kg \quad und \quad \frac{154.110\ kg}{2} = 77.055\ kg$$

$$g = 9{,}81 \frac{m}{s^2} = 9{,}81 \frac{N}{kg}$$

Gewichtskraft für einen Block: $F_G = 2.335\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} = 22.906{,}35\ N$

Gewichtskraft für alle 33 Deckblöcke: $F_{G\ ges.} = 77.055\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} = 755.909{,}55\ N$

Berechnung Hangabtriebskraft = Masse x Erdbeschleunigung x sin(Winkel der Steigung/Neigung) $F_H = m \times g \times \sin(\alpha)$:

$$F_{H1} = 2.335\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(26{,}16°) = 22.906{,}35\ N \times 0{,}44087934 = 10.098{,}93647\ N$$

$$F_{H1\ ges.} = 77.055\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(26{,}16°) = 755.909{,}55\ N \times 0{,}44087934 = 333.264{,}9035\ N$$

$$F_{H2} = 2.335\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(28{,}11°) = 22.906{,}35\ N \times 0{,}471165834 = 10.792{,}6895\ N$$

Berechnung Normalkraftkomponente = Masse x Erdbeschleunigung x cos(Winkel der Steigung/Neigung) $F_N = m \times g \times \cos(\alpha)$:

$$F_{N1} = 2.335\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(26{,}16°) = 22.906{,}35\ N \times 0{,}89756638 = 20.559{,}96965\ N$$

$$F_{N1\ ges.} = 77.055\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(26{,}16°) = 755.909{,}55\ N \times 0{,}89756638 = 678.478{,}9984\ N$$

$$F_{N2} = 2.335\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(28{,}11°) = 22.906{,}35\ N \times 0{,}882044645 = 20.204{,}42337\ N$$

Berechnung Gleitreibung = Gleitreibungszahl x Normalkraft $F_R = \mu \times F_N$:

$\mu = 0{,}9\ Gleitreibung\ auf\ Stein$[24]

$$F_{R1} = 0{,}9 \times 20.559{,}96965\ N = 18.503{,}97269\ N$$

$$F_{R1\ ges.} = 0{,}9 \times 678.478{,}9984\ N = 610.631{,}0986\ N$$

$$F_{R2} = 0{,}9 \times 20.204{,}42337\ N = 18.183{,}98103\ N$$

Berechnung Haftreibung = Haftreibungszahl x Normalkraft $F_{R,Haft} = \mu_{Haft} \times F_N$:

$\mu_{Haft} = 1{,}0\ Haftreibung\ auf\ Stein$[24]

$$F_{R1\ Haft} = 1{,}0 \times 20.559{,}96965\ N = 20.559{,}96965\ N$$

$$F_{R1\ ges.\ Haft} = 1{,}0 \times 678.478{,}9984\ N = 678.478{,}9984\ N$$

$$F_{R2\ Haft} = 1{,}0 \times 20.204{,}42337\ N = 20.204{,}42337\ N$$

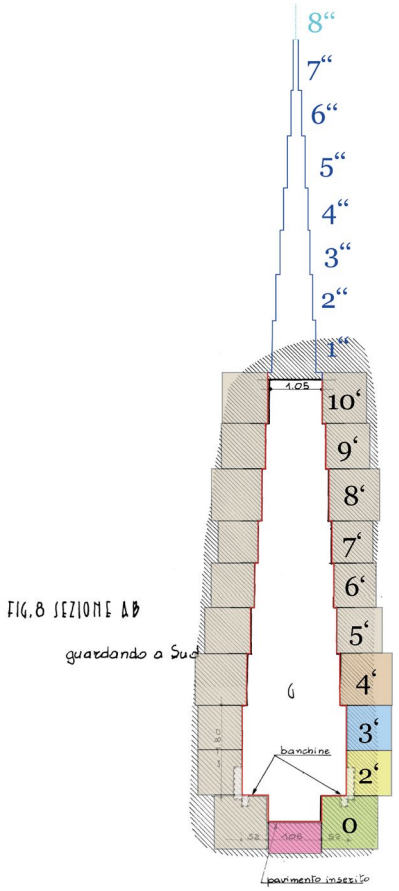
Fazit Deckblöcke:

$F_{R1\,Haft}$ 20.559,96965 N > F_{H1} 10.098,93647 N	Deckblock bleibt auch ohne Sägezähne auf beiden Seitenblöcken liegen.
$F_{R1\ ges.\ Haft}$ 678.478,9984 N > $F_{H1\ ges.}$ 333.264,9035 N	Alle 33 Deckblöcke bleiben auch ohne Sägezähne auf beiden Seitenblockreihen liegen.

$F_{R2\,Haft}$ 20.204,42337 N > F_{H2} 10.792,6895 N Deckblock bleibt mit Sägezähne auf Seitenblöcke liegen.

Die (Haft-)Reibkraft $F_{R,Haft}$ ist also größer als die der Hangabtriebskraft F_H.

Ausgehend von der Annahme, die heutige Decke der Großen Galerie „G“ sei unfertig, weil diese nicht vollständig nach oben hin als Kraggewölbe ausgeführt ist, entstand diese gezeichnete Idee bzw. Hypothese:



Nach Margioglio & Rinaldi:
- Grau zeigt die Originalzeichnung (Mitte von „G“).

Idee und Vektorisierung nach Autor:
- **Rote Kontur** zeigt die heutige 7-stufige Kragung der Seitenwände der Großen Galerie „G“.
- **Dunkelblaue Kontur** sind die jeweiligen Kopien der roten Kragungen (bei gleichen Abmessungen der Vorsprünge; Bauplanung nach Autor).
- **Hellblaue gestrichelte Kontur** ist eine notwendige Ergänzung um das Kraggewölbe endgültig zu schließen. Bei größeren Abmessungen der Vorsprünge würde diese Steinreihe 8“ jedoch entfallen.
- „O“ ist das westliche Bankett.
- 1‘ entfällt hier - wird in anderen Tafeln jedoch als eigenständige unterste Steinreihe dargestellt.
- 2‘ – 10‘: heute sichtbare Steinreihen in „G“.
- 1“ – 8“: hypothetisch vollendetes Kraggewölbe.

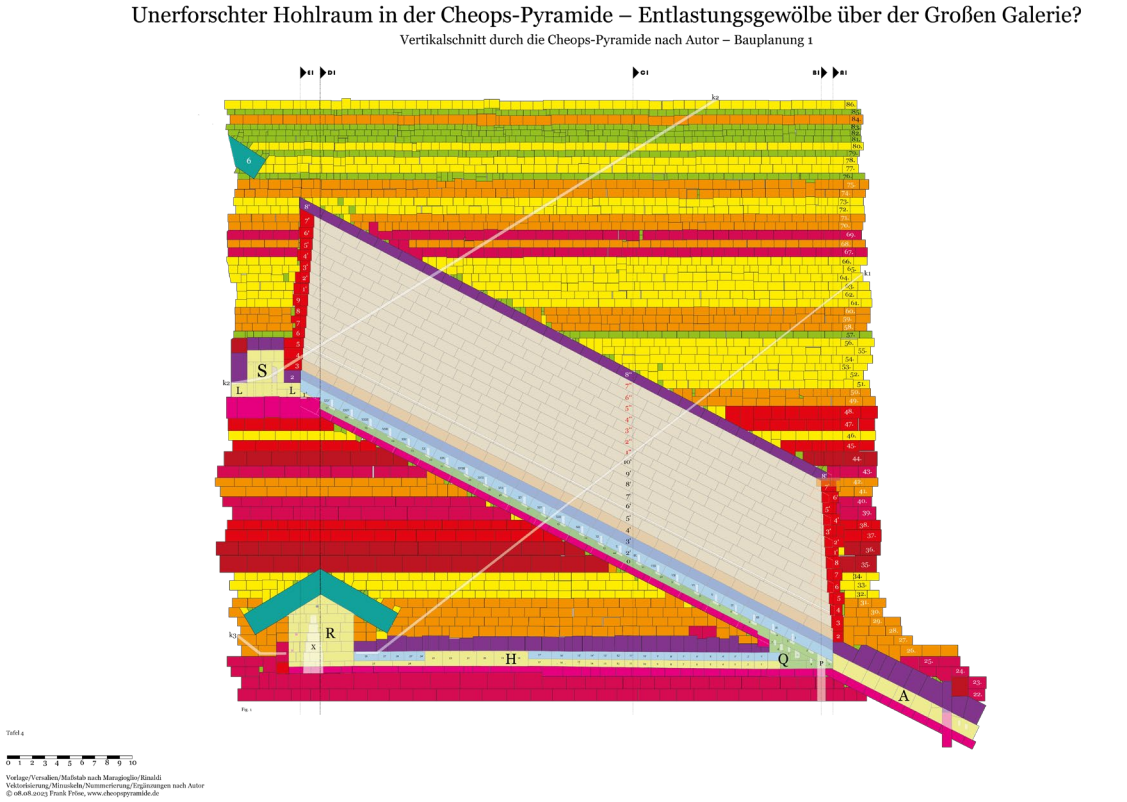
Abbildung 13
Konstruktionszeichnung (Ost-West-Schnitt) der Großen Galerie „G“
© *L'*ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Tavole, Auszug aus Tafel 6 Figur 8, Maragioglio, C. Rinaldi, Turin *1962;*
Download der PDF-Datei unter http://www.gizapyramids.org/

In Abb. 13 wird gezeigt, dass es notwendig gewesen wäre, die Kragsteinkonstruktion durch sieben bis acht weitere Steinschichten (1“ – 7“/8“) zu vollenden. Nur so würde man ein fertiges/echtes Kraggewölbe erhalten, dass einer vollständigen statischen Funktion gerecht werden würde (s. auch Tafeln 4 und 5).

Erstmalig wird in Abb. 13 auch der Versuch unternommen, die Kragung der Originalzeichnung durch Steinblöcke von unterschiedlicher Breite darzustellen. Diese Darstellung soll der Vorstellung einer „Bauklötzchen-Methode“ vorbeugen, bei der alle Blöcke in Breite und Höhe standardisiert seien. Es ist eher sehr wahrscheinlich, dass JEDER Block in einer Seitenwand-Steinreihe von „G“ eine andere Breite besitzt – so wie man diese im Steinbruch gewann[25]. Ebenfalls beließ man jeden Block außen roh bzw. ungeglättet – anders als vereinfacht dargestellt (s. 2.3 Arbeitsweise).

3.1.2 Bauvariante 2 (ursprüngliche Planung): Die Pyramide hatte König Cheops als sein Grab „in einem Rutsch“ errichten lassen[19]. In der Fachwelt wird deshalb angenommen, das „G“ in Bezug zur aktuell zu verfüllenden Steinschicht des Kernmauerwerks immer „im Voraus“ (quasi in Ansätzen) gebaut wurde. Mit dem Galerieboden musste begonnen werden, da er die Neigung und Ausrichtung

vorgab[20]. Später kamen die beiden Bankette und die jeweiligen 18 Steinreihen (1‘ – 10‘ und 1‘‘ – 8‘‘ in Tafel 4) der Galerie-Seitenwände dazu. Nun war „G“ vollständig als Kraggewölbe ausgeführt worden. Die Galerie wuchs also immer auch mit der Verfüllung der jeweiligen Steinschicht des Kernmauerwerks. Nachfolgende Steinschichten des Kernmauerwerks überlagerten so die immer tiefer liegendere Galeriedecke (s. Tafel 2: violett über „G“):



Tafel 4 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag (Nord-Süd-Schnitt) der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von: nördlicher oberer „Luftkanal k2“, dritter horizontaler Gang „L“ mit der dazwischen liegenden Fallsteinkammer „S“, Große Galerie „G“, der sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, untere „Luftkanäle k1, k3“, zweiter horizontaler Gang „H“, Übergang „Q“, Serviceschacht „P“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“.
Hinweis: die „Luftkanäle k1, k2“ wurden zu deren besseren Verfolgung vor „L“, „S“, „G“ und „H“ gezeichnet. Diese liegen jedoch bautechnisch dahinter.

3.1.2.1 Nord-Süd-Schnitt (Tafel 4):

a) Beim **Boden** hätte wieder eine genaue Unterfütterung hergestellt werden müssen[20], damit der Neigungswinkel sich nicht oder nur geringfügig verändert – und dass bei sich ändernden Steinschichtenhöhen des Kernmauerwerks.
b) An die **Deckblöcke** hätten einerseits Steinschichten des Kernmauerwerks anstoßen und anderseits diese auf ihnen lasten müssen – und dass bei sich ändernden Höhen der Deckblöcke und der Steinschichten des Kernmauerwerks.
c) Viel kleinere Füllsteine (als die jeweiligen Steinschichtenhöhen des Kernmauerwerks) wären notwendig gewesen, um die entstandenen Lücken zwischen Kernmauerwerk und Galerieboden und -decke zu verfüllen. Hohlräume wären ebenfalls möglich. Beide Bauweisen sind an der Pyramiden-Nordseite zu beobachten.

Der Übergang des letzten Deckblocks von „A“ zur Steinreihe 2 der Nordwand von „G“. Maragioglio/Rinaldi zeichneten diesen als einen Steinblock (s. Abb. 9). Ab Tafel 4 bzw. den folgenden Nord-Süd-Schnitten wurde der Deckblock von „A“ geteilt und darüber die Steinreihe 2 der Nordwand von „G“ gezeichnet. Grund ist folgende Beobachtung[11].

d) Die Galeriehöhe und die Anzahl der Auskragungen hätten fast der Vorgängerpyramide (Rote Pyramide) entsprochen. **Die Baumeister hätten wieder 14 Auskragungen in „G“ umgesetzt** (s. Abb. 13: von Steinreihe 3‘ bis 7‘‘).

Die lotrechte Höhe in „G“ vom Fußboden bis 8‘‘ wäre gewesen (Tafel 4):

Höhe in „G“: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{293{,}41\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ m}{x\ m}\ |\ x = \frac{293{,}41\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 14{,}822\ m \approx\ \mathbf{14{,}80\ m}$

Die Höhe in „G“ (Neigung ≈ 26,16°) vom Fußboden bis 8‘‘ wäre gewesen (Tafel 4):

Höhe in „G“: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{270{,}64\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ m}{x\ m}\ |\ x = \frac{270{,}64\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 13{,}672\ m \approx\ \mathbf{13{,}70\ m}$

Anzahl der Auskragungen (Auskr.) im Kraggewölbe[26]:

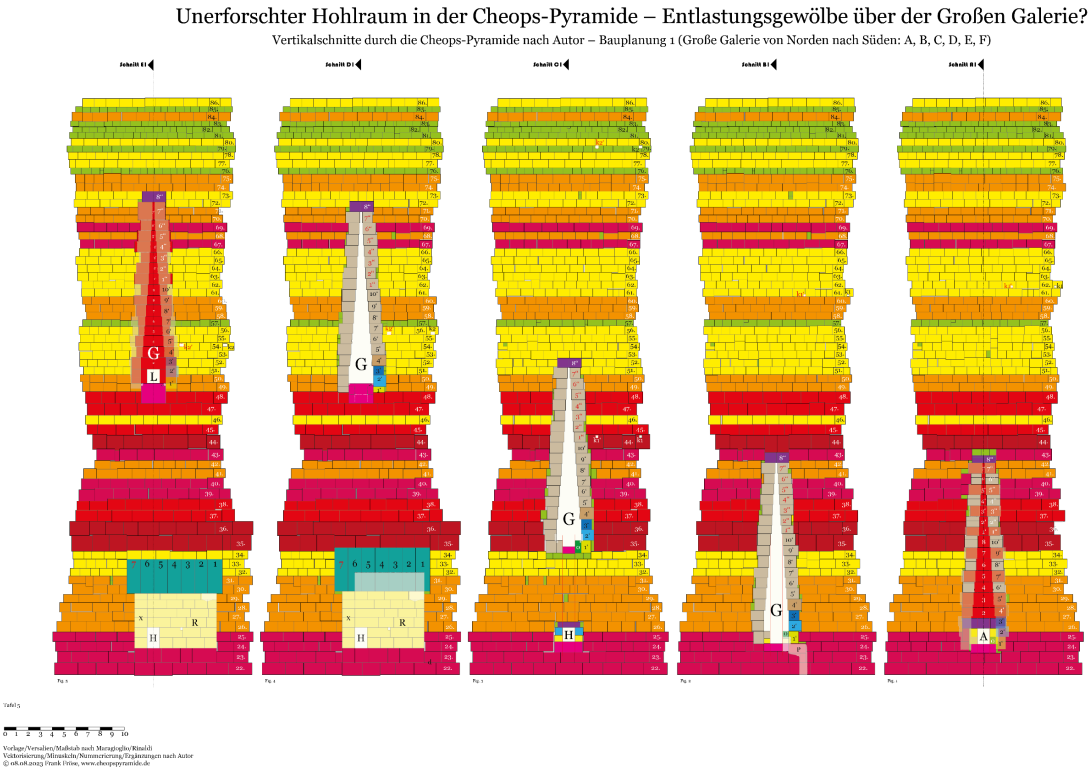
• Höhe Hauptkammer Medum-Pyramide:	5,05 m	7 Auskr.
• Höhe Vor-/Gangkammer „A“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	12,60 m	15 Auskr.
• Höhe Hauptkammer „B“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	17,30 m	15 Auskr.
• Höhe sog. „Kamin“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	15,30 m	12 Auskr.
• Höhe Hauptkammer „C“ Knick-Pyramide (oberes Kammersystem)[27]:	16,50 m	8 Auskr. (16 bei [26])
• Höhe Vorkammer „A“ Rote Pyramide:	12,31 m	11 Auskr.
• Höhe Vorkammer „B“ Rote Pyramide:	12,31 m	11 Auskr.
• Höhe Hauptkammer „C“ Rote Pyramide:	14,67 m	14 Auskr.

e) Nur die Raumlänge von „G“ hat mit 46,12 m alle Kammerlängen in den Vorgänger-Pyramiden übertroffen:

Längenmaße von Kammern (Vorgänger-Pyramiden)[26]:

• Hauptkammer Medum-Pyramide:	5,90 m
• Vor-/Gangkammer „A“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	4,90 m
• Hauptkammer „B“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	6,30 m
• sog. „Kamin“ Knick-Pyramide (unteres Kammersystem):	1,50 m
• Hauptkammer „C“ Knick-Pyramide (oberes Kammersystem):	7,97 m
• Vorkammer „A“ Rote Pyramide:	8,37 m
• Vorkammer „B“ Rote Pyramide:	8,34 m
• Hauptkammer „C“ Rote Pyramide:	8,35 m

Auch bei dieser Bauvariante 2 „wandert“ die – durch die Vollendung des Kraggewölbes entstandene – höhere Querschnittsöffnung der Großen Galerie „G“ von Norden nach Süden durch die unterschiedlich hohen Steinschichten des Kernmauerwerks (s. Tafel 5: Ost- West-Schnitte):



Tafel 5 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von:
nördliche oberer „Luftkanal k2, k2‘ “, Große Galerie „G“, Serviceschacht „P“, sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“,
nördlicher unterer „Luftkanal k1, k1‘ “, zweiter horizontaler Gang „H“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“;
Ost-West-Schnitte:
- Links (Figur 5): an die Seitenwände angebaute Südwand von „G“,
- Zweite von links (Fig. 4): oberes südliches Ende von „G“,
- Mitte (Fig. 3): Galeriemitte,
- Zweite von rechts (Fig. 2): unterer nördlicher Beginn von „G“,
- Rechts (Fig. 1): mit den Seitenwänden verzahnte Nordwand von „G“.

3.1.2.2 West-Ost-Schnitte (Tafel 5):

a) Wenn (wie angenommen/gezeichnet) die Seitenwandblöcke unterschiedlich breit sind, könnten diese durch das Kernmauerwerk abgestützt worden sein bzw. eine Verzahnung zwischen beiden existieren. Am einfachsten, man beließ die Außenseiten bossiert bzw. roh/ungeglättet, wie an anderen Stellen des Bauwerks[21]. Das würde die Schubkräfte der geneigten Seitenwandblöcke weiter reduzieren.
b) Die beiden südwärts ansteigenden Fluchten der inneren Galerie-Seitenwände durften nicht auseinanderlaufen, sonst wären die Galeriebreiten zwischen unten (Norden) und nach 46 m oben (Süden) unterschiedlich.
c) Die Steinschichten 2‘ und 3‘ wären innen bündig verlegt, 4‘ – 10‘ und 1‘‘ – 8‘‘ von außen nach innen verschoben worden, damit die geplante Kragung in „G“ hätte entstehen können. Diese Vorsprünge hätten sich ebenfalls in ihrer Maßhaltigkeit nicht verändern dürfen – das hätte auch für die einzelnen Seitenwandblöcke und deren Winkligkeit gegolten.
d) Angenommen wird, dass jeder Deckblock von 8‘‘ unterschiedlich hoch hätte sein können, so wie dieser im Steinbruch hätte gewonnen werden können. Dadurch wäre eine Verzahnung mit dem Kernmauerwerk entstanden. Über der obersten Steinschicht 8‘‘ wären später die Blöcke

der jeweils nächsten Steinschicht des Kernmauerwerks zum Liegen gekommen.

e) Auch in diesen Konstruktionsbereichen wären wieder Füllsteine und Hohlräume notwendig und/oder möglich gewesen.
f) In Fig. 1 (Schnittachse A1) wurde wieder zeichnerisch die Verzahnung zwischen den Seitenwänden und der Nordseite von „G“ dargestellt. Abwechselnd stützen sich die nördlichsten Blöcke (Reihen: 6‘, 8‘, 10‘, 2‘‘, 4‘‘ und 6‘‘) auf das Kernmauerwerk ab oder stoßen direkt an die Steinbalken (Seitenflächen) der Nordwand an (Reihen: kleiner Teil von 3‘, 4‘, 5‘, 7‘, 9‘, 1‘‘, 3‘‘, 5‘‘ und 7‘‘). Der größere Teil von 3‘ und der kleinere von 2‘ treffen auf die Deckblöcke von „A“. Der größere Teil von 2‘ und 1‘ wieder auf das Kernmauerwerk. **Bei einer Vollendung des Kraggewölbes wäre auch die heutige abwechselnde Verzahnung bis zum oberen Abschluss von „G“ (8‘‘) fortgesetzt worden!**
g) In Fig. 5 (Schnittachse E1) wurde wieder zeichnerisch die an die Seitenwände „herangeschobene“ Südseite von „G“ dargestellt – wenn das auch bautechnisch so gewollt wäre. Die Steinbalken der Südseite bedecken zeichnerisch wieder die Stirnflächen bzw. Breiten der jeweiligen Seitenwand-Blockschichten.
h) Die zeichnerisch dargestellten Schnittachsen A1 bis E1 sind im Nord-Südschnitt (Tafel 4) wiederzufinden.
i) In den Schnittbildern befinden sich auch die Luftkanäle „k1“, „k2“ (schwarz). Im Gegensatz dazu, stellen „k1‘ “ und „k2‘ “ (rot) die Luftkanäle dar, wenn diese geradlinig verlaufen wären, also nicht durch Abknickungen um „G“ herum gebaut worden wären.

In den Vorgänger-Pyramiden wurde das in der Horizontalen angeordnete Kraggewölbe bereits erprobt und hatte sich bewährt – in „G“ jedoch geneigt/verändert.

Grundsätzlich muss man sich deshalb folgende Frage stellen: **Erfüllt ein geneigt angeordnetes Kraggewölbe wie in „G“ die gleiche statische Funktion, wie eines, dass in der Horizontalen errichtet wurde?**

Hier sind wieder massive Zweifel angebracht!

3.2 Sind die heutigen Decksteine von „G“ das bautechnisch gewollte Deckenende, oder findet die tatsächliche heutige statische Entlastung von „G“ an anderer Stelle statt?

Der heutige Zustand von „G“ zeigt, dass in den Tafeln 4 und 5 die Steinschichten 1‘‘ – 8‘‘ der Galerie-Ost- und -Westwand nicht ausgeführt wurden und das kann nur einen Baustopp bedeuten!

3.2.1 Bauvariante 3 (Weiterbau nach Baustopp): Die Pyramide hatte König Cheops als sein Grab „in einem Rutsch“ errichten lassen[19]. Das hat wieder zur Folge, dass der König die heute sichtbare Pyramide komplett hatte errichten lassen. Es wird deshalb wieder angenommen, das „G“ in Bezug zur aktuell zu verfüllenden Steinschicht des Kernmauerwerks immer „im Voraus“ (quasi in Ansätzen) gebaut wurde. Mit dem Galerieboden musste begonnen werden, da

er die Neigung und Ausrichtung vorgab[20]. Später kamen die beiden Bankette und die jeweiligen neun Steinreihen der Galerie-Seitenwände dazu.

Doch dann – kam es zu einem Baustopp in der Großen Galerie!

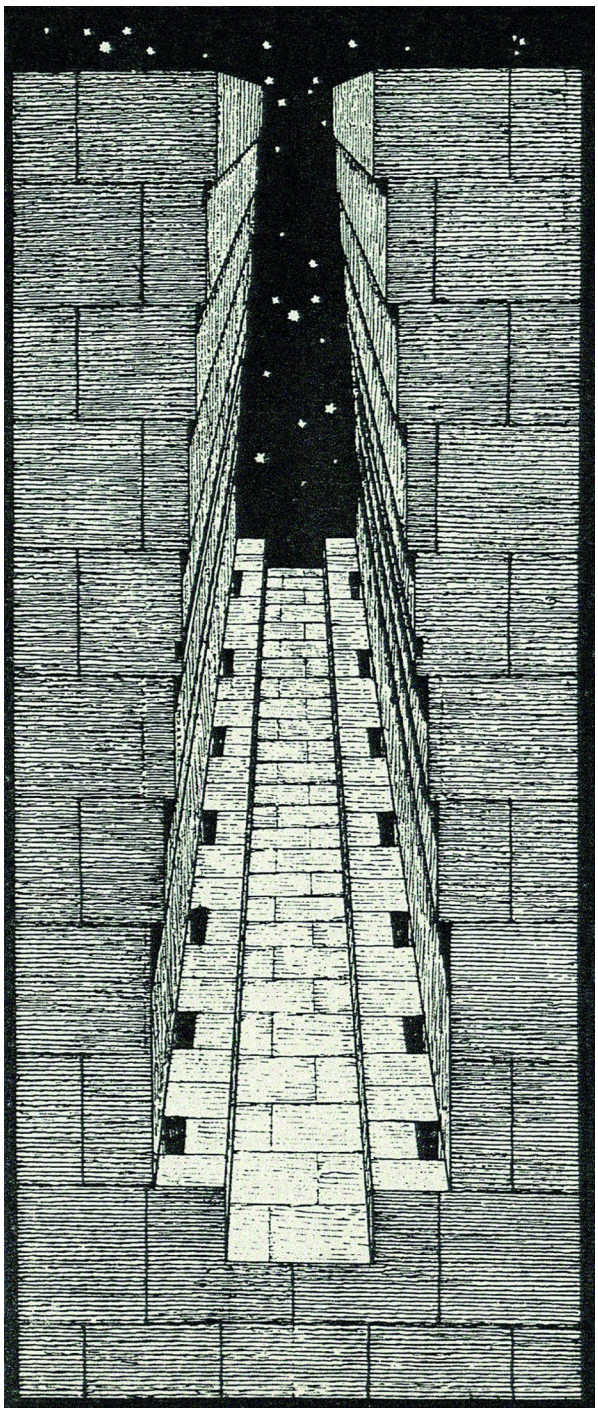


Abbildung 14
Veränderung der Großen Galerie (O-W-Schnitt) in der Originalzeichnung von Richard A. Proctor[28]. Hier wurde die oberste Steinschicht bzw. das Galeriedach wegretuschiert um zu zeigen, wie sich ein Baustopp auswirkte: die Große Galerie war nicht nur am südlichen Ende offen, sondern auch oben (ähnlich einem abgedeckten Aufweg mit „Lichtschlitz" – s. Unas-Aufweg heute in Abusir).

Was hatte den Baustopp verursacht?

a) Es hätten z. B. statische Bedenken sein können, die nahe legten, dass ein vollständiges Kraggewölbe doch zu schwer geworden wäre;
b) Denkbar wäre auch, dass man auf die Zulieferung der Granitblöcke für die Verkleidung von „L", „S" und „C" sowie die granitenen Fußbodenbalken von „Z1" bis „Z5" aus dem 800 km entfernten Assuan-Steinbruch warten musste (wenn man nicht der Bau- und Transporttheorie von Riedel folgt[29]);
c) Folgt man der Fachmeinung über die Abfolge der Herrschaftszeiten der Könige/Pharaonen, dann könnten es jedoch auch kultische Umwälzungen gewesen sein: z. B. der Übergang zu solaren Vorstellungen[30] (Cheops -> Radjedef/Djedefre), darin erstmaliges Auftauchen von Re oder Ra im/in: Königsnamen bzw. Kartusche und Titulatur „Sohn des Re oder Ra"[31]):



d) Änderung des ursprünglichen Bauplans durch einen Wechsel des Baumeisters[32] von Hem-Iunu zu Anch-haf[33]. Anzumerken sei auch, dass Djedefre die beiden südlichen Bootgruben der Cheops-Pyramide ja nun nicht selbst aushob, sondern dafür und für seine Pyramide in Abu Roasch, auch mindestens einen Baumeister hatte – der aber namentlich noch unbekannt ist. Durch den fand dann auch am Cheops-Pyramidenkomplex selbst eine/mehrere Erweiterung/en statt. Erwähnenswert auch, dass sich die Baumeister der 5. und 6. Dynastie (z. B. Senedjemib-Inti -> König Djedkare-Asosi und Senedjemib-Mehdi -> König Unas) auf dem Westfriedhof neben der Cheops-Pyramide hatten Gräber anlegen lassen, statt bei ihren Pharaonen in Sakkara-Süd (Djedkare-Asosi-Pyramide) und Sakkara-Nord (Unas-Pyramide).

Entscheidend bei diesem Baustopp in der Großen Galerie ist aber, dass die Verfüllung der Steinschichten des Kernmauerwerks weiter betrieben wurde. **Das führte innerhalb der Pyramide unweigerlich zu einem „Baugraben“ bzw. dem später entstehenden „Hohlraum Z7“ über „G“** (s. a. Tafel 6: Nord-Süd-Schnitt und Tafel 8: Ost-West-Schnitte).

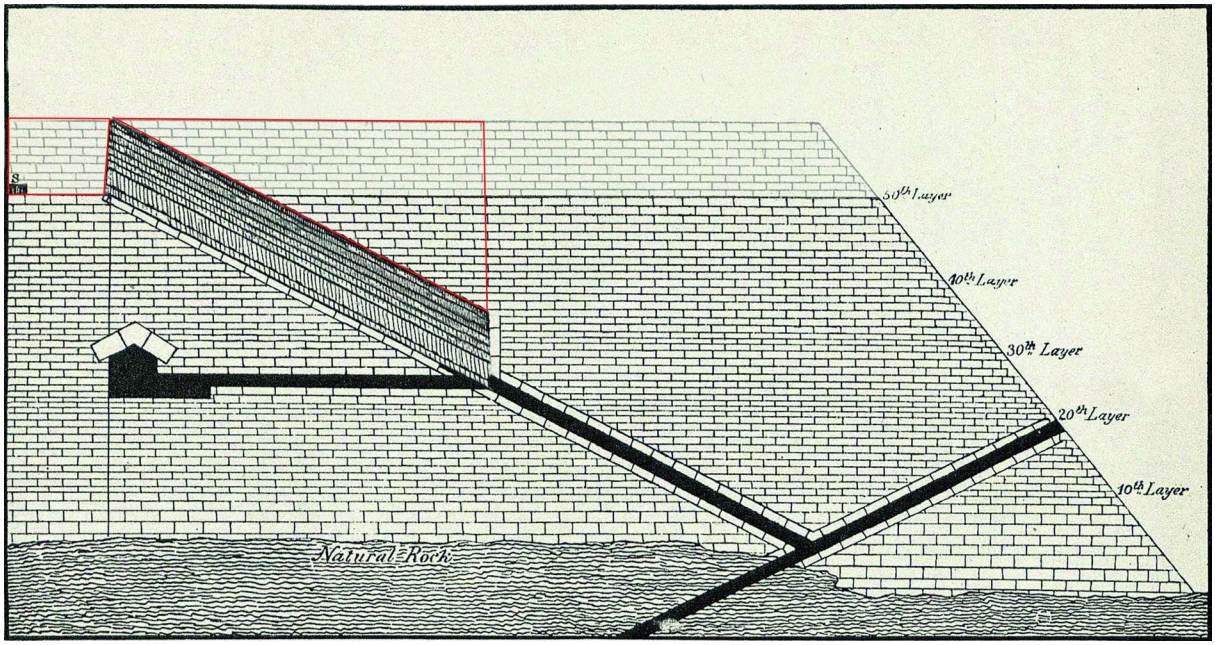


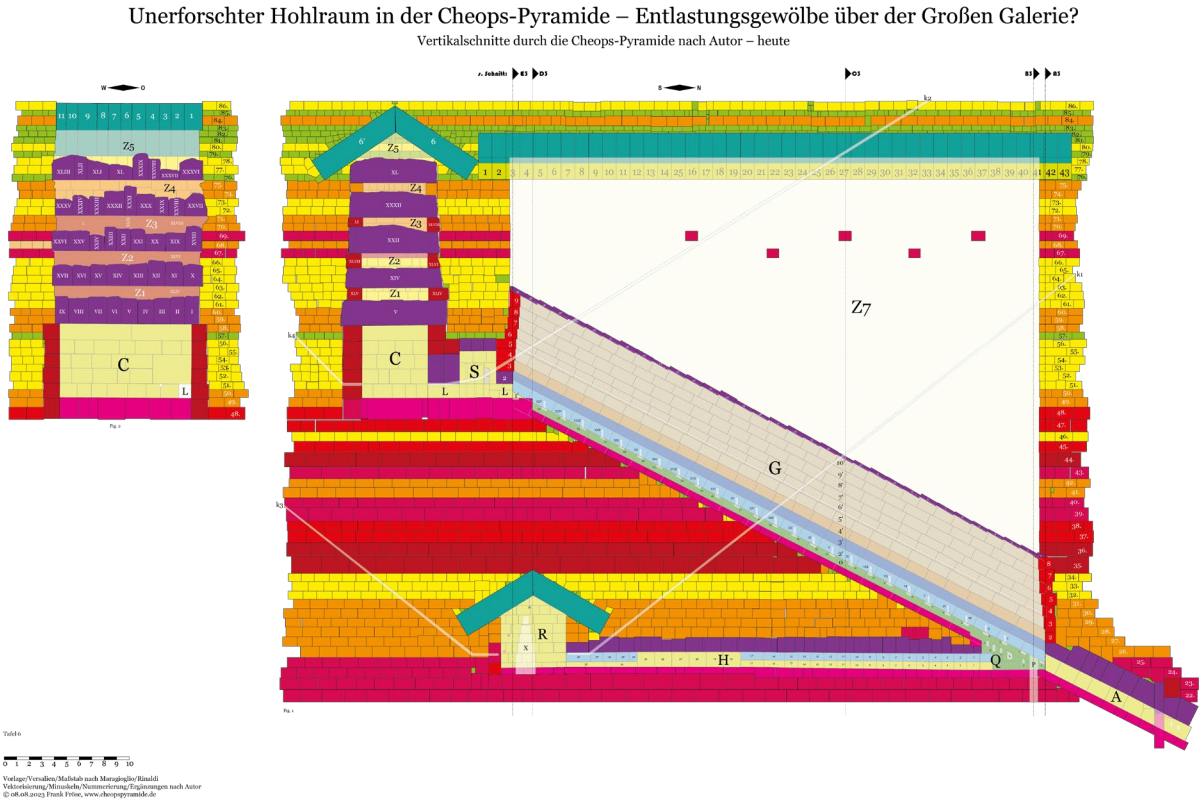
Abbildung 15
Veränderung der Großen Galerie in der Originalzeichnung von Richard A. Proctor[34]. Hier wurde die oberste Steinschicht bzw. das Galeriedach und die astronomischen Beobachtungsrichtungen von ihm wegretuschiert. In Rot ist der „Baugraben“ eingezeichnet. Die transparenten Steinschichten sind mögliche weitergebaute Steinschichten ab der 50-zigsten, die den „Baugraben“ noch weiter erhöhen. „S“ ist der Standort des Sarkophags (linker Bildrand, unverändert nach Proctor).

3.2.1.1 Nord-Süd-Schnitt (Tafel 6):

a) Auch hier gilt zu den kritischen Konstruktionsbereichen die o. g. Beschreibung 3.1.1.1 a) und b).
c) Hier gilt das oben genannte unter 3.1.2.1 c).
d) Die Galeriehöhe und die Anzahl der Auskragungen hätten fast der Vorgängerpyramide (Rote Pyramide) entsprochen. **Die Baumeister hätten wieder 14 Auskragungen in „G“ umgesetzt** (s. Abb. 13: von Steinreihe 3‘ bis 7‘‘).
e) Nur die Raumlänge von „G“ hat mit 46,12 m alle Kammern in den Vorgänger-Pyramiden übertroffen.
f) .Bis zur Steinschicht 61/62 hätten die sägezahnförmigen Einschnitte in die Steinreihen 10‘ beider Seitenwände von „G“ eingebracht werden können, damit man die **Deckplatten** hätte auflegen können. Die Breiten waren jedoch nicht mit dem Kernmauerwerk (Ost- und Westseite von „Z7“) verbunden, nun macht diese besondere Konstruktionsweise auch Sinn, da sie das Herabgleiten der Steinplatten verhindern, wenn diese an ihren Stirnflächen nicht genau behauen wurden (vgl. Tafel 7). Die Höhen der Deckplatten hätten variieren können.
g) Die fünf Blöcke innerhalb des neuen Hohlraumes „Z7“ (Steinschichten 67 und 69) sollen eine mögliche horizontale Verbindung beider

Seitenwände des „Baugrabens“ darstellen. Diese Stützblöcke sollen der Wandstabilisierung dienen[35] (s. auch Tafel 8: Fig. 3). Weitere dieser Steinbalken sind auch schon in den darunterliegenden, höheren Steinschichten 47 und 48 denkbar (s. Farbcode).

h) Überspannt wird der Baugraben bzw. „Z7“ durch ein von Norden nach Süden verlaufendes Kalkstein-Giebeldach, bestehend aus maximal 43 Balkenpaaren. Die Auflage erfolgt in der gleichen Höhe wie das Giebeldach von „Z5“.



Tafel 6 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag (Nord-Süd-Schnitt) der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von: nördliche obere „Luftkanäle k2, k4“, dritter horizontaler Gang „L“ mit der dazwischen liegenden Fallsteinkammer „S“, Große Galerie „G“ mit dem darüber liegenden vermuteten neuen Hohlraum „Z7“, den „Z7“ oben abschließenden Giebeldachblöcken 1 – 43, der sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, untere „Luftkanäle k1, k3“, zweiter horizontaler Gang „H“, Übergang „Q“, Serviceschacht „P“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“.
Hinweis: die „Luftkanäle k1, k2“ wurden zu deren besseren Verfolgung vor „L“, „S“, „G“ und „H“ gezeichnet. Diese liegen jedoch bautechnisch dahinter.

3.2.1.2 Berechnung zur (Haft-)Reibkraft $F_{R\ Haft}$ und der Hangabtriebskraft F_H unter der Voraussetzung, die Decke der Großen Galerie bestünde aus **Kalksteinplatten**:

Angenommene Größe einer **Kalksteinplatte** in der heutigen Decke von „G“:

- Breite (Nord-Süd): 1,20 m
- Höhe (Vermutung 0,24 – 0,45 m): 0,35 m
- Länge (Ost-West: Vermutung): 2,00 m
- Gewicht[23] (einzelne Deckplatte): 1,51 t = 1.510 kg
- Gewicht (alle 33 Deckplatten): 1,51 t x 33 = 49,83 t = 49.830 kg

Angenommen wird auch:

- dass eine Deckplatte (bezogen auf ihre Länge) aber nur im ersten und letzten Viertel auf der jeweiligen Seitenwand von „G“ aufliegt – die beiden mittleren Viertel überspannen „G“
- dass die Lagerkräfte auf die jeweilige Seitenwand von „G“ symmetrisch sind: $A_V = B_V$
- dass die **Deckplatten nicht in der Sägezahnkonstruktion, sondern flach auf den Oberseiten der Steinreihen 10‘ liegen**
- Neigung der Seitenwandplatten (s. Tafel 1: Fig. 5): $\alpha_1 = 26{,}16°$
- Neigung einer Deckplatte im Sägezahn (s. Tafel 1: Fig. 5): $\alpha_2 = 28{,}11°$
- dass ein Sägezahn nicht über die volle Breite eines Seitenwand-blocks geht, sondern nur der variierenden Breite der Deckplatte angepasst wurde (s. Tafel 8: alle Figuren und Abb. 16)

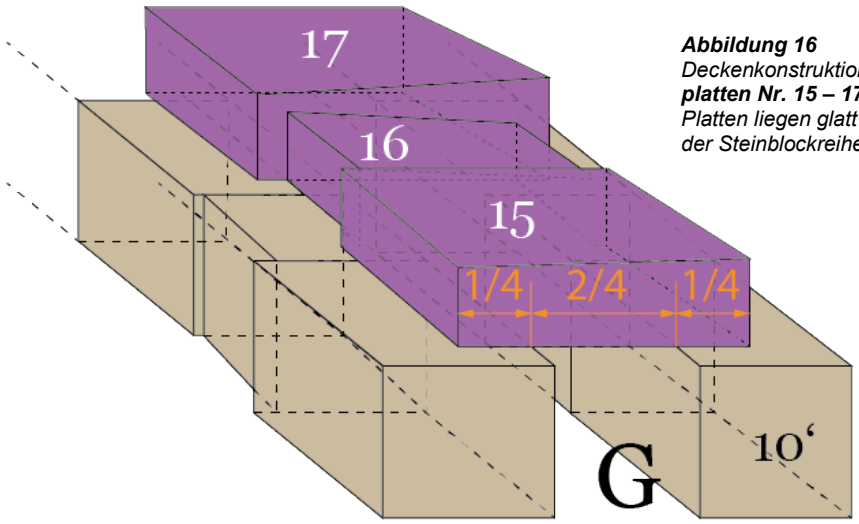


Abbildung 16
*Deckenkonstruktion in „G“ mit **Steinplatten Nr. 15 – 17** (s. Tafel 6). Die Platten liegen glatt auf der Oberseite der Steinblockreihe(n) 10‘ auf.*

Berechnung Gewichtskraft = Masse x Erdbeschleunigung $F_G = m \times g$:

$m = 1{,}51\ t = 1.510\ kg \quad und \quad 1{,}51\ t \times 33\ Steinplatten = 49{,}83\ t = 49.830\ kg$

bei Gleichheit der beiden Auflagekräfte:

$$A_V = B_V: \frac{1.510\ kg}{2} = 755\ kg \quad und \quad \frac{49.830\ kg}{2} = 24.915\ kg$$

$$g = 9{,}81 \frac{m}{s^2} = 9{,}81 \frac{N}{kg}$$

Gewichtskraft für eine Steinplatte: $F_G = 755\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} = 7.406{,}55\ N$

Gewichtskraft für alle 33 Steinplatten: $F_{G\ ges.} = 24.915\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} = 244.416{,}15\ N$

Berechnung Hangabtriebskraft = Masse x Erdbeschleunigung x sin(Winkel der Steigung/Neigung) $F_H = m \times g \times \sin(\alpha)$:

$$F_{H1} = 755\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(26{,}16°) = 7.406{,}55\ N \times 0{,}44087934 = 3.265{,}394881\ N$$

$$F_{H1\ ges.} = 24.915\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(26{,}16°) = 244.416{,}15\ N \times 0{,}44087934 = 107.758{,}031\ N$$

$$F_{H2} = 755\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \sin(28{,}11°) = 7.406{,}55\ N \times 0{,}471165834 = 3.489{,}713309\ N$$

Berechnung Normalkraftkomponente = Masse x Erdbeschleunigung x cos(Winkel der Steigung/Neigung) $F_N = m \times g \times \cos(\alpha)$:

$$F_{N1} = 755\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(26{,}16°) = 7.406{,}55\ N \times 0{,}89756638 = 6.647{,}870273\ N$$

$$F_{N1\ ges.} = 24.915\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(26{,}16°) = 244.416{,}15\ N \times 0{,}89756638 = 219.379{,}7189\ N$$

$$F_{N2} = 755\ kg \times 9{,}81 \frac{N}{kg} \times \cos(28{,}11°) = 7.406{,}55\ N \times 0{,}882044645 = 6.532{,}907769\ N$$

Berechnung Gleitreibung = Gleitreibungszahl x Normalkraft $F_R = \mu \times F_N$:

$\mu = 0{,}9\ Gleitreibung\ auf\ Stein$ [24]

$$F_{R1} = 0{,}9 \times 6.647{,}870273\ N = 5.983{,}083246\ N$$

$$F_{R1\ ges.} = 0{,}9 \times 219.379{,}7189\ N = 197.441{,}7471\ N$$

$$F_{R2} = 0{,}9 \times 6.532{,}907769\ N = 5.879{,}616992\ N$$

Berechnung Haftreibung = Haftreibungszahl x Normalkraft $F_{R,Haft} = \mu_{Haft} \times F_N$:

$\mu_{Haft} = 1{,}0\ Haftreibung\ auf\ Stein$ [24]

$$F_{R1\ Haft} = 1{,}0 \times 6.647{,}870273\ N = 6.647{,}870273\ N$$

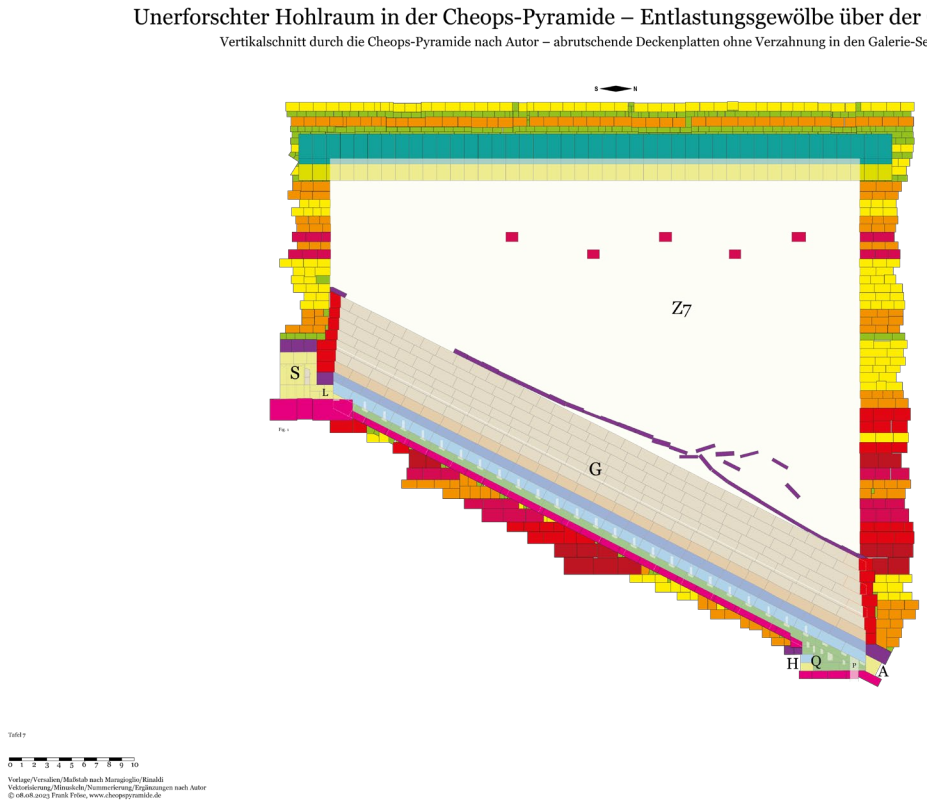
$$F_{R1\ ges.\ Haft} = 1{,}0 \times 219.379{,}7189\ N = 219.379{,}7189\ N$$

$$F_{R2\ Haft} = 1{,}0 \times 6.532{,}907769\ N = 6.532{,}907769\ N$$

Fazit Deckplatten:

$F_{R1\,Haft}$ 6.647,870273 N > F_{H1} 3.265,394881 N	Deckplatte bleibt auch ohne Sägezähne auf beiden Seitenblöcken liegen.
$F_{R1\,ges.\,Haft}$ 219.379,7189 N > $F_{H1\,ges.}$ 107.758,031 N	Alle 33 Deckplatten bleiben ohne Sägezähne auf beiden Seitenblockreihen liegen.
$F_{R2\,Haft}$ 6.532,907769 N > F_{H2} 3.489,713309 N	Deckplatte bleibt mit Sägezähne auf Seitenblöcke liegen.

Die (Haft-)Reibkraft $F_{R,Haft}$ ist also größer als die der Hangabtriebskraft F_H.

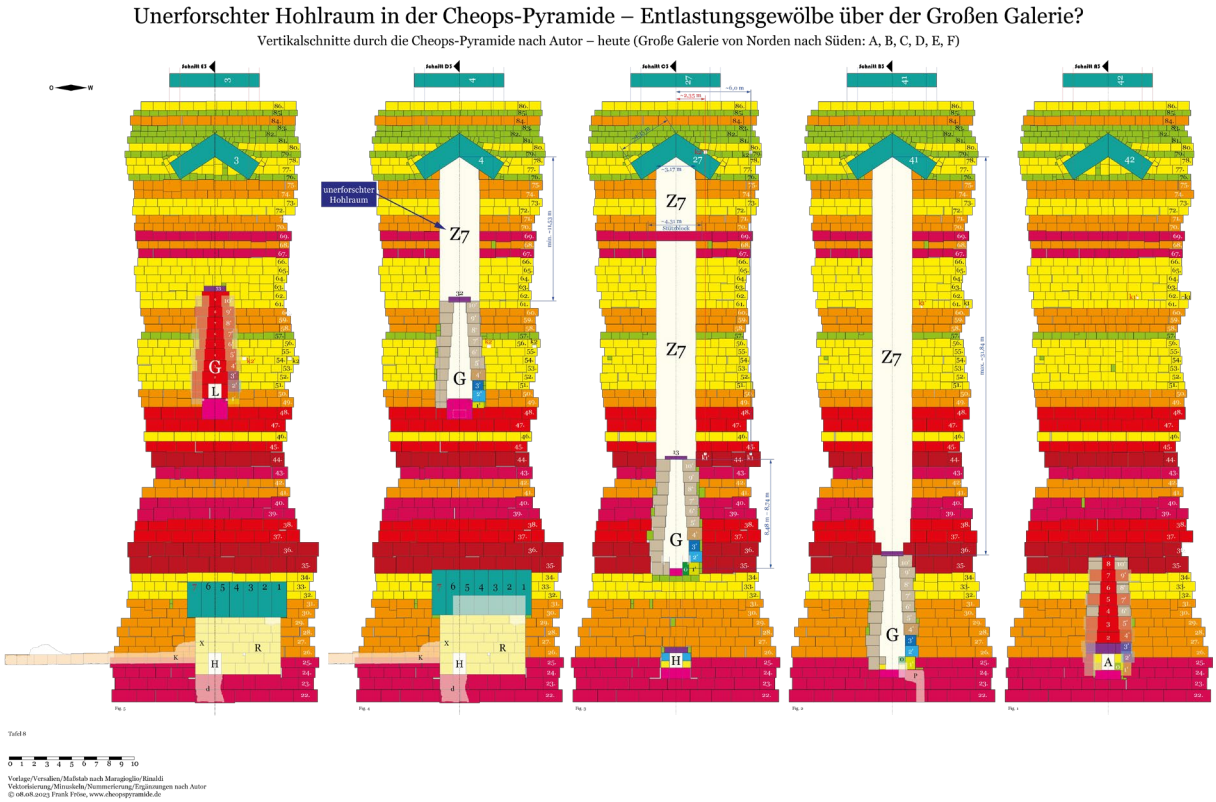


Tafel 7 (Vorschau)
Diese Konstruktion zeigt, was beim Bau passieren würde, wenn die Winkligkeit der Platten-Stirnflächen nicht stimmten, die Platten nur auf den glatten Oberflächen der Steinreihen 10‘ beider Seitenwände von „G“ auflägen und durch ihr Eigengewicht ins Rutschen kämen.

3.2.1.3 West-Ost-Schnitte (Tafel 8):

a) Auch hier hätte die o. g. Beschreibung 3.1.2.2 a) bis b) zu den kritischen Konstruktionsbereichen zugetroffen.
c) Die Steinschichten 2‘ und 3‘ wären innen bündig verlegt, 4‘ – 10‘ von außen nach innen verschoben worden, damit die geplante Kragung in „G“ hätte entstehen können. Diese Vorsprünge hätten sich ebenfalls in ihrer Maßhaltigkeit nicht verändern dürfen – das hätte auch für die einzelnen Seitenwandblöcke und deren Winkligkeit gegolten.

d) In der obersten Steinschicht 10‘ wurden mit jedem zurückgelegten Längenmeter der Galerie die Sägezähne eingearbeitet und mindestens eine Deckplatte darauf verlegt. Angenommen wird, dass jede Deckplatte unterschiedlich hoch ist.



Tafel 8 (Vorschau)
Konstruktionsvorschlag der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von:
nördlicher oberer „Luftkanal k2, k2‘ “, Große Galerie „G“, „Z7“ mit einem Balkenpaar des Giebeldaches, Serviceschacht „P“, sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, Grabräubergang „K“, Grabräuberschacht „d“, nördlicher unterer „Luftkanal k1, k1‘ “, zweiter horizontaler Gang „H“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“; Ost-West-Schnitte:
- Links (Figur 5): an die Seitenwände angebaute Südwand von „G“,
- Zweite von links (Fig. 4): oberes südliches Ende von „G“,
- Mitte (Fig. 3): Galeriemitte,
- Zweite von rechts (Fig. 2): unterer nördlicher Beginn von „G“,
- Rechts (Fig. 1): mit den Seitenwänden verzahnte Nordwand von „G“.

e) Es konnten Deckplatten aus Kalkstein verwendet worden sein, die sicher 1 m Luftraum überwinden konnten (Innenabstand der Seiten-Blockreihen 10‘) - also zwischen 1,80 m bis 2,20 m Länge besaßen.

f) Auch in diesen Konstruktionsbereichen wären Füllsteine und Hohlräume notwendig und/oder möglich gewesen.

g) In Fig. 1 (Schnittachse A3) wurde zeichnerisch wieder die Verzahnung zwischen den Seitenwänden und der Nordseite von „G“ dargestellt. Abwechselnd stützen sich die nördlichsten Blöcke (Steinreihen: 6‘, 8‘ und 10‘) auf das Kernmauerwerk ab oder stoßen direkt an die Steinbalken (Seitenflächen) der Nordwand an (Reihen: kleiner Teil von 3‘, 4‘, 5‘, 7‘ und 9‘). Der größere Teil von 3‘ und der kleinere von 2‘ treffen auf die Deckblöcke von „A“. Der größere Teil von 2‘ und 1‘ wieder auf das Kernmauerwerk.

h) In Fig. 5 (Schnittachse E3) wurde zeichnerisch wieder die an die Seitenwände „herangeschobene“ Südseite von „G“ dargestellt. Die

Steinbalken der Südseite bedecken zeichnerisch mindestens die Stirnflächen bzw. Breiten der jeweiligen Seitenwandblockschichten.

i) Die zeichnerisch dargestellten Schnittachsen A3 bis E3 sind im Nord-Südschnitt (Tafel 6) wiederzufinden.

j) Wären die Luftkanäle geradlinig verlaufen (s. Tafel 8: in Rot „k1‘ “ und „k2‘ “), dann wäre:
   - j1) der zeichnerisch ermittelte Abstand zwischen den Mitten „G“ und „Z7“ zu „k1‘ “ und „k2‘ “ nur: 2,35 m,
   - j2) „k1‘ “ zu nahe an „Z7“ (s. Tafel 8: Fig. 1 – Fig. 3),
   - j3) „k2“ zu nahe am Giebeldach von „Z7“ (s. Tafel 8: Fig. 3) und zu nahe an „G“ verlaufen (s. Tafel 8: Fig. 4).

   Hinweis: In Tafel 8 sind nur die viereckigen Öffnungen der „Luftkanäle“ dargestellt und nicht deren Konstruktionen – welche auch noch einmal umlaufend Platz benötigten[36]. Es wird jetzt auch klar, warum die Luftkanäle „k1“, „k2“ (s. Tafel 8: schwarz) durch Abknickungen großzügig um „G“ (s. Tafel 9) und „Z7“ (s. Tafel 8) herum gebaut worden sind[37]. Der zeichnerisch ermittelte Abstand zwischen den Mitten „G“ und „Z7“ zu „k1“ und „k2“ beträgt jetzt: 6,0 m.

   Auch wenn das Giebeldach von „Z7“ fast 20 m höher aufgebaut wurde als in Tafel 9 (Draufsicht) dargestellt, müssten sich die von ihm abgeleiteten Schubkräfte – entstehend durch die noch darüber bis zur Pyramidenspitze lagernden Steinschichten – auf den in Tafel 9 dargestellten Bereich des südlichen Endes von „G“ auswirken und die Baumeister zu den weiträumigen Abknickungen von „k1“ und „k2“ veranlasst haben.

k) Der „Baugraben“ bzw. der noch zu erforschende Hohlraum „Z7“ besitzt zeichnerisch von Ost nach West eine Breite von 3,17 m (Tafel 8: Fig. 3). Diese Breite könnte kleiner gewesen sein, wenn die Breiten der Seitenwandblöcke von „G“ (Tafel 8: Steinreihen 8‘ – 10‘) geringer als gezeichnet wären.

l) Der Hohlraum „Z7“ misst zeichnerisch in der größten vertikalen Ausdehnung bzw. Höhe 31,84 m (Tafel 8: Fig. 2, im Norden von „G“) und in der kleinsten 11,53 m (Tafel 8: Fig. 4, im Süden von „G“).

m) Einer der in der Beschreibung 3.2.1.1 e) erwähnten Stützblöcke, ist in Tafel 8, Fig. 3 einzeln zu erkennen. Die Länge dieses Steinbalkens beträgt zeichnerisch 4,35 m und damit in einer Länge, welche auch in den einzelnen Kalksteinbalken des Giebeldachs von „Z7“ praktiziert hätte werden können (also eine für damalige Zeit händelbare Blocklänge).

n) Die im Giebeldach verbauten Kalksteinbalken besitzen zeichnerisch eine Einzellänge von 4,35 m, könnten jedoch auch länger gewesen sein (s. Abb. 9: mit 5,09 m angegebene Längen der Dachbalken aus Kalkgestein über der sog. Königinnenkammer „R“).

o) Das zeichnerisch ermittelte Volumen $\mathrm{V1_{Z7}}$ vom heutigen Hohlraum „Z7“ ist:

Länge „Z7“ oben l_o: $\frac{19{,}795\ \mathrm{mm}}{803{,}436\ \mathrm{mm}} = \frac{1{,}0\ \mathrm{m}}{\mathrm{x\ m}} \mid \mathrm{x} = \frac{803{,}436\ \mathrm{mm} \times 1{,}0\ \mathrm{m}}{19{,}795\ \mathrm{mm}} = 40{,}588\ \mathrm{m} \approx \mathbf{40{,}60\ m}$

Höhe „Z7“ Süden h_s: $\frac{19{,}795\ \mathrm{mm}}{228{,}187\ \mathrm{mm}} = \frac{1{,}0\ \mathrm{m}}{\mathrm{x\ m}} \mid \mathrm{x} = \frac{228{,}187\ \mathrm{mm} \times 1{,}0\ \mathrm{m}}{19{,}795\ \mathrm{mm}} = 11{,}527\ \mathrm{m} \approx \mathbf{11{,}53\ m}$

Höhe „Z7“ Norden h_n: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{630{,}072\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}}$ | $\text{x} = \frac{630{,}072\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 31{,}829\ \text{m} \approx \mathbf{31{,}83\ m}$

Länge „Z7“ unten l_u: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{941{,}429\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}}$ | $\text{x} = \frac{941{,}429\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 47{,}588\ \text{m} \approx \mathbf{47{,}60\ m}$

Breite „Z7“ b: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{62{,}789\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}}$ | $\text{x} = \frac{62{,}789\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 3{,}171\ \text{m} \approx \mathbf{3{,}17\ m}$

$h_s \times l_o \times \text{b}$: $11{,}53\ \text{m} \times 40{,}60\ \text{m} \times 3{,}17\ \text{m} = 1483{,}93\ \text{m}^3$

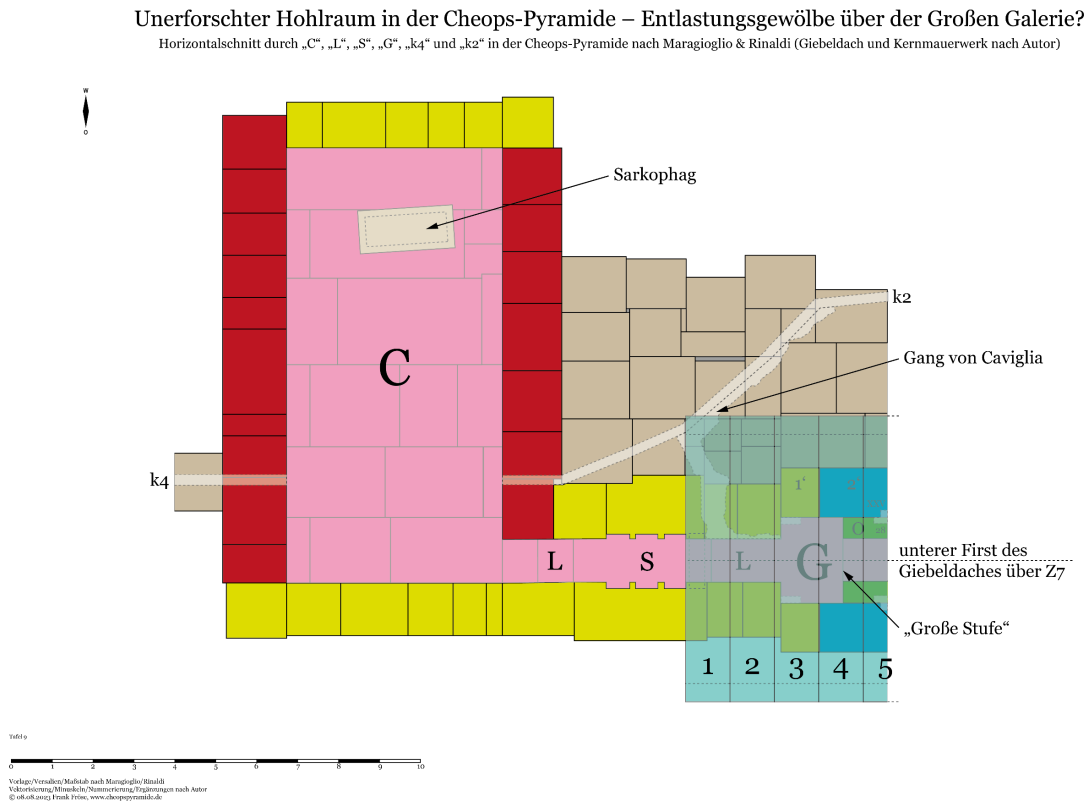
$h_n - h_s$: $31{,}83\ \text{m} - 11{,}53\ \text{m} = 20{,}30\ \text{m}$

$\frac{(h_n - h_s) \times l_o \times \text{b}}{2} = \frac{20{,}30\ \text{m} \times 40{,}60\ \text{m} \times 3{,}17\ \text{m}}{2} = 1306{,}33\ \text{m}^3$

$\text{V1}_{\text{Z7}} = 1483{,}93\ \text{m}^3 + 1306{,}33\ \text{m}^3 = \mathbf{2.790{,}26\ m^3}$

Das durch die Messpunktwolke beschriebene Volumen von ca. 600 m³ (s. Einführung) wird durch das errechnete Volumen von „Z7“ scheinbar weit übertroffen. Hier nimmt der Autor jedoch an, dass die unklare vertikale Lage der Messpunktwolke ebenso gut eine vertikale Vergrößerung ihrer selbst ist[38].

p) Die Giebeldachkonstruktion über „Z7“ würde eine solche über „H“ unnötig machen[39]. Ohnehin würde diese höhenmäßig nicht unter „G“ oder bis an das Giebeldach von „R“ heranreichen können (s. Tafel 6). Aber genau dort müsste sie ja die Druckkräfte des Giebeldaches selbst abfangen! Dem Autor nach sind die Sparrenpaare bei Stadelmann[39] viel zu flach gezeichnet als das sie Schubkräfte aufnehmen und nach Osten und Westen ins Kernmauerwerk ableiten könnten, sondern würden eher eingedrückt werden.
Es wird immer gerätselt, warum sich im letzten Gangdrittel von „H“ sechs[40] bis sieben[41] Kalksteinblöcke befinden, die die gesamte Höhe von „H“ einnehmen, also nicht zweischichtig ausgeführt wurden wie im restlichen Gang. Stellt man sich jedoch noch ein zweites und drittes Sparrenpaar über das in Tafel 6 gezeichnete vor, so wirken alle Schubkräfte dieses doppelten/dreifachen Giebeldaches genau auf diesen Gangbereich bzw. diese 6 – 9 Blöcke pro Gangseite. Dadurch das in dieser besonderen Bauweise die obere Steinschicht fehlt, kann diese auch nicht nach Norden hin durch die Schubkräfte verschoben werden! G. Dormion sieht jedoch in Bezug auf „A“ die zweischichtigen Seitenwände als „anormal“ und die einschichtigen als „normal“ an[42]. In der dortigen Zeichnung (s. S. 289) ist auch erkennbar, dass diese Blöcke unterschiedlich lang sind, besonders im Vergleich der beiden Gangseiten zueinander. Auch sind dort die Deckblöcke länger als im Deckenrest von „H“. Vermutlich geht das einher mit einer größeren Blockhöhe und führt damit zu einer massiven Verstärkung dieses Bereichs im Gang „H“.



Tafel 9 (Vorschau)
Ost-West-Horizontalschnitt in Bezug zu:
der sog. Königskammer „C“, dem dritten horizontalen Gang „L“ mit der dazwischen liegenden Fallsteinkammer „S“, der Großen Galerie „G“ und der giebelförmigen Entlastungskonstruktion über Hohlraum „Z7“.
Hinweis: die in dieser Tafel dargestellte Überschneidung von „k2“ und dem Balkenpaar 1 des Giebeldaches täuscht, da vertikal betrachtet, der untere First von der Oberfläche der Großen Stufe zeichnerisch 19,24 m höher liegt.

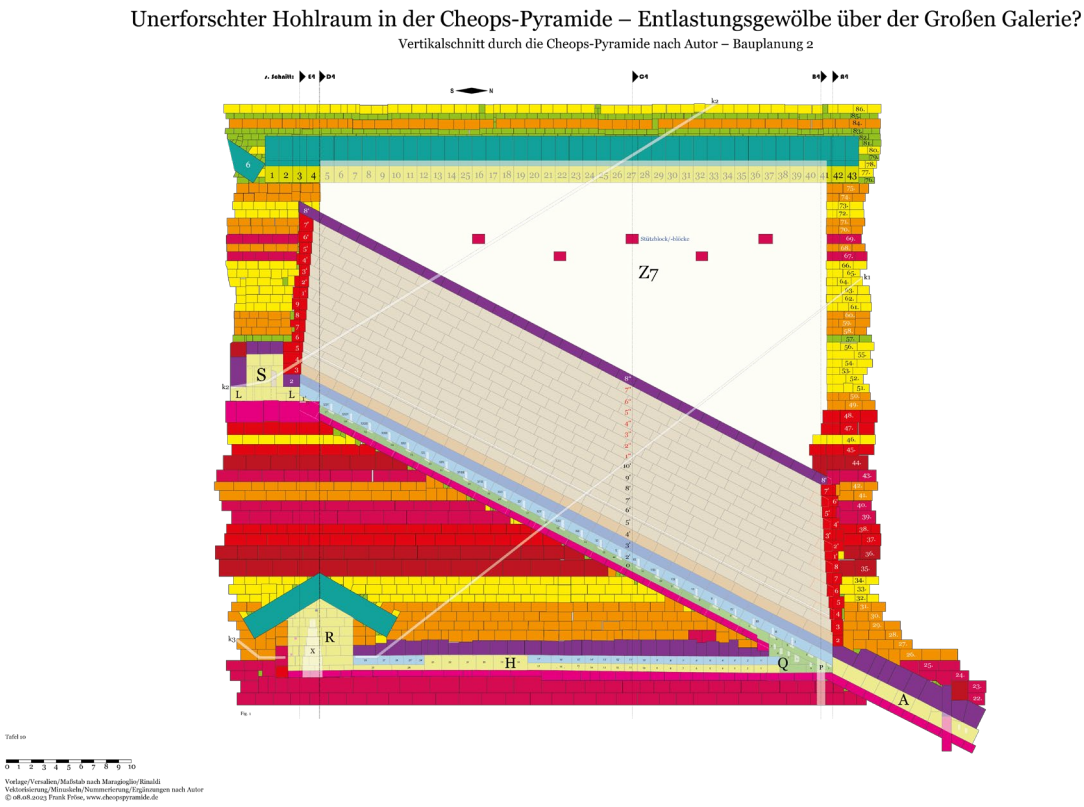
3.3 Warum ist heute dieser unerforschte Hohlraum „Z7“ so groß?

Weil die heutige Decke von „G“ nicht die ursprünglich geplante war. Wie schon in der o. g. „Bauvariante 2 (ursprüngliche Planung)“ dargelegt, fehlen noch sieben bis acht Steinreihen (s. Tafel 10: 1‘‘ – 8‘‘) um „G“ als Kraggewölbe zu vollenden. Das ist die doppelte heutige Höhe!

Zum Zeitpunkt der Errichtung der Giebeldächer von „Z5“ und „Z7“ wurde jedoch die Vollendung von „G“ (als oben geschlossenes Kraggewölbe) endgültig aufgegeben. Jetzt mussten auf den Steinreihen 10‘ der Ost- und Westwand die Sägezähne eingemeißelt und die 33 Deckplatten darin verankert werden.

Das führt zu dem heutigen vom Autor vermuteten Zustand von „G“ und „Z7“ (s. Tafeln 6, 8).

Der Autor stellt auch die These auf, dass selbst ein vollendetes, geneigt angeordnetes Kraggewölbe (s. Tafel 10) nicht die statische Entlastungsfunktion erfüllt und deshalb „Z7“ und deren Giebeldecke benötigt hätte.



Tafel 10 (Vorschau Bauvollendung von „G“)
Konstruktionsvorschlag (Nord-Süd-Schnitt) der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von: nördlicher oberer „Luftkanal k2“, dritter horizontaler Gang „L“ mit der dazwischen liegenden Fallsteinkammer „S“, Große Galerie „G“ mit dem darüber liegenden neuen Hohlraum „Z7“, den „Z7“ oben abschließenden Giebeldach-blöcken 1 – 43, der sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, unterer „Luftkanal k1“, zweiter horizontaler Gang „H“, Übergang „Q“, Serviceschacht „P“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“.
Hinweise: *1. Die „Luftkanäle k1, k2“ wurden zu deren besseren Verfolgung vor „L“, „S“, „G“ und „H“ gezeichnet. Diese liegen jedoch bautechnisch dahinter.*
2. Der Hohlraum „Z7“ ist im Süden und Norden durch Überhänge der Steinschichten kleiner gezeichnet worden als in Tafel 6.

3.3.1 Das zeichnerisch ermittelte Volumen $V2_{Z7}$ nach geplanter Bauvollendung von „Z7“ hätte sein können:

Länge „Z7“ oben l_o: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{803{,}436\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{803{,}436\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 40{,}588\ \text{m} \approx \mathbf{40{,}60\ m}$

Höhe „Z7“ Süden h_s: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{64{,}286\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{64{,}286\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 3{,}247\ \text{m} \approx \mathbf{3{,}25\ m}$

Höhe „Z7“ Norden h_n: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{504{,}514\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{504{,}514\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 25{,}487\ \text{m} \approx \mathbf{25{,}49\ m}$

Länge „Z7“ unten l_u: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{941{,}429\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{941{,}429\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 47{,}588\ \text{m} \approx \mathbf{47{,}60\ m}$

Breite „Z7“ b: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{62{,}789\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{62{,}789\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 3{,}171\ \text{m} \approx \mathbf{3{,}17\ m}$

$h_s \times l_o \times \text{b}$: $3{,}25\ \text{m} \times 40{,}60\ \text{m} \times 3{,}17\ \text{m} = 418{,}28\ \text{m}^3$

$h_n - h_s$: $25{,}49\ \text{m} - 3{,}25\ \text{m} = 22{,}24\ \text{m}$

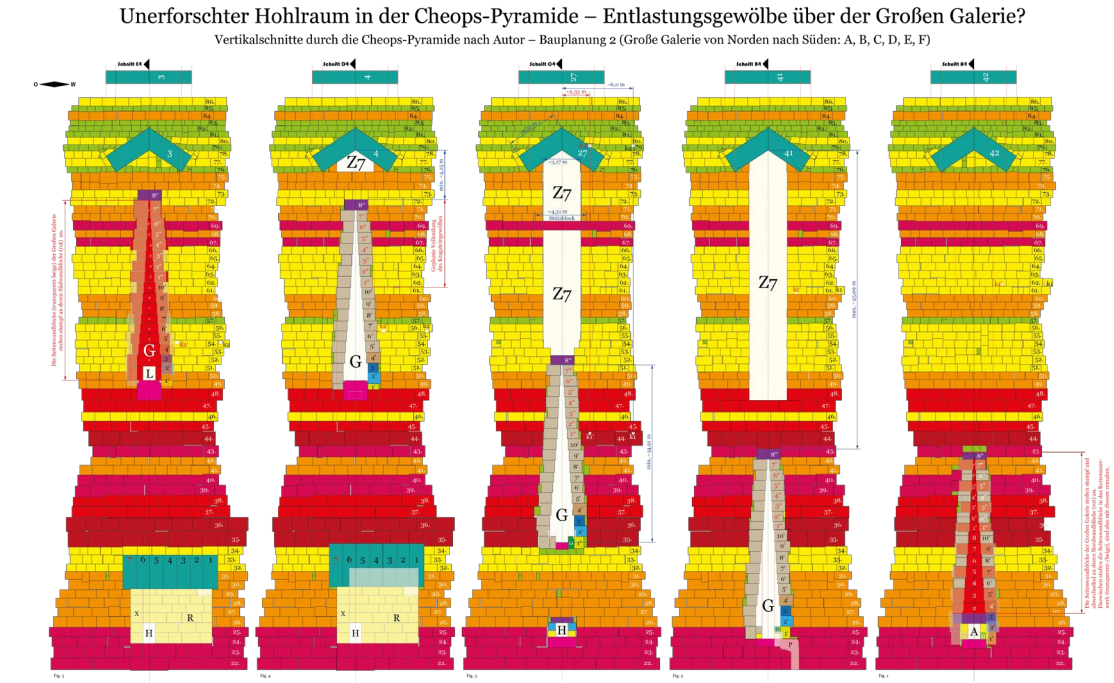
$\frac{(h_n - h_s) \times l_o \times \text{b}}{2} = \frac{22{,}24\ \text{m} \times 40{,}60\ \text{m} \times 3{,}17\ \text{m}}{2} = 1431{,}17\ \text{m}^3$

$$V2_{Z7} = 418{,}28\ m^3 + 1431{,}17\ m^3 = \mathbf{1.849{,}45\ m^3}$$

$$V1_{Z7} - V2_{Z7} = V_{Z7-Diff} = 2790{,}26\ m^3 - 1849{,}45\ m^3 = \mathbf{940{,}81\ m^3}$$

Um die beiden o. g. Volumenberechnungen von „Z7“ in 3.2.1.3 $V1_{Z7}$ und 3.3.1 $V2_{Z7}$ vergleichbar zu machen, wurde die Bemaßung der unteren Berechnung (3.3.1 – geplante Bauvollendung) an die der oberen (3.2.1.3 – vermuteter heutiger Hohlraum) angepasst (s. 2. Hinweis in Tafel 10). Es wurde auch in 3.3.1 das maximale Volumen berechnet und Abzüge durch den Giebel und evtl. vorhandene Stützblöcke innerhalb von „Z7“ (s. Tafel 11: Fig. 3) vernachlässigt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Luftraum in „Z7“ nach Vollendung der Großen Galerie fast 1/3 (≈ 940 m³) kleiner als heute gewesen wäre.



Tafel 11 (Vorschau Bauvollendung von „G“)
Konstruktionsvorschlag der Schichten 22 – 86 des Kernmauerwerks in Bezug zur Lage von: nördlicher oberer „Luftkanal k2, k2‘ “, Große Galerie „G“, „Z7“ mit einem Balkenpaar des Giebeldaches, Serviceschacht „P“, sog. Königinnenkammer „R“, Nische „X“, Grabräubergang „K“, Grabräuberschacht „d“, nördlicher unterer „Luftkanal k1, k1‘ “, zweiter horizontaler Gang „H“ und dem Ende des ansteigenden Ganges „A“; Ost-West-Schnitte:
- Links (Figur 5): an die Seitenwände angebaute Südwand von „G“,
- Zweite von links (Fig. 4): oberes südliches Ende von „G“,
- Mitte (Fig. 3): Galeriemitte,
- Zweite von rechts (Fig. 2): unterer nördlicher Beginn von „G“,
- Rechts (Fig. 1): mit den Seitenwänden verzahnte Nordwand von „G“.

4. Diskussion

Zu 3.1: Grundsätzlich gilt es die o. g. Frage durch statische Berechnungen zu untermauern: **Kann ein – ohne das vom Autor vorgeschlagene Giebeldach über „Z7“ – geneigt angeordnetes Kraggewölbe die gleiche statische Funktion erfüllen, wie ein horizontal errichtetes Kraggewölbe?**

Das gilt insbesondere für die Bauvariante 1 (heute – Fachmeinung, s. Tafeln: 2

und 3) als auch für die Bauvariante 2 (ursprüngliche Planung, s. Tafeln: 4 und 5). Auf beiden Bauvarianten lasten ohne „Z7“ auf den schrägen Deckblöcken bis zur Spitze der Pyramide noch weitere horizontale Steinschichten des Kernmauerwerks.

Zu 3.1.1.3 b): Die sägezahnförmigen Aussparungen in den obersten Steinreihen der Seitenwände von „G“ sind nur notwendig, wenn:

1) die heutigen Decksteine aus dünneren Steinplatten statt hohen Steinblöcken gebildet werden und es den Hohlraum „Z7“ mit der Giebeldecke gibt der die heutigen Decksteine von „G“ entlastet, oder
2) ein einzelner oder mehrere Decksteine gleichzeitig herausgenommen werden sollten, ohne dass die südlich dahinter liegende(n) herunterrutschen konnten[43] (s. a. Tafel 7).

Zu 3.2.1: Klarheit über ein Vorhandensein und die tatsächliche Größe von „Z7“ bringt im ersten Schritt nur eine endoskopische Untersuchung oberhalb der heutigen Deckblöcke von „G“ (ähnlich der Untersuchung von „Z6“)[18]. Dabei dürfte für das Durchdringen der Deckblöcke von Nutzen sein, dass:

1) Einige dieser Deckblöcke gesprungen sind[11].
2) Es einen Einstieg in der Ostwand von „G“ gibt (direkt an der Süd-Ost-Ecke), der in einen horizontalen Gang zur sog. „Davison-Kammer“ bzw. „Z1“ führt:

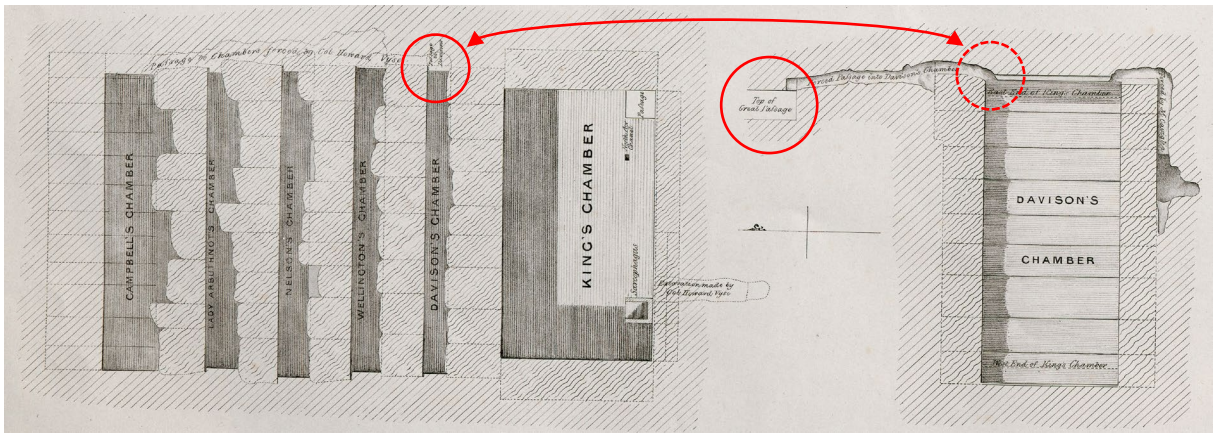


Abbildung 17
Der Vertikalschnitt (links „umgeklappt“: Nordseiten von Königskammer „C“, Entlastungskammern „Z1 - Z5“, Ausgang des dritten horizontalen Ganges „L“ und dem Ende des horizontalen Ganges zwischen „G“ und „Z1“)
Der Horizontalschnitt (rechts die „Draufsicht“: sog. „Davison-Kammer” bzw. „Z1” mit dem Ende des horizontalen Ganges zwischen „G“ und „Z1“)
© 1837, The Pyramids of Gizeh, Auszug aus Plate IV, J. E. Perring & E. J. Andrews, UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK HEIDELBERG unter https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglid/perring1839bd1/0013

Diese Stelle wäre für eine Untersuchung von „Z7“ besonders geeignet, weil man hier den Deckplatten-Seitenflächen am nächsten ist und weil schon das Kernmauerwerk durch die Anlegung des Ganges entfernt wurde. **Hier ließe sich die geringste vertikale Höhe von „Z7“ feststellen.**

3) Es einen sehr kurzen „Grabräubergang“ bzw. eine Aushöhlung ganz oben in der Nordwand von „G“ gibt[44]. Hier wäre man der Stirnfläche der untersten Deckplatte am nächsten. **An dieser Stelle könnte die vertikal höchste Ausdehnung von „Z7“ ermittelt werden:**

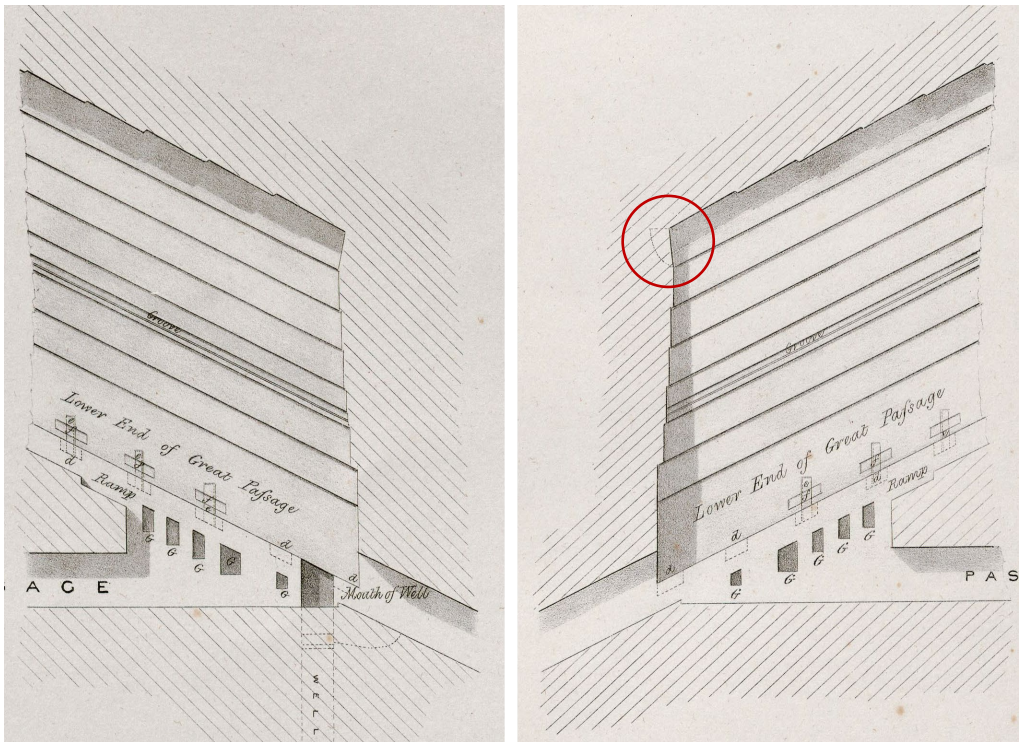


Abbildung 18
Die Vertikalschnitte (links: Westseite, rechts: Ostseite von „G“) zeigen das Ende von „A“, Beginn von „G“ mit deren Nordseite, 2. horizontaler Gang „H“, und Übergang „Q“
© 1837, The Pyramids of Gizeh, Auszug aus Plate VIII, J. E. Perring & E. J. Andrews, UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK HEIDELBERG unter https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglid/perring1839bd1/0013

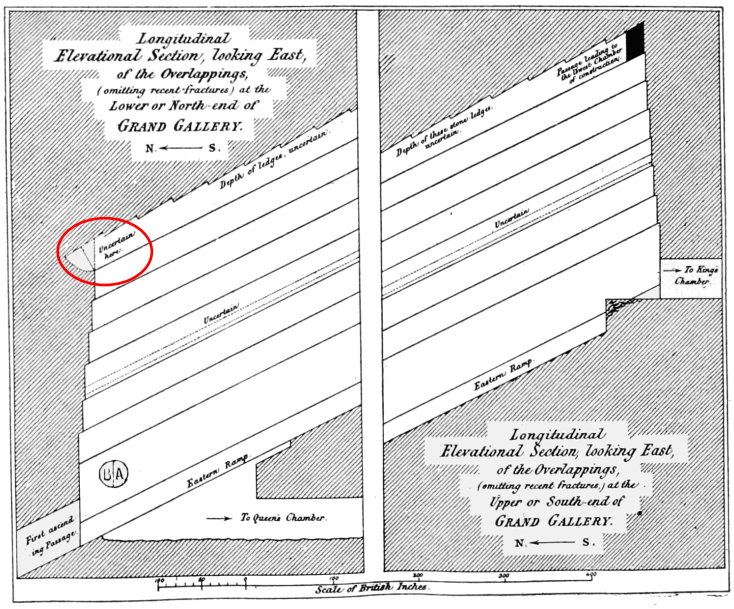


Abbildung 19
Autor B|A(?): nach Vergleich mit anderen Zeichnungen - insbesondere der British-Inch-Angabe wegen - könnte man es C. Piazzi Smyth zuordnen, sein Kommentar: „hier unerklärlich“
© Mai 1912, WIKIMEDIA COMMONS: PSM V80 D462 Longitudinal sections of the grand gallery.png

Diese besondere Darstellung der Nord- bzw. der obersten Steinreihe der Ostseite von „G“ (s. Abb. 18 und 19) wurde/wird jedoch zeichnerisch von späteren Fachautoren nicht mehr übernommen (z. B. Maragioglio & Rinaldi, s. Abb. 9 oder beispielhaft[45], erst wieder Dormion[46]).



Abbildung 20a
Nordwand in der Großen Galerie „G“ der Cheops-Pyramide (Beginn der Aushöhlung s. Schatten)
© 1964-1967 Uni-Dia-Verlag, Lissy Sandkühler geb. Burges und Dr. Bruno Sandkühler, *UDV_Nr. 10981*

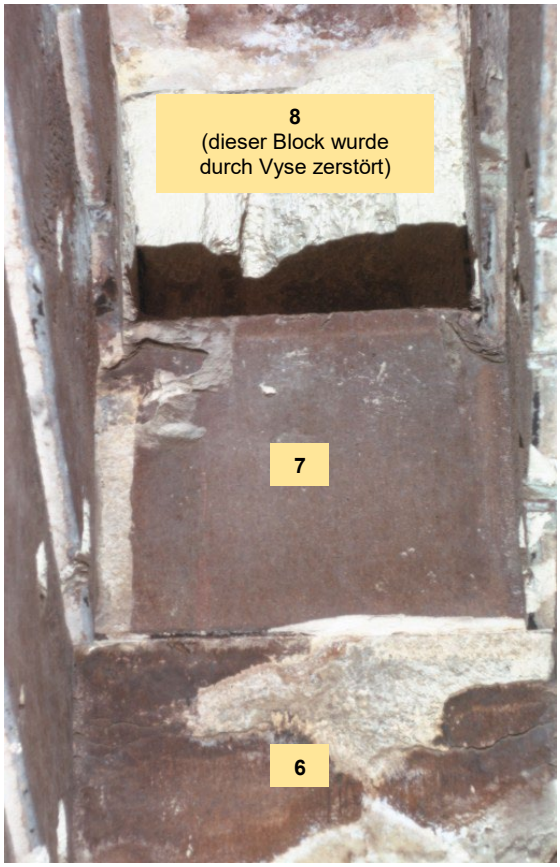


Abbildung 20b
Beginn der Aushöhlung (s. Schatten) in der Nordwand von „G“
© 1964-1967 Uni-Dia-Verlag, Lissy Sandkühler geb. Burges und Dr. Bruno Sandkühler, *UDV_Nr. 10982*

Einen namentlichen Hinweis auf den Schöpfer dieser Aushöhlung ist bei[47] zu finden. John E. Perring gehörte wie Giovanni B. Caviglia zur Forschergruppe um Oberst Richard William Howard Vyse und hat diese Aushöhlung erstmals zeichnerisch dargestellt (s. Abb. 18). So wurde die Entstehung dieser Aushöhlung 1837 der Vyse-Gruppe zugeordnet. Sie waren auch verantwortlich für den mit Sprengstoff senkrecht ausgeführten Verbindungsschacht zwischen „Z1“ bis „Z5“. Sie „zierten“ sich also damals nicht, schnelle Erfolge bei der Suche nach verborgenen Kammern/Hohlräumen vorweisen zu wollen (Hinweis: der Verbindungsgang von „G“ nach „Z1“ in Abb. 17 wird schon den Erbauern der Cheops-Pyramide zugeschrieben[48]).

Sollte bei der Endoskopie „Z7“ so groß (wie vom Autor vermutet) sein und deren Ausleuchtung bei der Erkundung nicht ausreichen, dann wäre der Einsatz eines Flugroboters notwendig, der die ganze Dimension des Hohlraumes erfassen könnte[49].

Beides – Endoskopie und Flugroboter – würden auch klären:

I) wie dick die jeweils durchbohrte Deckplatte von „G“ ist,
II) ob „Z7“ mittels einer Giebeldecke verschlossen ist,
III) wie viele Balkenpaare diese Giebeldecke bilden,
IV) ob die Auflage der Balkenpaare sich in der gleichen Höhe befindet wie gezeichnet bzw. in der von „Z5“,
V) ob es einzelne Stützblöcke zwischen den Seitenwänden von „Z7“ gibt, die mechanisch die West- mit der Ostwand von „Z7“ verbinden

(Hinweis: der Autor schließt jedoch eine vollständige Steinschicht – die als horizontale Stützschicht fungiert – aus, weil diese nicht mit der vertikal wandernden Messpunktwolke übereinstimmen und „Z7“ teilen würde),

VI) ob die Stirn- und Seitenwände von „Z7“ so geradlinig verlaufen wie in den Tafeln 6 und 8 dargestellt. Denkbar sind auch „bauchige“ und „unregelmäßige“ Mauern, welche die Stirn- und Seitenwände von „Z7“ bilden könnten (s. Tafel 10: Nordseite von „Z7“). Diese würden dann das Volumen von „Z7“ weiter reduzieren.

Fest scheint aber durch die Messpunktwolke zu stehen, dass sich ein Hohlraum „Z7“ oberhalb von „G“ befinden muss. Über die genaue Lage der einzelnen Messpunkte der Myonenstrahl-Detektierung informiert einerseits[50]. Andererseits erfüllt nur die Giebeldecke von „Z7“ und nicht die heutigen Decksteine in „G“ den statischen Anforderungen um einen so großen Hohlraum im Pyramideninnern sicher vor dem Einsturz zu bewahren.

Ein weiterer Grund für das Vorhandensein von „Z7“ scheinen die beiden (in ihrem jeweilig ersten Knick) nach Westen abbiegenden **„Luftkanäle k1 und k2“** zu sein, die dadurch auf **Abstand zu „Z7“ und „G“** gehalten wurden. Berechnung der Abstände (s. a. Tafeln: 8 und 11):

Angenommen werden:

- Abstand gemessen von Mittelachse „G“/„Z7“ bis Mittelachse Kanalöffnungen
- Gleicher vertikaler Verlauf von „k1‘ “, „k2‘ “ ohne Umgehung
- Abstand (Außenkanten) Block 5‘ zu „k2‘ “ (s. Tafel 8: Fig. 5)
- Gleicher vertikaler Verlauf von „k1“, „k2“ mit Umgehung

Kanalquerschnitt nachgezeichnet: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{5{,}387\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{5{,}387\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 0{,}2721\ \text{m} \approx \mathbf{27\ cm}$

Abstände „k1‘ “ und „k2‘ “: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{46{,}422\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{46{,}422\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 2{,}345\ \text{m} \approx \mathbf{2{,}35\ m}$

Breite Block 5‘: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{23{,}043\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{23{,}043\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 1{,}164\ \text{m} \approx \mathbf{1{,}16\ m}$

Abstand Block 5‘ zu „k2‘ “: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{3{,}535\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{3{,}535\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 0{,}178\ \text{m} \approx \mathbf{18\ cm}$!

Abstände „k1“ und „k2“: $\frac{19{,}795\ \text{mm}}{118{,}416\ \text{mm}} = \frac{1{,}0\ \text{m}}{\text{x m}} \mid \text{x} = \frac{118{,}416\ \text{mm} \times 1{,}0\ \text{m}}{19{,}795\ \text{mm}} = 5{,}982\ \text{m} \approx \mathbf{6{,}0\ m}$

Leider fehlt bis heute immer noch eine genaue Zeichnung (Draufsicht in der Neigungsachse) des Kanalverlaufs von „k1“ (nördlicher „Luftkanal“ von „R“) – um z. B. zu klären, ob sich die Austrittsöffnung (nach der Umgehung von „G“ und „Z7“) wieder genau in der Nord-Süd-Achse der Eintritts- bzw. Kammeröffnung befindet oder wie „k2“ (nördlicher „Luftkanal“ von „C“) mehr nach Westen verschoben endet[51]. Warum ist das wichtig? Weil dadurch folgender Bauablauf geklärt wird:

a) Würde „k1“ **weiter westlich enden** als er begann, wären „k1“, „R“ und „H“ einer gemeinsamen Bauausführung mit „G“ und „Z7“ zuzuordnen. Kanal „k1“ verläuft von „R“ horizontal, dann ansteigend nach Norden, knickt nach

Nordwesten ab (um dadurch „G“ zu umgehen) verläuft nach Norden und ändert bis zur Abschlussplatte nicht mehr den Verlauf.

b) Würde „k1“ jedoch von seiner Eintrittsöffnung in „R“ **genau auf der Nord-Süd-Achse verlaufen und enden**, entsteht die Notwendigkeit, dass der ursprüngliche gerade Kanalverlauf (Draufsicht) durch die vier Abknickungen (Beginn -> N -> 1. NW -> 2. N -> 3. NO -> 4. N -> Ende) nachträglich verändert wurde. Das könnte (dem Autor nach und entgegen der Lehrmeinung) bedeuten, dass „k1“, „R“ und „H“ bereits vorhanden waren und „G“ und „Z7“ erst danach hätten erbaut werden können. Durch den nachträglichen Einbau von „G“ und „Z7“ musste der ursprünglich geradlinige Verlauf von „k1“ in diesem Bereich herausgerissen und durch die vier o. g. Abknickungen ersetzt werden, die dann wieder die beiden nach Norden weisenden Kanalteile verbanden. Die beiden in „k1“ und „k3“ festgestellten Kanalverschlüsse (Abdeckplatten) waren dann tatsächlich einmal mit der Außenwelt verbunden und nur durch eine Pyramidenvergrößerung überbaut worden, was die kleinen Hohlräume hinter den Abdeckplatten erklärt. Das wäre dem Autor nach auch der heutige Bauzustand.

Zusammenfassend leitet diese Studie ab, dass die Bauvariante 1 (heute – Fachmeinung, s. 3.1.1) und Bauvariante 2 (ursprüngliche Planung, s. 3.1.2) ausscheiden und nur Bauvariante 3 (Weiterbau nach Baustopp, s. 3.2.1) die wahrscheinlichste statische Lösung für „G“ sein kann.

5. Literatur

[1] 1991, *Die ägyptischen Pyramiden – Vom Ziegelbau zum Weltwunder*, Rainer Stadelmann, S. 104.

[2] 1990, *THE PYRAMIDS AND TEMPLES OF EGYPT – Update*, Zahi Hawass, S. 25: Beschreibung der möglichen Funktionsweise der sägezahnförmigen Ausschnitte durch W. F. Petrie.

[3] 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, Vito Maragioglio, Celeste Ambrogio Rinaldi.

[4] 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 132.

[5] 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, Ludwig Borchardt, Tafel 8: Laut Bochardt sollte „G“ gar nicht sichtbar sein wie heutzutage, sondern nur eine unsichtbare Entkastungskonstruktion für eine nicht fertig gestellte Verlängerung des ansteigenden Ganges „A“!

[6] **Die Anzahl der Verschlussteine in „A“ ist kontrovers – beispielhaft:**

3: Der 1. Verschlussstein ist heute von „D“ aus noch am Beginn von „A“ zu sehen. Am 3. Verschlussstein kommen heutige Besucher direkt vorbei, wenn sie Al Ma'muns „Höhle/Grotte“ hochsteigen und in „A“ nach Süden einbiegen.

1 - 4: 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, Georges Goyon, S. 222 – 223 (s. Zeichnungen).
Nur bei weniger als 4 Verschlussteinen ist ein Manövrieren in „A“ vor den Steinen möglich. Es werden alle hintereinander liegende Verschlusssteine gleichzeitig bewegt. Die Arbeiter verließen nur über den absteigenden Gang „D“ das Pyramideninnere.

> 4: 1967, *Die ägyptischen Pyramiden*, Iorwerth Eiddon Stephen Edwards, S.77: Edwards geht von einem vollständigen Verschluss von „A“ aus. 2004, *Die Pyramiden – Mythos und Archäologie*, Peter Jánosi, S. 69: Jánosi geht von 24 Blockierungssteinen aus – genau so viele, wie es Vertiefungen in beiden Banketten „O“ gibt.
Bei mehr als 4 Verschlussteinen ist nur ein Manövrieren in „A“ hinter den Steinen möglich. Die Steine konnten einzeln von „G“ nach „A“ bewegt werden. Die Arbeiter konnten nur über den Serviceschacht „P“ und „D“ das Pyramideninnere verlassen.

[7] **Beispielhafte Deutungen zu den Banketten/Bänke/Podeste „O“:**

- Keine Lösung:
  - 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE),
  - 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann,
  - usw.
- Lösungsvorschlag:
  - 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, L. Borchardt, Tafel 8: Fundament für geplante aber nicht fertig gestellte Gangverlängerung von „A“. Innerhalb von „G“ sollten die beiden Podeste erhöht und überdacht werden (s. a. *Mused | Digitales Gizeh*[11]).

[8] **Beispielhafte Deutungen zu den Nischen:**

- Keine Lösung:
  - 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE) Nr.17: „Confessiamo di non essere riusciti a trovare una spiegazione razionale certa di questi elementi.“ Übers. DeepL: „Wir geben zu, dass wir keine sichere rationale Erklärung für diese Elemente [Nischen] finden konnten.“.

- Lösungsvorschläge:
  - 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, L. Borchardt, Tafel 6: Halterungen für Holzbühne auf der die hochgelagerten Blockierungssteine liegen sollten.
  - 1991, *Die ägyptischen Pyramiden*, R. Stadelmann, S. 116: Halterung für Rampe über den Blockierungssteinen.
  - 2004, *La chambre de Chéops*, Gilles Dormion, Abb. 34: X-förmig angeordnete Holzbohlen tragen eine/mehrere Holzplattform/en (erstes Plattformprojekt der Erbauer)
  - 2010, *Examining the grand gallery in the Pyramid of Khufu and its features*, Luca Miatello, PDF unter https://archives.palarch.nl/, S. 22: Halterungen für Querbalken welche die Blockierungssteine halten sollten.

[9] **Beispielhafte Deutungen zu den Vertiefungen:**
- Keine Lösung:
  - 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE) Nr.17: „Confessiamo di non essere riusciti a trovare una spiegazione razionale certa di questi elementi." Übers. DeepL: „Wir geben zu, dass wir keine sichere rationale Erklärung für diese Elemente [Vertiefungen] finden konnten.".
- Lösungsvorschläge:
  - 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, L. Borchardt, Tafel 7: Halterungen für Holzbühne mit den hochgelagerten Blockierungssteinen.
  - Halterungen für Querbalken welche die Blockierungssteine halten sollten:
    - 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 222,
    - 1991, *Die ägyptischen Pyramiden, R. Stadelmann*, S. 116,
    - 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, Abb. 33 A und B: in ihnen stecken einzelne, sägezahnförmig angeordnete Holzbohlen, die eine Holzplattform trugen (zweites Plattformprojekt der Erbauer, s. a. Abb. 34)
  - 2010, *Examining the grand gallery in the Pyramid of Khufu and its features*, L. Miatello, PDF unter www.PalArch.nl, S. 22: Halterungen für verzierte Stelen die die Querbalken arretierten, welche die Blockierungssteine halten sollten.

[10] **Beispielhafte Deutungen zu den Nuten/Rillen:**
- Keine Lösung:
  - 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE) Nr.17: „Confessiamo di non essere riusciti a trovare una spiegazione razionale certa di questi elementi.", Übers. DeepL: „Wir geben zu, dass wir keine sichere rationale Erklärung für diese Elemente [Nut, Rillen] finden konnten.".
- Lösungsvorschläge:
  - 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, L. Borchardt, Tafeln 6 – 7: Halterungen für Holzbühne mit den hochgelagerten Blockierungssteinen,
  - 1973, *Cheops – Die Geheimnisse der Großen Pyramide – Zentrum allen Wissens der alten Ägypter*, Peter Tompkins (bezieht sich auf R. A. Proctor), S. 155: danach diente „G" als Observatorium und in den Nuten/Rillen konnten sich horizontale, mit vertikal daran angebrachte Stäbe frei bewegen lassen, um Sternverläufe zu beobachten und zu dokumentieren,
  - 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 222: Halterungen für verzierte Querbalken welche die Blockierungssteine halten sollten,
  - 2004, *La chambre de Chéops*, Gilles Dormion, Abb. 33 A und B: in ihnen verlief eine Holzplattform, die von sägezahnförmig angeordnete Holzbohlen getragen wurde (zweites Plattformprojekt der Erbauer, s. a. Abb. 34),
  - 2010, *Examining the grand gallery in the Pyramid of Khufu and its features*, L. Miatello, PDF unter www.PalArch.nl, S. 22: Halterungen für verzierte Stelen die die Querbalken arretierten, welche die Blockierungssteine halten sollten.

[11] 2024, Eigene Beobachtung in: *Mused | Digitales Gizeh*: https://giza.mused.org (nach einer Anmeldung kann man kostenlos die Cheops-Pyramide sehr detailreich via Internet erkunden! TIPP: Nach dem Login den Button „Frei erkunden" statt „Geführte Tour" verwenden – dann verschwinden eingeblendete Infos, die die 3-D-Darstellung nur stören).

[12] 2017, *Bericht über die Hohlraumdetektierung in Springer Nature*: doi: 10.1038/ nature24647; PDF-Datei in RESEARCH LETTER: © Macmilian Publishers Limited.

[13] 2017, Webseite *ScanPyramids* unter: http://www.scanpyramids.org/, Projektbeschreibung unter: http://www.scanpyramids.org/assets/components/pyramids/pdfs/About_ScanPyramids-en.pdf.

[14] 1973, *Cheops – Die Geheimnisse der Großen Pyramide – Zentrum allen Wissens der alten Ägypter*, Peter Tompkins, S. 268.

[15] 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, Pläne 8 und 9.

[16] 1990, *THE PYRAMIDS AND TEMPLES OF EGYPT – Update*, Z. Hawass, S. 103: Leider gibt es von den 1990 angekündigten Zeichnungen und Fotos keine Veröffentlichungen durch Hawass.

[17] 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, S. 15 (Übersetzung mit DeepL): „In dem von Vyse in einer gewissen Höhe über dem Boden auf der Südseite der Pyramide geöffneten, mehr als 9 m tiefen Durchbruch ist deutlich zu erkennen, dass beim Bau des inneren Teils des Kerns sehr wenig darauf geachtet wurde, den gut definierten und ausgerichteten äußeren Schichten zu folgen. Im Innenmauerwerk sind größere, kleinere und manchmal auch sehr kleine Blöcke ohne jede Ordnung nebeneinandergesetzt. Selten sieht man sehr dünne Platten, die hochkant ins Mauerwerk gelegt wurden. Viele Blöcke zeigen die Einkerbungen, in die die Hebel zum Bewegen der Blöcke eingesetzt wurden. Die vertikalen Zwischenräume sind sehr variabel und mit Mörtel gefüllt: In den größeren sind Kalksteinbrocken in den Mörtel eingebettet. Es wurde sehr darauf geachtet, die Steigfugen zu brechen, so dass sie nie in zwei aufeinanderfolgenden Schichten übereinstimmen.".

[18] 2023, *Neuentdeckter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe im Eingangsbereich über dem absteigenden Gang?*, Frank Fröse, https://www.cheopspyramide.de.

[19] **Gang-/Kammersystem ist eine Bauplanung und Bauausführung:**
- 1883, *The Pyramids and Temples of Gizeh*, William Matthew Flinders Petrie, Courses Oft he Great Pyramid: https://www.ronaldbirdsall.com/gizeh/petrie/photo/plate7.html, im Buch: Beschreibung: S. 69, Zeichnung Plan IV.
  Petrie wiederlegt durch einen Test die Wachstumstheorie beim Pyramidenbau. In der Tafel überraschenderweise jedoch mit drei inneren Pyramidengrößen (A, B, C).
- 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 109 und 250: Stadelmann ist gegen Bauphasen bzw. ein inneres Bauwerk.

Gang-/Kammersystem ist in drei Bauplanänderungen und Bauausführungen E1 – E3 (Bauperioden) unterteilt:
- 1937, *Einiges zur Dritten Bauperiode der Großen Pyramide bei Gise*, L. Borchardt, S. 1 ff, Tafel 1.
  Borchard vertritt auch die Vorstellungen dass:
  - die Pyramide in drei Hauptbauphasen erreichet wurde,

- sich unter der heutigen geometrischen Pyramidenform eine Stufenyramide in Schalenbauweise verbirgt.
- 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE)
  Nr. 3: Die Autoren schließen nicht aus, dass sich unter der heutigen geometrischen Pyramidenform eine Stufenpyramide verbirgt.
- 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 160: Goyon hält den gleichzeitigen Bau der inneren Stufenpyramide und der äußeren geometrischen Pyramide für möglich.
- 1983, *Die ägyptischen Pyramiden*, Karlheinz Schüssler, S. 198 ff: Schüssler spricht von 3 Bauabschnitten in denen die Kammern der Cheops-Pyramide errichtet wurde.

20 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 173 (s. auch Abb. 90).

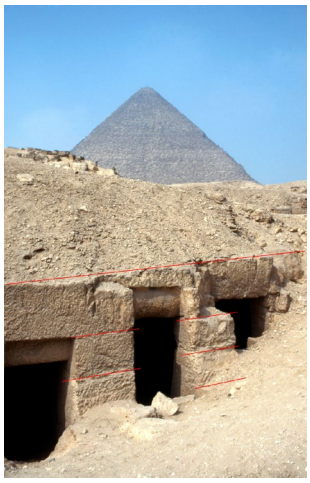
21 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE) Nr. 29 und alle Granitbalken der Entlastungskammern „Z1 – Z5".

22 Cheops-Pyramide: giebelförmige Entlastung über dem originalen absteigenden Gang „D".

23 2024, *Gewichtsrechner KIES|DIEREKT* unter https://www.kiesdirekt.de/shop/menge-rechner.asp?groupid=47&productid=1291.

24 2024, *Wikipedia*, Tabelle/Quelle unter https://de.wikipedia.org/wiki/Reibungskoeffizient#cite_note-mechanik-1.

25 1992, *Steine und Steinbrüche im Alten Ägypten*, Rosemarie und Dietrich Dankwart Klemm, S. 53 ff, Steinbruch der Cheops- und Chephren-Pyramide (östlich der Chephren- und südlich der Cheops-Pyramide): deutlich ist zwischen den Zugängen noch eine leichte Treppung unterschiedlicher Höhe (rot) zu erkennen, die durch den Steinabbau entstand. Viel später erst, wurden in den entstandenen Abbruchkanten unterirdische Felsengräber angelegt. Im Hintergrund ist die Südseite der Cheops-Pyramide zu sehen.



© 2000 fröse multimedia, Frank Fröse, 470a/7

26 1964, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte III – Tavole*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi.

27 2016, *The Construction Phases of the Bent Pyramid at Dahshur – A Reassessment*, Franck Monnier and Alexander Puchkov, PDF S. 24 unter http://recherche.univ-montp3.fr/egyptologie/enim/.

28 1883, *The Great Pyramid: observatory, tomb and temple*, Richard Anthony Proctor, UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK HEIDELBERG unter https://doi.org/10.11588/diglit.15, Fig. 10, S. 140b [152], Unveränderte Ansicht:



29 1979/80, *Die Maschinen des Herodot – Der Pyramidenbau und seine Transportprobleme – Die Lösung des Jahrhunderträtsels ohne Wunder und Zauberei*, Oskar M. Riedl, S. 150: „Hier soll nochmals erwähnt werden, dass das megalithische Baumaterial für die Königskammer am besten bereits auf der Basis innerhalb des Bauplatzes gelagert werden musste oder entsprechend der Anlieferung nach und nach über die Rampen der unteren Stufen zu transportiern gewesen wäre, da eine Beförderung mit Hebebühnen nicht möglich gewesen ist.".

30 1964, *The Stellar Destiny of Pharaoh and the So-Called Air-Shafts of Cheops' Pyramid*, Mitteilungen des Instituts für Orientforschung Nr. 10, Alexander Badawy, S. 193 – 194: Badawy zeigt folgenden Wechsel auf (Vorstellung -> Hauptstadt):
- Aufstieg des Königs in den Sternenhimmel (Stellare Vorstellung -> Buto),
- Abstieg des Königs in die Erde/Unterwelt (osirische Vorstellung -> Hierakonpolis),
- Aufstieg des Königs zur Sothis bzw. zum Morgenstern in die Nähe zur Sonne (solare Re/Ra-Vorstellung -> Heliopolis).

31 1990, *THE PYRAMIDS AND TEMPLES OF EGYPT – Update*, Z. Hawass, S. 99.

32 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 72.

33 Fund der Papyrusrollen im Wadi al-Dscharf, bezeichnet auch als „Tagebuch des Merer“: Spectrum.de unter https://www.spektrum.de/news/der-bautrupp-von-koenig-cheops/2043238

34 1883, *The Great Pyramid: observatory, tomb and temple*, Richard Anthony Proctor, UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK HEIDELBERG unter https://doi.org/10.11588/diglit.15, Fig. 12, S. 154b [167], unveränderte Ansicht:

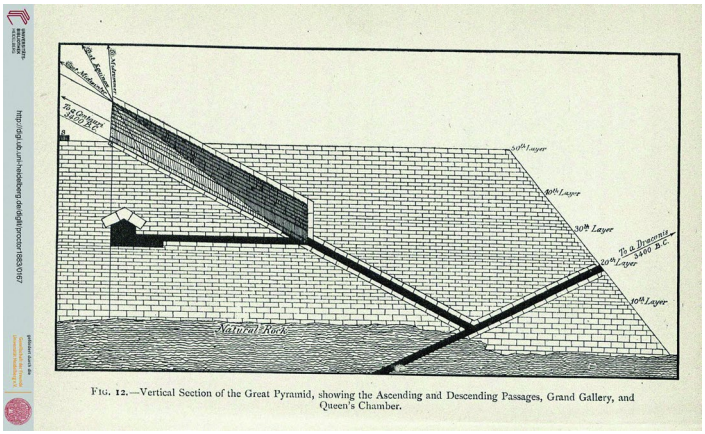


FIG. 12.—Vertical Section of the Great Pyramid, showing the Ascending and Descending Passages, Grand Gallery, and Queen's Chamber.

35 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV –Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, OSSERVAZIONI, CONSIDERAZIONI E COMMENTI (BEOBACHTUNGEN, BEMERKUNGEN UND KOMMENTARE) Nr. 35 (Übersetzung mit DeepL): „…Der Bruch der Balken und die festgestellte Senkung im Krypta-Kammersystem (Z) sind wahrscheinlich auf eine horizontale Senkung zurückzuführen, die in dem Teil des Kernmauerwerks auftrat, der als Auflager für die gegenläufigen Balken des Daches von (Z5) diente. Das Versagen führte dazu, dass sich das System der gegenläufigen Balken senkte, sich am unteren Scheitelpunkt öffnete und auf die Blöcke und Granitbalken des Komplexes drückte, wodurch das gesamte Gewicht nach unten übertragen wurde. Wären die Balken der verschiedenen Böden und Decken an den Enden in das nahe Mauerwerk des Kerns eingelassen gewesen, hätten sie dem Schub standhalten können, ohne zu brechen (zumindest die unteren). Stattdessen wurde, da sie frei waren, das gesamte Gewicht auf eine begrenzte Fläche abgeleitet, was zum vertikalen Einsturz des Mauerwerks des Kerns unterhalb der Krypta führte, ein Einsturz, der den Bruch der unteren, am meisten belasteten Balken verursachte. …“. Im Gegensatz dazu:
2011, *A propos du couvrement de la chambre dite « du Roi » dans la pyramide de Kheops*, Göttinger Miszellen, Heft 231, F. Monnier, S. 88 ff. Er sieht solch eine Verbindung in den Granitriegel der Fußböden von „Z1 – Z3“. Bei „Z4“ liegen diese nur auf denen von „Z3“ und nicht mehr im Kernmauerwerk.

36 2012, *The „Djedi“ Robot Exploration oft he Southern Shaft oft he Queens Chamber in the Great Pyramid of Giza*, Journal of Field Robotics 30(3), S. 344: dargestellt wird der „Luftschacht k3“ bzw. das obere Ende des südlichen Schachts ausgehend von der sog. „Königinnenkammer“. Dieser besteht in diesem Bereich aus einem Bodenblock und einem, der an seiner Unterseite mit einer 23 x 23 cm großen „Nut“ versehenen wurde.

37 **Beispielhafte Funktionen der Kanäle „k1 – k4“ sind:**
- **„Fernrohre“ zur direkten Beobachtung von Kulminationspunkten von Sternen:**
  - Dem Autor ist keine Literatur dazu bekannt.
- **„Schächte für das Entkommen des Ba bzw. Seelenschächte“ bzw. „Zeiger“ auf Sterne und Sternbilder:**
  - 1964, *The Stellar Destiny of Pharaoh and the So-Called Air-Shafts of Cheops' Pyramid*, Mitteilungen des Instituts für Orientforschung Nr. 10, Alexander Badawy, gesamter Beitrag:
    - nördlicher „Zeiger k2“ (beginnend in Königskammer): „nördliche Himmelsregion“ -> „zirkumpolare Sterne“ -> Alpha Draconis (Stern Thuban im Sternbild Drachen),
    - südlicher „Zeiger k4“ (beginnend in Königskammer): „südliche Himmelsregion“ -> Orion, dem „Vater der Götter“ und dem Sitz von Osiris und Re.
  - 1995, *Das Geheimnis des Orion*, Robert Bauval & Adrian Gilbert, S. 203 Zeichnung:
    - nördlicher „Zeiger k1“ (beginnend in Königinnenkammer): Ursa Minor (Stern im Sternbild kleiner Bär/Wagen),
    - nördlicher „Zeiger k2“ (beginnend in Königskammer): Thuban (Stern im Sternbild Drachen),
    - südlicher „Zeiger k3“ (beginnend in Königinnenkammer): Sirius (Doppelstern A und B),
    - südlicher „Zeiger k4“ (beginnend in Königskammer): Al Nitak (Stern im Sternbild Orion).
  - 2014, *Gizeh-Pyramiden - Spiegelbild des östlichen Sternenhimmels vom 19. Juli 5702 v. Chr. - Astronomie im alten Ägypten*, Zeitschrift Orion, Armin Argast Anderegg, gesamter Beitrag: Anderegg lässt die beiden nördlichen Kanäle „k1“, „k2“ und „D“ auf den Polarstern (Stern Stella Polaris im Sternbild Kleiner Bär/Wagen) in den Jahren 2782 v. Chr. („D“ -> 3. Sothiszyklus), 5702 v. Chr. („k1“ -> 1. Sothiszyklus, 4242 v. Chr. („k2“ -> 2. Sothiszyklus). Allerdings stimmen die Sothiszyklen (1., 2., 3.) nicht mit der angenommenen Baureihenfolge von unten („D“), über „k1“ nach oben („k2“) überein.
- **„Modellgrabkorridore“:**
  - 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 138.

- **„Luftkanäle/Belüftungssystem“:**
  - 1874, *Our Inheritance in The Great Pyramid*, Charles Piazzi Smyth, Plate I, Anmerkung: in diesem Werk gibt er einen astronomischen Zusammenhang wieder, der sich nur auf den Zugangsschacht „D“ zu den zirkumpolaren Sternen bezieht, die Kanäle „k2“ und „k4“ jedoch werden nur jeweils als „Ventilator“ bezeichnet.
  - 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 178,
  - 1998, *Die Pyramiden*, Miroslav Verner, S. 231,

In der Fachwelt gibt es zusätzlich die Formulierung, dass die Abknickungen von „k1“ und „k2“ die Große Galerie „G“ umgehen würden, jedoch keine und/oder ungenaue, warum das so weiträumig geschieht, beispielhaft:

- 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 137,
- 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, S. 51.

38 2024, Noch besser (als im o. g. Video in Abb. 8) kann man die vermutete Lage/Größe der Messpunktwolke in diesem Bild erkennen: https://www.nationalgeographic.de/geschichte-und-kultur/2023/03/archaeologie-aegypten-gizeh-geheimer-raum-cheops-pyramide-entdeckt.

39 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 129: Zeichnung.

40 2024, Sechs Blöcke in der Westseite von „H“ wurden durch eigene Beobachtung in *Mused | Digitales Gizeh*[11] gezählt und in alle Tafeln so eingezeichnet.

41 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 115: Zeichnung und S. 288 – 189: Plan 8.

42 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 122.

43 1973, *Cheops – Die Geheimnisse der Großen Pyramide – Zentrum allen Wissens der alten Ägypter*, P. Tompkins (bezieht sich auf R. A. Proctor), S. 154 – 155: dadurch ließen sich Zenitdurchgänge von Sternen, der Sonne und/oder des Mondes (S. 156 – 157) genau beobachten

44 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 178: die Aushöhlung ist ca. 76 cm tief (zeichnerisch via dortigem Maßstab ermittelt).

45 **Beispielhafte Darstellungen zur Nordseite von „G“:**

- 1910: *THE GREAT PYRAMID PASSAGES AND CHAMBERS, Vol. 1*, John & Morton Edgar, S. 288 (Zeichnung: Plate CLV),
- 1979: *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 174 (s. auch Abb. 91),
- 1990: *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 133, Abb. 64,
- 1997: *Das Erste Weltwunder – Die Geheimnisse der Ägyptischen Pyramiden*, Mark Lehner, S. 111 – 113, s. 2-D/3-D-Abbildungen,
- 1999: *Die Pyramide, Geschichte – Entdeckung – Faszination*, Christian Tietze, S. 36, Schnitt,
- 2004: *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 178.

46 2004, *La chambre de Chéops*, G. Dormion, S. 176 – 182.

47 1965, *L'ARCHITETTURA DELLE PIRAMIDI MENFITE, Parte IV – Testo*, V. Maragioglio, C. A. Rinaldi, S. 37.

48 1990, *Die großen Pyramiden von Giza*, R. Stadelmann, S. 135 und Zeichnung S. 136.

49 2019, Bereits im *Schweizer Radio und Fernsehen (SRF)* unter https://www.srf.ch/wissen/mensch/high-tech-in-der-pyramide-lueftet-ein-mini-roboter-das-letzte-geheimnis-der-cheops-pyramide.

50 2017, *Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons*, © Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature, NATURE, Vol. 552, Datei: nature24647.pdf.

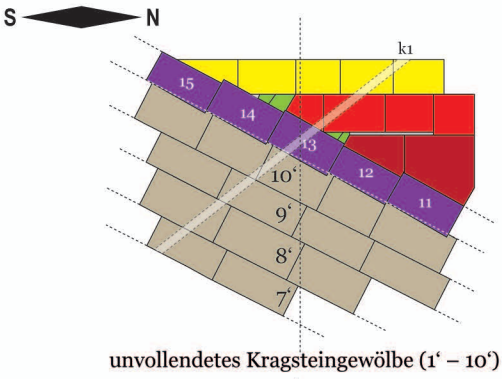
51 **Beispielhafte Darstellungen der „Luftkanäle“:**

- 1837, *The Pyramids of Gizeh*, John Shae Perring & E. J. Andrews, Plate I, UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK HEIDELBERG unter https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglid/perring1839bd1/0012: Perring kann in seiner Draufsicht nur die beiden „Luftkanäle k2 und k4“ – die in der Königskammer beginnen – darstellen.
- 1872, erst jetzt fand die Entdeckung der „Luftkanäle“ („k1“ und „k3“ – die in der Königinnenkammer beginnen) durch Waynman Dixon statt.
- 1880 – 1896, C. P. Smyth, *Astronomical Observations Made at the Royal Observatory*, Band XIII, Plate 38: die Austrittsöffnungen von „k2“ und „k4“ werden durch ihn dokumentiert.
- 1979, *Die Cheopspyramide – Geheimnis und Geschichte*, G. Goyon, S. 178: nur von „k4“ wird eine 3D-Zeichnung gezeigt.

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Deckenkonstruktion der Großen Galerie in der Cheops-Pyramide

nach Maragioglio & Rinaldi



unvollendetes Kragsteingewölbe (1‘ – 10‘)

Fig. 1

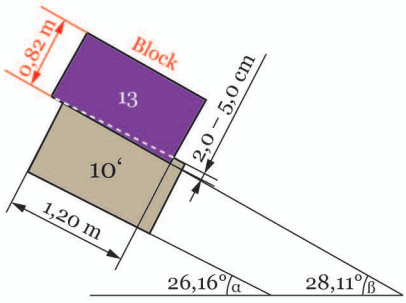


Fig. 2

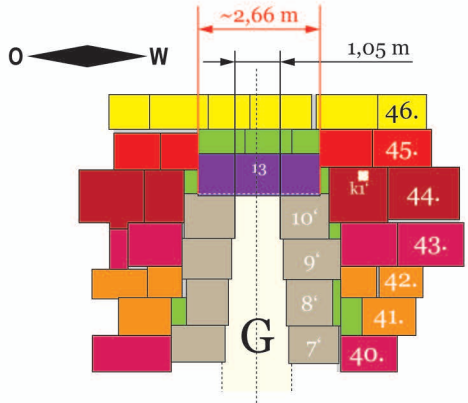
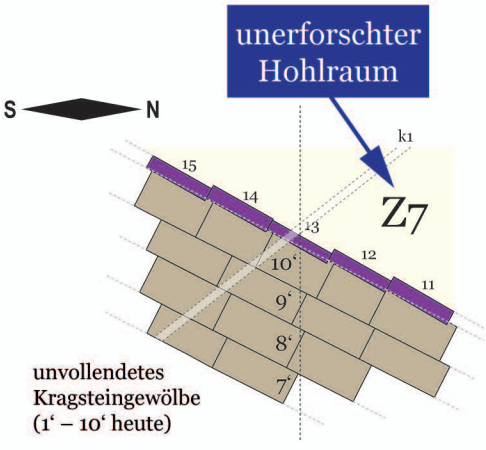


Fig. 3

nach Autor – heute



unvollendetes Kragsteingewölbe (1‘ – 10‘ heute)

Fig. 4

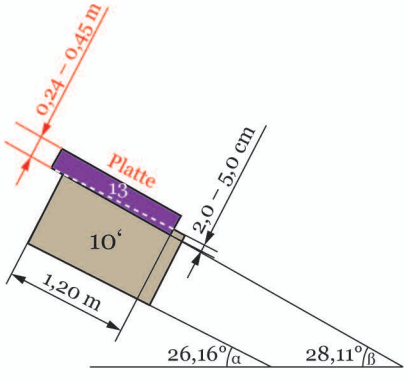


Fig. 5

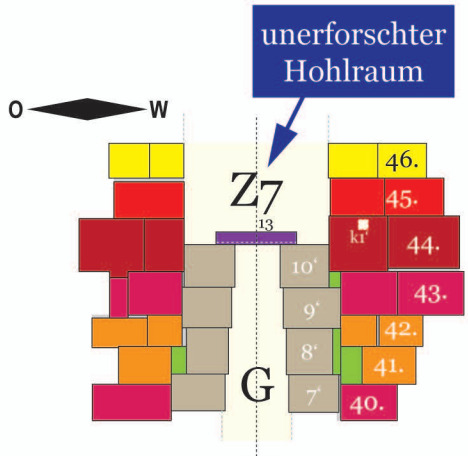
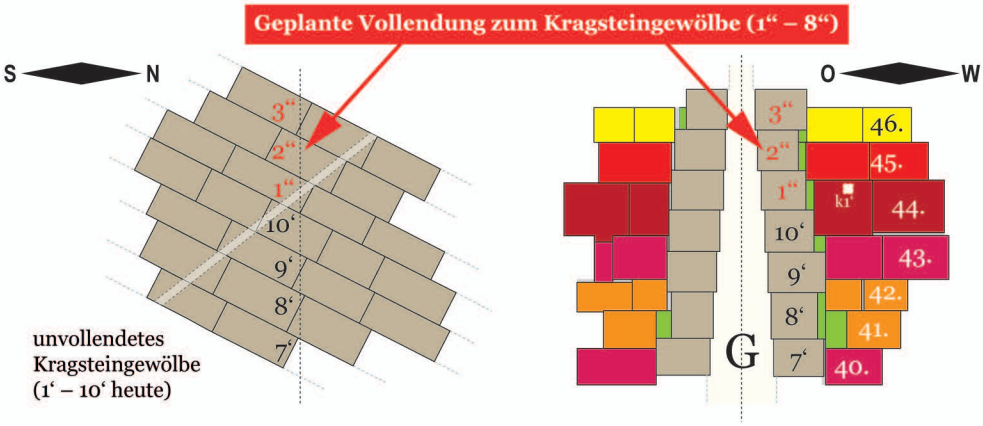


Fig. 6

nach Autor – Bauplanung



unvollendetes Kragsteingewölbe (1‘ – 10‘ heute)

Fig. 7

Fig. 8

FARBCODE

- h = <= 60 cm (55 cm)
- h = 60 – 69 cm (65 cm)
- h = 70 – 79 cm (75 cm)
- h = 80 – 89 cm (85 cm)
- h = 90 – 99 cm (95 cm)
- h = >100 cm (110 cm)
- Giebelblock
- Deckenblock
- Luftraum
- Sonstiger Block
- Seitenblock (1. Lage Kragsteingewölbe)
- Seitenblock (3. Lage)
- Seitenblock (2. Lage)
- Seitenblock (1. Lage)
- Bankett
- Bodenblock
- Felsensockel
- Mörtelhohlraum
- Schnittachse

Tafel 1

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 20.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Maragioglio & Rinaldi

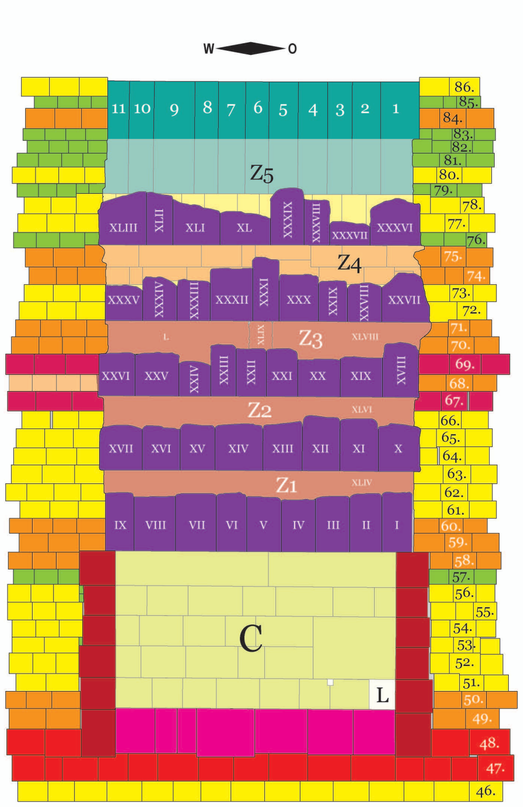


Fig. 2

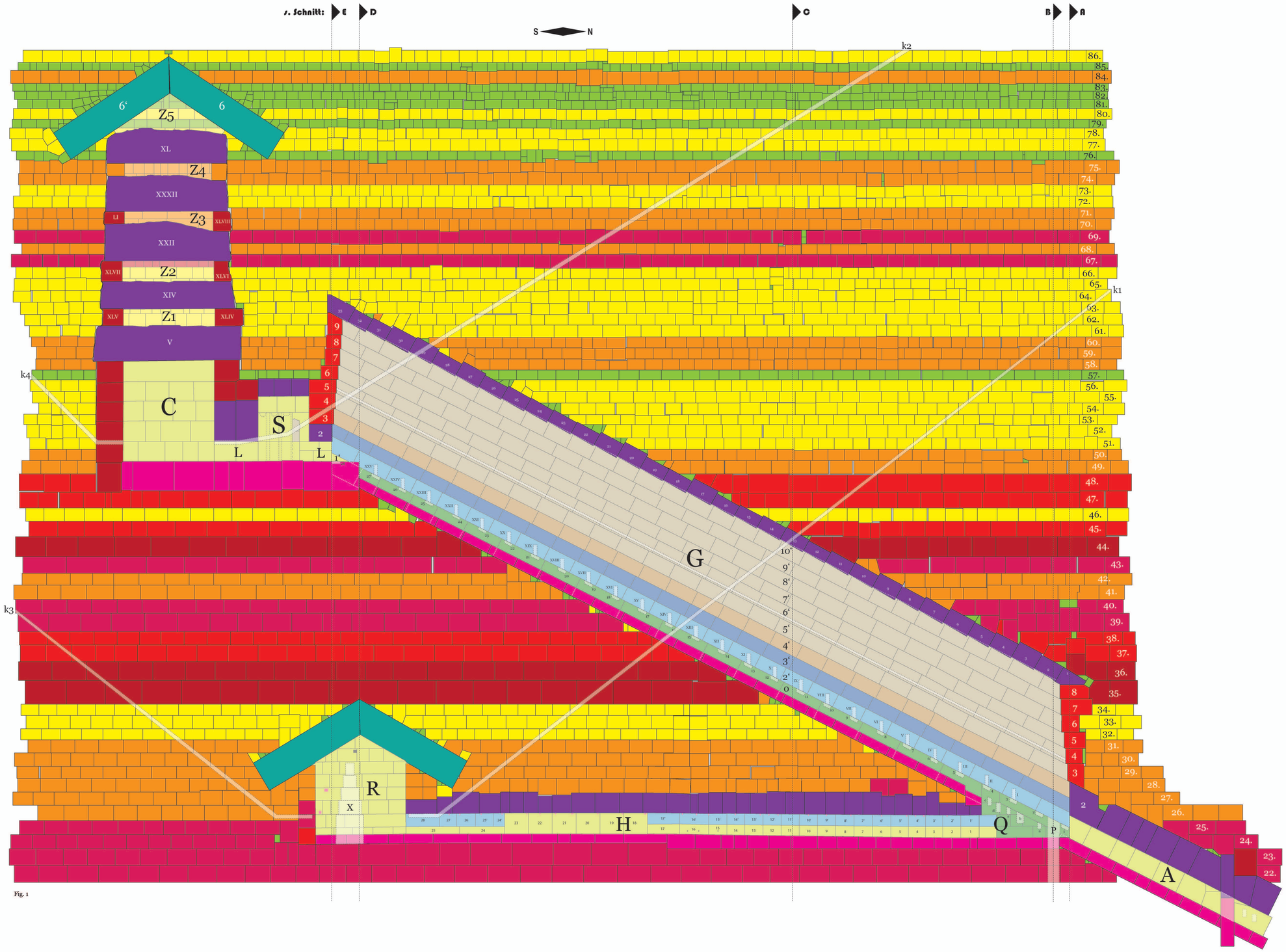


Fig. 1

Tafel 2

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Maragioglio & Rinaldi (Große Galerie von Norden nach Süden: A, B, C, D, E, F)

O W

Schnitt E

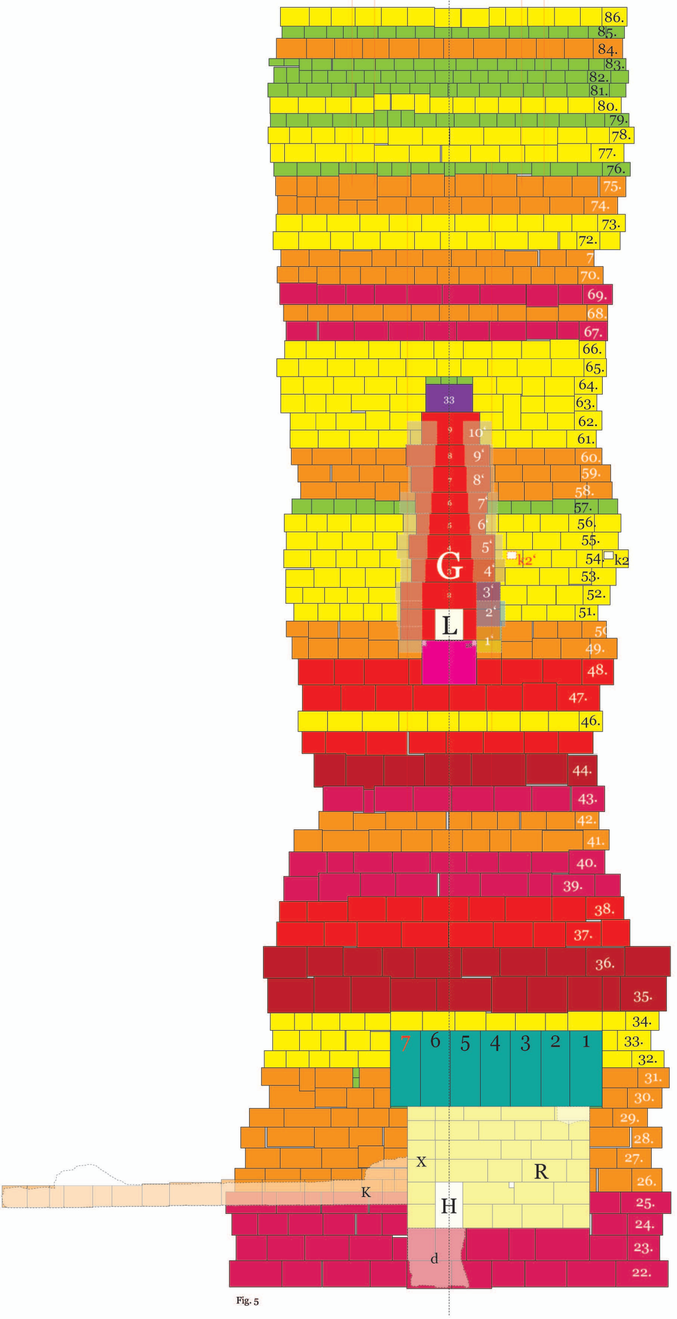


Fig. 5

Schnitt D

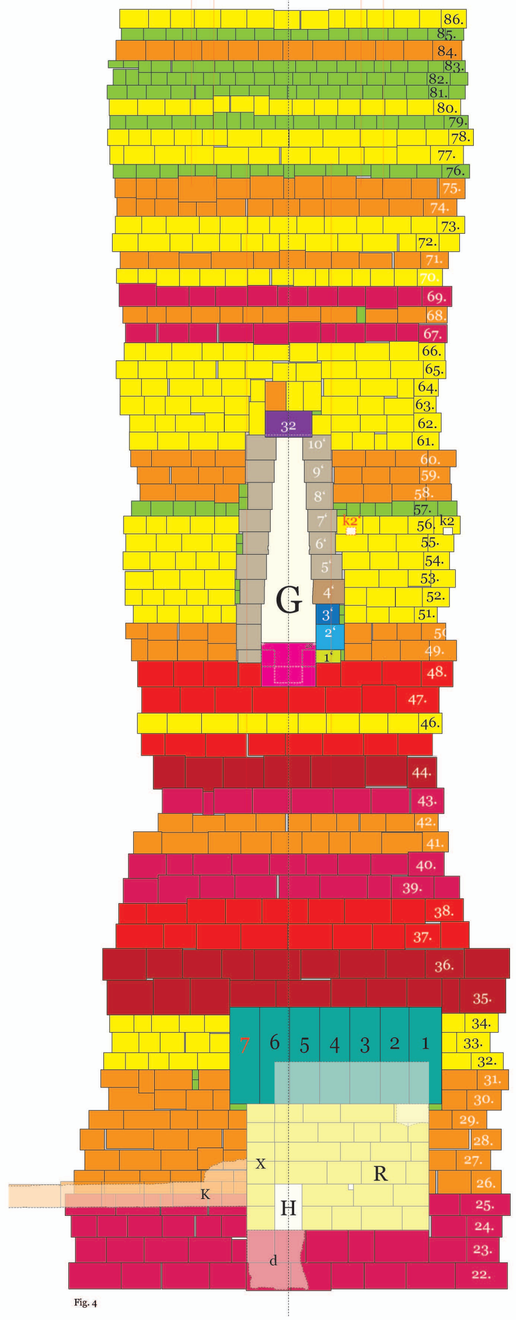


Fig. 4

Schnitt C

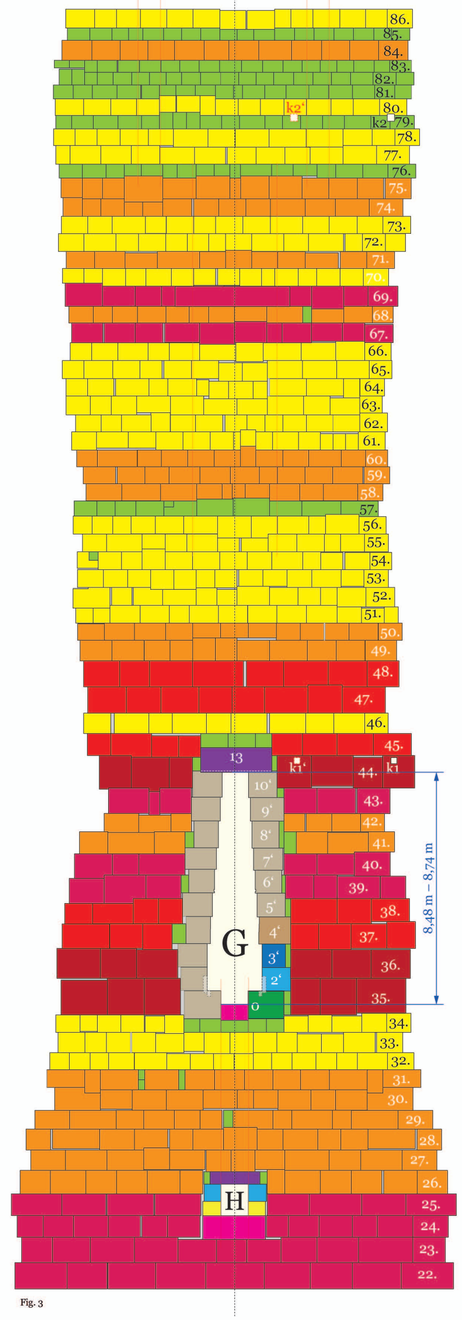


Fig. 3

Schnitt B

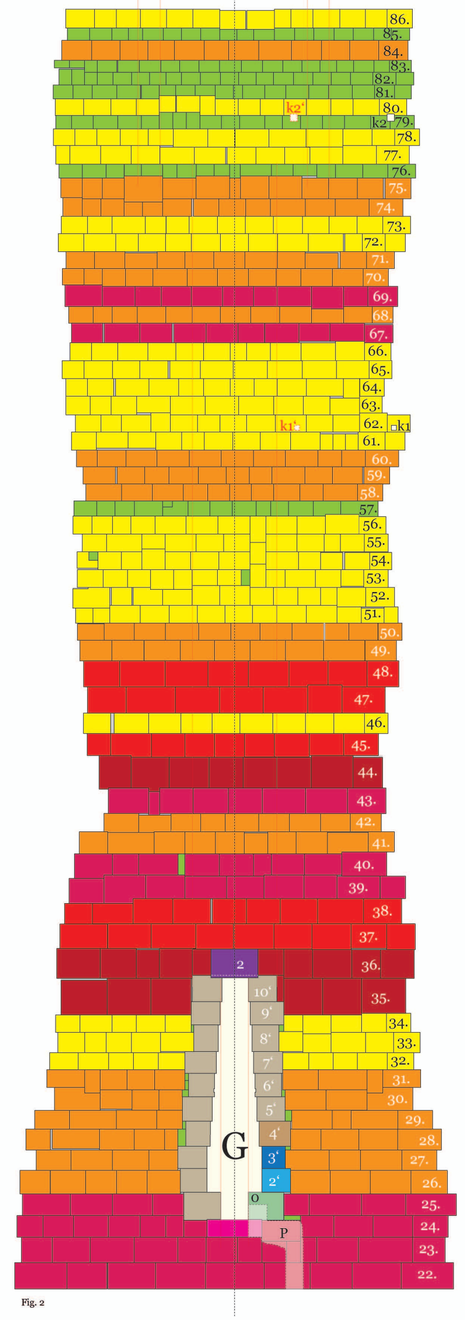


Fig. 2

Schnitt A

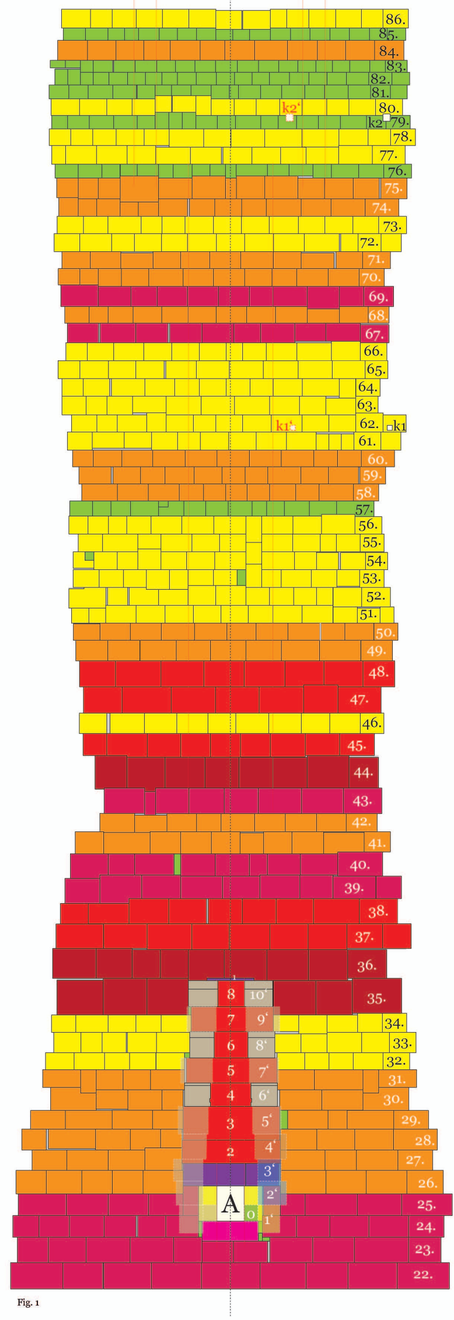


Fig. 1

Tafel 3

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitt durch die Cheops-Pyramide nach Autor – Bauplanung 1

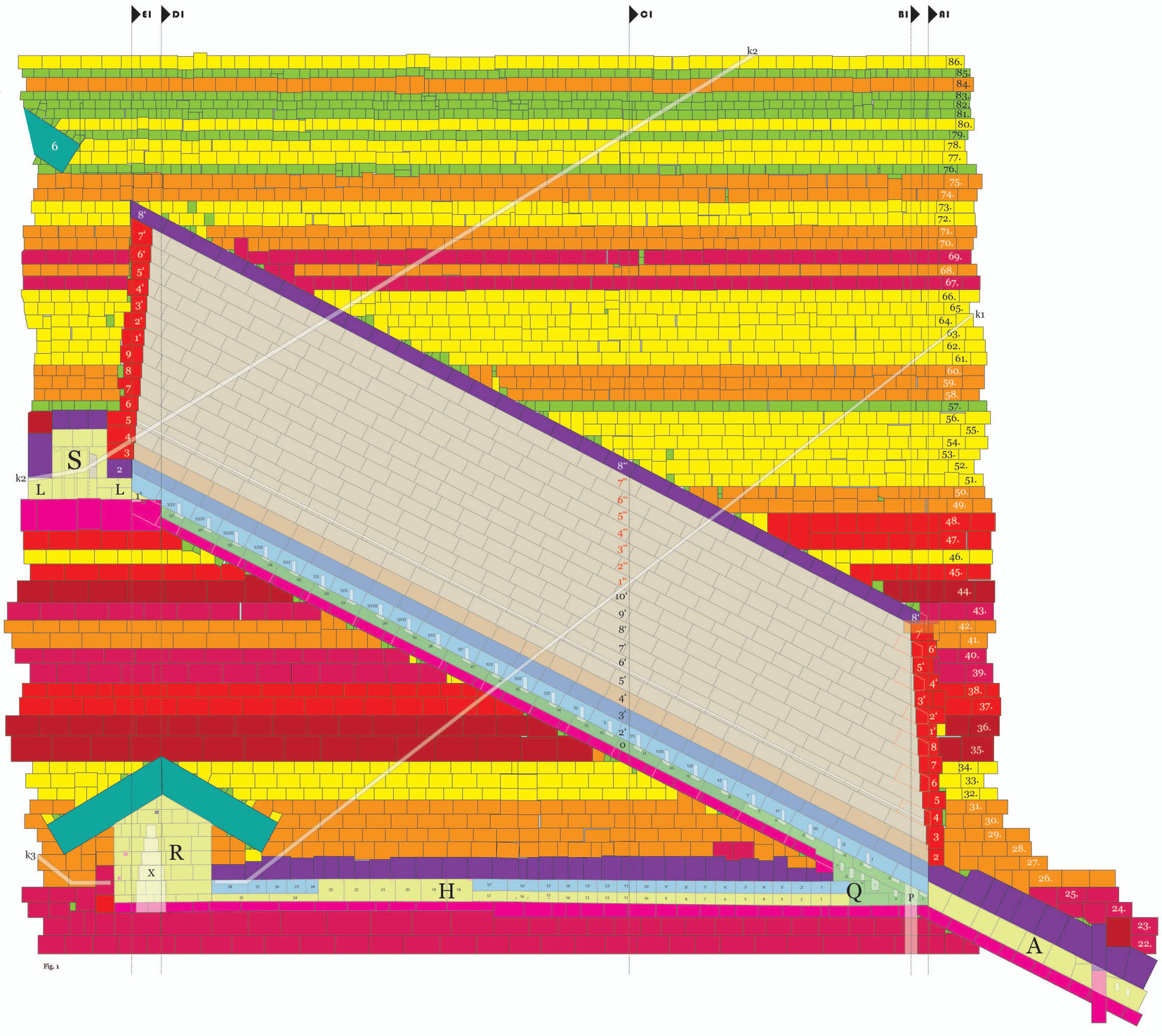


Fig. 1

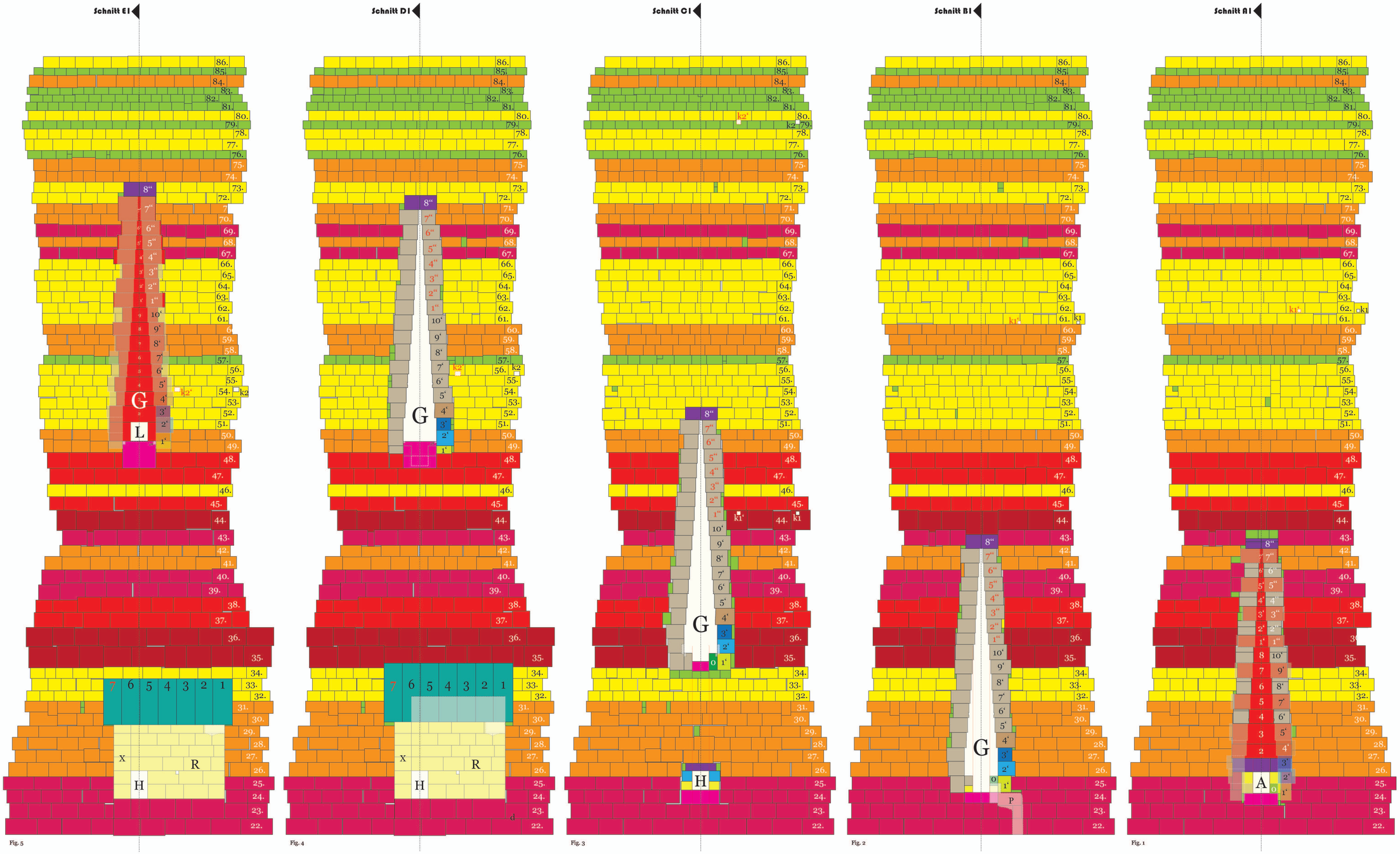
Tafel 4

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Autor – Bauplanung 1 (Große Galerie von Norden nach Süden: A, B, C, D, E, F)



Tafel 5

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Autor – heute

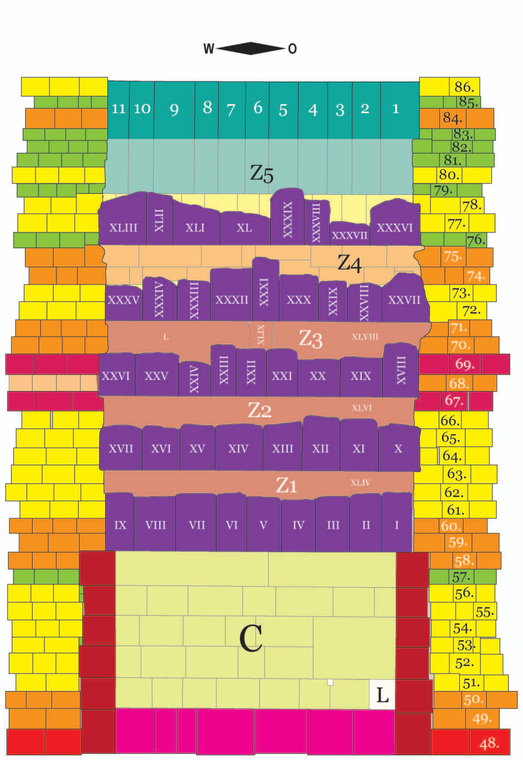


Fig. 2

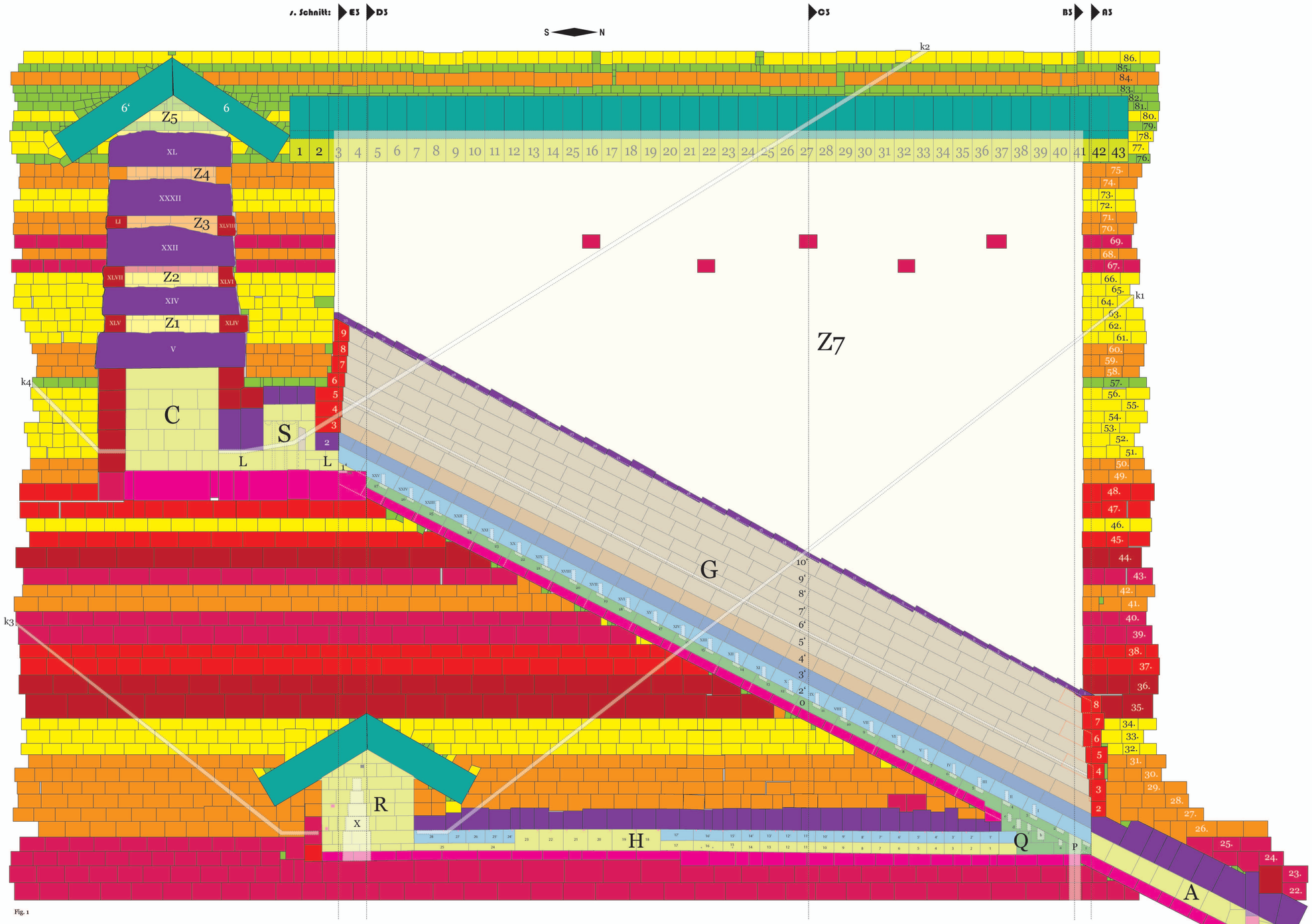


Fig. 1

Tafel 6

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitt durch die Cheops-Pyramide nach Autor – abrutschende Deckenplatten ohne Verzahnung in den Galerie-Seitenwänden

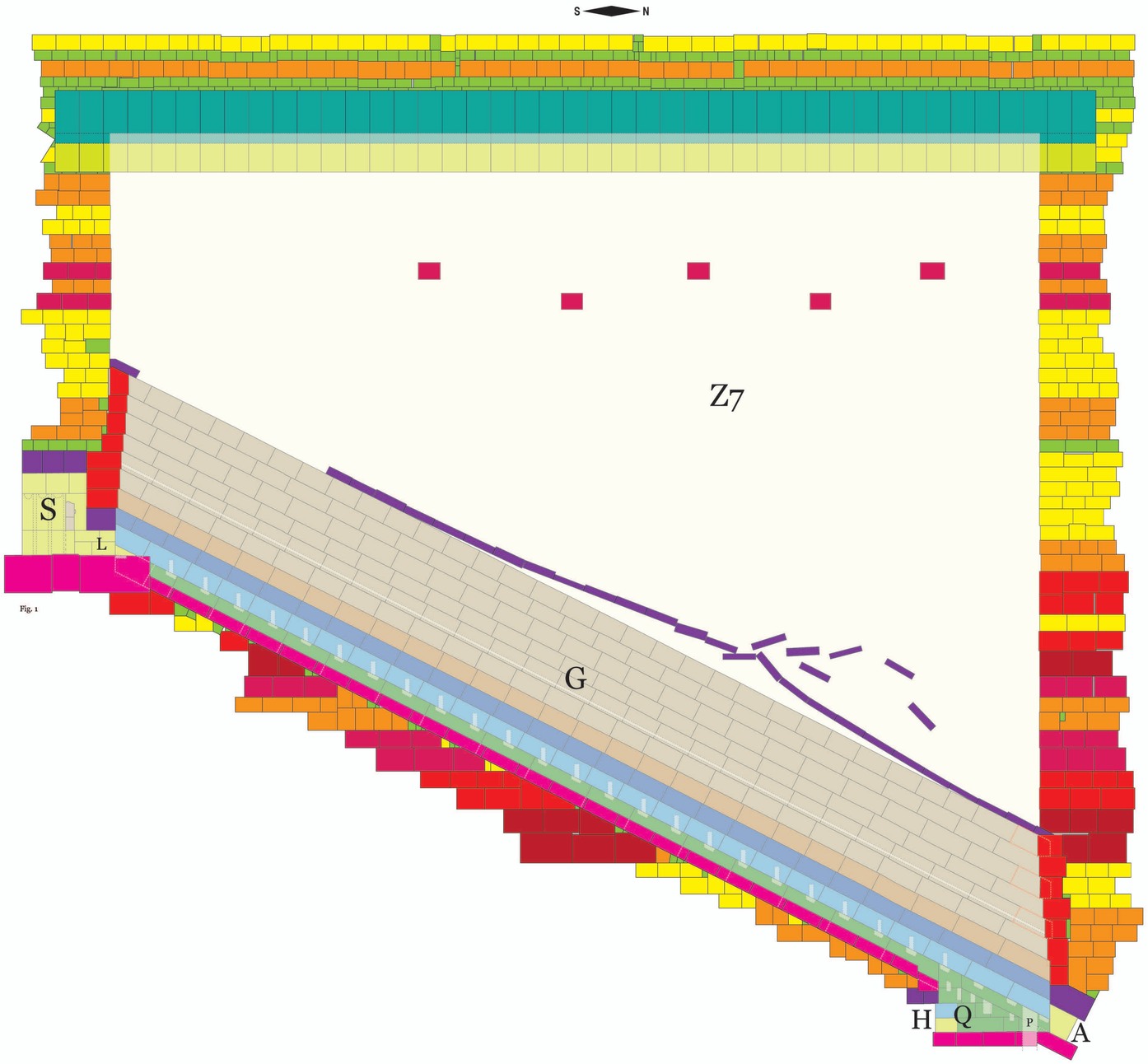


Fig. 1

Tafel 7

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Autor – heute (Große Galerie von Norden nach Süden: A, B, C, D, E, F)

O W

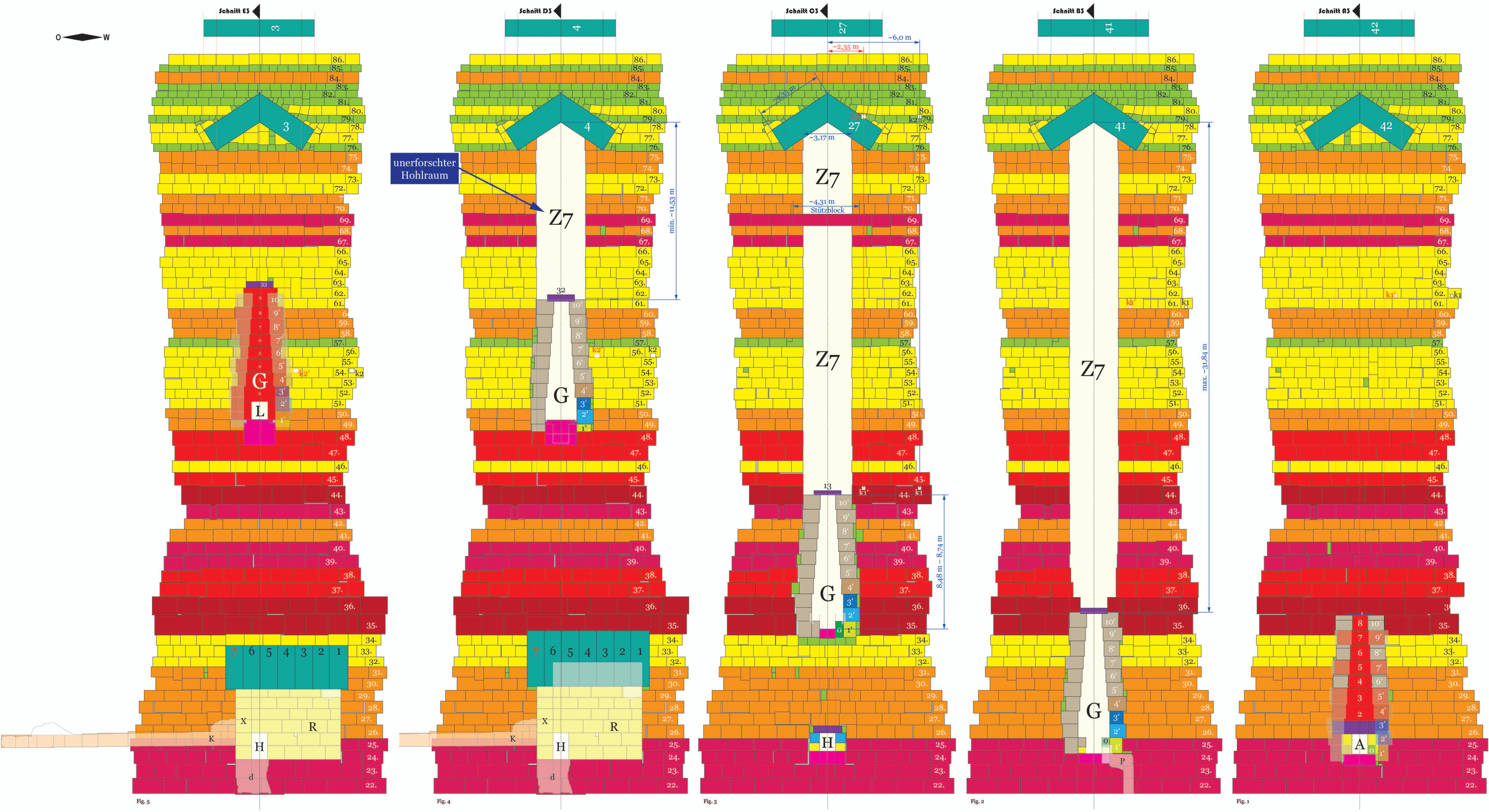


Fig. 5 Fig. 4 Fig. 3 Fig. 2 Fig. 1

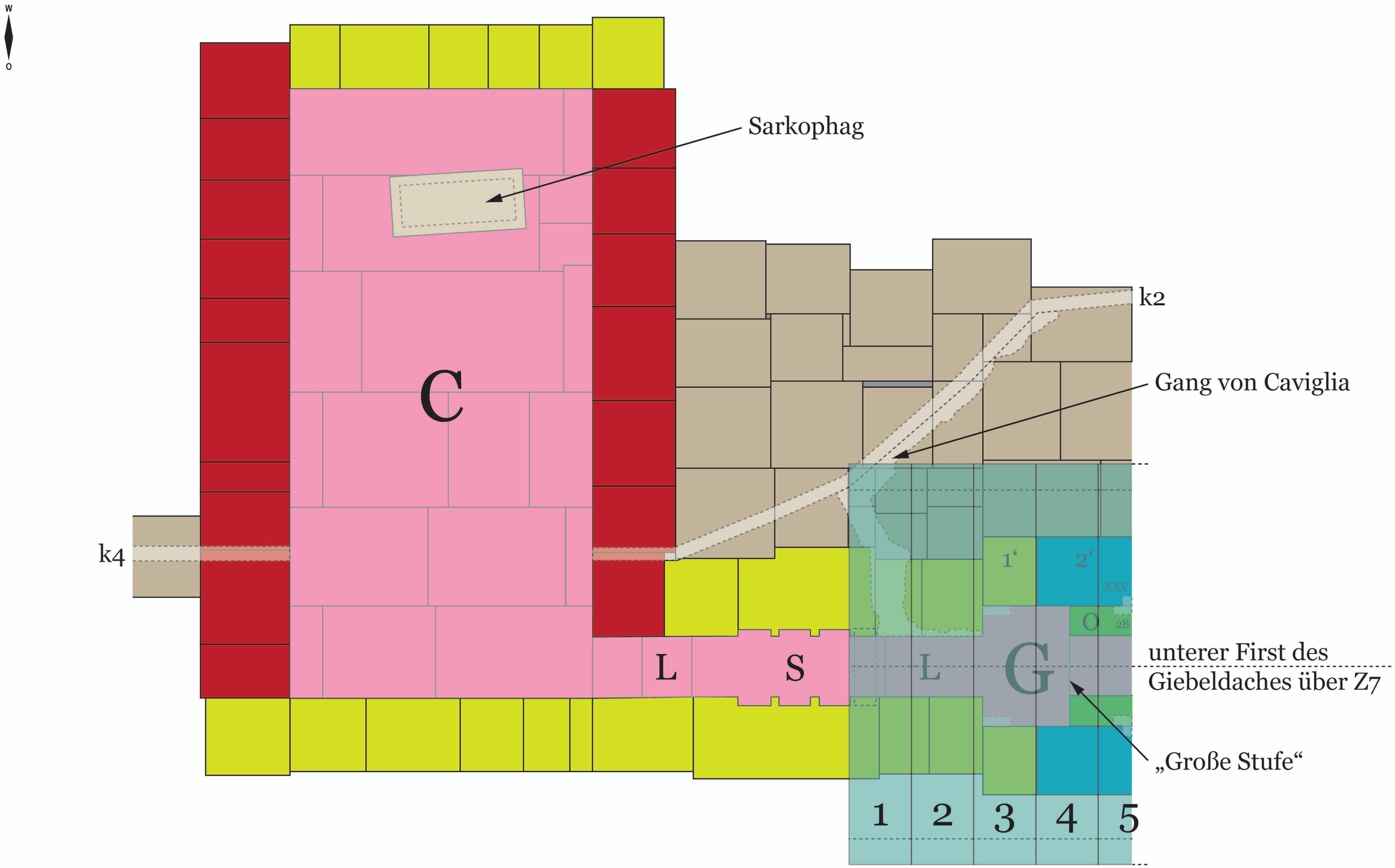
Tafel 8

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Horizontalschnitt durch „C“, „L“, „S“, „G“, „k4“ und „k2“ in der Cheops-Pyramide nach Maragioglio & Rinaldi (Giebeldach und Kernmauerwerk nach Autor)



Tafel 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitt durch die Cheops-Pyramide nach Autor – Bauplanung 2

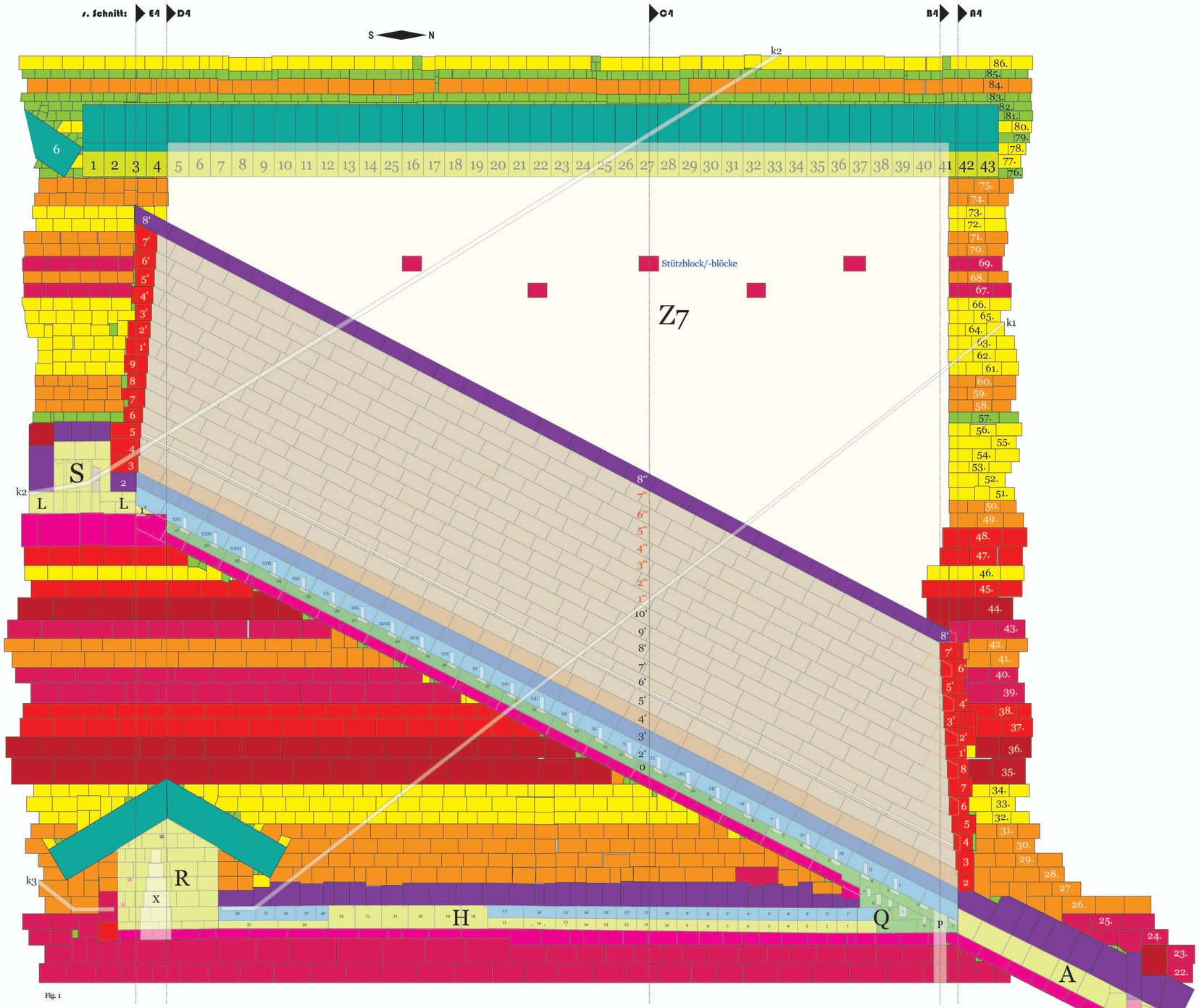


Fig. 1

Tafel 10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de

Unerforschter Hohlraum in der Cheops-Pyramide – Entlastungsgewölbe über der Großen Galerie?

Vertikalschnitte durch die Cheops-Pyramide nach Autor – Bauplanung 2 (Große Galerie von Norden nach Süden: A, B, C, D, E, F)

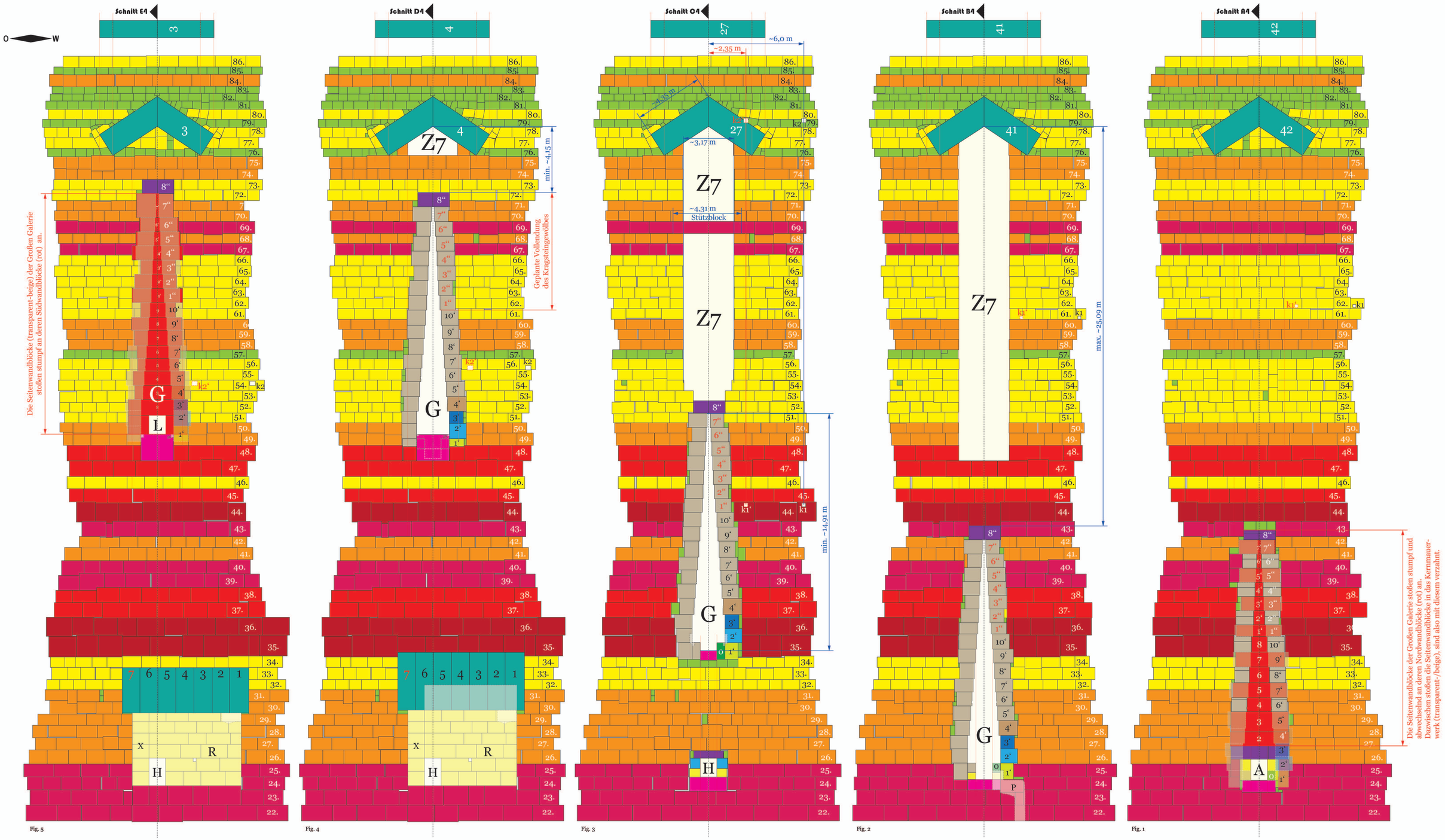


Fig. 5 Fig. 4 Fig. 3 Fig. 2 Fig. 1

Tafel 11

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Vorlage/Versalien/Maßstab nach Maragioglio/Rinaldi
Vektorisierung/Minuskeln/Nummerierung/Ergänzungen nach Autor
© 08.08.2023 Frank Fröse, www.cheopspyramide.de